



ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ศราวุธ วงษ์แก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



ศราวุธ วงษ์แก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

LEARNING ACHIEVEMENT AND THINKING OF SCIENTIFIC CREATIVE PROBLEM SOLVING  
OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS USING THE STEAM EDUCATION METHOD



SARAWUT WONGKAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION  
IN SCIENCE TEACHING  
FACULTY OF EDUCATION  
BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ศราวุธ วงษ์แก้ว ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

..... กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สญาญ์ ธีระวงษ์ชิตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอียด)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62910114: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ศรารุช วงษ์แก้ว : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. (LEARNING ACHIEVEMENT AND THINKING OF SCIENTIFIC CREATIVE PROBLEM SOLVING OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS USING THE STEAM EDUCATION METHOD) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นพมณี เชื้อวัชรินทร์, Ph.D., เชษฐศิริ สวัสดิ์, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2567.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เพื่อศึกษาการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนดาราสุมุท ศรีราชา จำนวน 45 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าความสอดคล้องรายจุดประสงค์ ค่าความเชื่อมั่นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันและการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 และมีจำนวน 6 คนมีผล ประเมินผ่านเกณฑ์ (70%) คิดเป็นร้อยละ 13.33 หลังการจัดการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์สูงขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.71 จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการสูงขึ้น และนักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ก่อนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.10 หลังการจัดการเรียนรู้มีคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ

21.21 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีหลังการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 16.8



62910114: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)

KEYWORDS: STEAM education, Thinking of scientific creative problem solving, Learning Achievement, The STEAM education method

SARAWUT WONGKAEW : LEARNING ACHIEVEMENT AND THINKING OF SCIENTIFIC CREATIVE PROBLEM SOLVING OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS USING THE STEAM EDUCATION METHOD. ADVISORY COMMITTEE: NOPMANEE CHAUVATCHARIN, Ph.D. CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 2024.

This research aimed to examine science learning achievement before and after the application STEAM Education approach, and to investigate the Thinking of scientific creative problem solving before and after the application of STEAM Education approach. The samples of the study were 45 students of Mattayomsuksa 4 in the second semester of the academic year 2021, at Darasamutr School, participants were selected by cluster random sampling through cluster sampling. The research instruments consisted of lesson plans of the STEAM Education approach, an achievement test, a Thinking of scientific creative problem solving test. The data were analyzed using percentages, Index of Item Objective Congruence, Reliability and standard deviations.

The study found that Student learning achievement after the application of the STEAM Education approach was significantly higher than that before using it, which was at .05. The achievement level before the application of the STEAM Education approach was 39 people were below the threshold, Representing 86.67 percent and a total of 6 people who have passed the evaluation criteria. Accounted for 13.33%, After learning management, there was a higher level of academic achievement with an average score of 22.71, 45 people or 100% and Students have the ability to Thinking of scientific creative problem solving. After learning management was significantly higher than before learning management was statistically significant at the .05 level, the level of Thinking of scientific creative problem solving was lower than the criterion. Criteria with an average score of 8.10 after learning management scores for the ability to thinking of scientific creative

problem solving. The average score of 21.21, which can be seen after the learning management, has a higher average score before learning and above the specified criteria is 16.8



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จลงด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวชิรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. สมศิริ สิงห์หลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีพร อนุศาสนนันท์ ดร. ศิรชาติญากร บรรหาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาสกร ภักดิ์ศรีแพง อาจารย์นิติยารัตน์ คชเสนา และอาจารย์นงลักษณ์ อริยธนพงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยรวมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียนดาราสมุทร ตลอดจนครูโรงเรียนดาราสมุทรทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อยอด วงษ์แก้ว คุณแม่สำเนียง วงษ์แก้ว ที่คอยเป็นกำลังใจ คอยสนับสนุนและเป็นแรงผลักดันให้กับผู้วิจัยด้วยความรักเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิชาการจัดการเรียนรู้ สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอบรมสั่งสอนทั้งความรู้และการประพฤติตน ด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูแก่เวทิตา แต่บุพการี บุรพจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จตราบเท่าทุกวันนี้

ศราวุธ วงษ์แก้ว

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย .....	6
สมมติฐานการวิจัย .....	6
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	7
ขอบเขตการวิจัย .....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
.....	11
บทที่ 2 .....	12
แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) .....	20
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	30
การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ .....	39
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	49
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ .....	52
บทที่ 3 .....	54

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	54
รูปแบบการวิจัย .....	54
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	55
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล .....	63
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	74
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	74
บทที่ 4 .....	79
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
บทที่ 5 .....	85
สรุปผลการวิจัย .....	86
อภิปรายผลการวิจัย .....	86
ข้อเสนอแนะ (Recommendation) .....	96
บรรณานุกรม .....	98
ภาคผนวก .....	105
ภาคผนวก ก .....	106
ภาคผนวก ข .....	113
ภาคผนวก ค .....	144
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	169

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สารและมาตรฐานการเรียนรู้.....	14
ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้ที่ 1 สารชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องวิวัฒนาการ.....	18
ตารางที่ 3 การกำหนดเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	36
ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	47
ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design.....	55
6 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และ.....	55
ตารางที่ 13 ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน.....	80
ตารางที่ 14 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกรายด้าน.....	80
ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (17.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน).....	81
ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลัง.....	82
ตารางที่ 17 ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลัง จำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	83
ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ( 16.8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ).....	84

ตารางที่ 19 ข - 1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	114
.....	
ตารางที่ 20 ข - 2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	115
.....	
ตารางที่ 21 ข - 3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	117
.....	
ตารางที่ 22 ข - 4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	119
.....	
ตารางที่ 23 ข - 5 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง...	120
ตารางที่ 24 ข - 6 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ	123
ตารางที่ 25 ข - 7 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับการคิดแก้ปัญหา	
อย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่าง	
สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ .....	125
ตารางที่ 26 ข - 8 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัด	
ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ	
.....	126
ตารางที่ 27 ข - 9 ตารางคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของ	
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำแนกตามรายบุคคล	
.....	127
ตารางที่ 28 ข - 10 คะแนนหลังเรียน (Post-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน	
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำแนกตามรายบุคคลจำแนก	
ตามรายบุคคล .....	129
ตารางที่ 29 ข - 11 คะแนนพัฒนาการระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการจัดการ	
เรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชา	
ชีววิทยา .....	130
ตารางที่ 30 ข - 12 ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้น	
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน.....	132

ตารางที่ 31 ข - 13 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test).....	132
ตารางที่ 32 ข - 14 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วย..	133
ตารางที่ 33 ข - 15 คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน	134
ตารางที่ 34 ข - 16 ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง.....	136
ตารางที่ 35 ข - 17 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) .....	136
ตารางที่ 36 ข - 18 คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกออกตามขั้นตอนการวัด 5 ด้าน .....	137
ตารางที่ 37 ข - 19 ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง จำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	139
ตารางที่ 38 ข - 20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) .....	140

ตารางที่ 39 ข - 21 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ( 16.8 คะแนน).....	142
ตารางที่ 40 ข - 22 คะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) .....	142



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในศตวรรษที่ 21 เป็นโลกไร้พรมแดนโดยสมบูรณ์ ความก้าวหน้าทางวิทยาการและเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การเข้าถึงองค์ความรู้ต่าง ๆ สามารถทำได้อย่างสะดวก ความท้าทายที่เกิดจากสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปคือการปรับตัวอย่างไรให้พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงและสภาพการณ์แข่งขันที่เพิ่มขึ้น คนที่จะอยู่รอดได้คือคนที่พัฒนาและฝึกฝนตนเองให้พร้อมทั้งความรู้ทักษะและสมรรถนะต่าง ๆ ให้มีความหลากหลายรู้รอบและรอบรู้ อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงภายใต้ระบบเศรษฐกิจโลกใหม่ โดยการที่จะทำให้ทุกคนดำรงชีวิตประจำวันอยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความสุขและมีประสิทธิภาพได้นั้น โดยเฉพาะในโลกของศตวรรษที่ 21 ดังนั้นในการจัดการศึกษาในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริงเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ประกอบด้วย ทักษะด้านสารสนเทศ (Information Literacy) ทักษะด้านสื่อ (Media Literacy) ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communications and Technology Literacy) เป็นต้น (วิจารณ์ พานิช, 2556)

ปัจจุบันสังคมโลกและในอนาคต วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างมากเพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12

(พ.ศ. 2560-2564) ที่มุ่งเน้นการนำความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรมเพื่อนำมาทำสิ่งใหม่ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจทั้งในเรื่องกระบวนการผลิต รูปแบบผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ ๆ โดยมียุทธศาสตร์สำคัญที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ยุทธศาสตร์ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 1 การเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์ เป็นการเสริมสร้างและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงาน และการใช้ชีวิตที่พร้อมเข้าสู่ตลาดงาน และยุทธศาสตร์ที่ 8 การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมเป็นการพัฒนาให้เป็นผู้ประกอบการทางเทคโนโลยี ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมด้านการออกแบบและการจัดการธุรกิจ อันจะนำประเทศไปสู่ประเทศไทย 4.0 โดยเน้นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม คือ การปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีมาช่วยพัฒนาและนำพาประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่มีรายได้สูงประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการดำรงชีวิตในโลกศตวรรษที่ 21 และบทบาทสำคัญของวิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่าการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ฝึกฝนตนเองให้พร้อมทั้งทางด้านความรู้ ทักษะและสมรรถนะต่าง ๆ ให้มีความหลากหลายรู้รอบอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงภายใต้ระบบเศรษฐกิจโลกใหม่ ซึ่งทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ถือเป็นทักษะที่สำคัญทักษะหนึ่งที่ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์นี้ เนื่องจากเป็นทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ที่ต้องปรับตัวและแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาจึงเป็นคุณลักษณะหนึ่งของบุคคลที่ใช้ชีวิตอยู่ในสังคมในปัจจุบัน เพราะสังคมปัจจุบันเป็นสังคมที่ซับซ้อนและก้าวกระโดดของเทคโนโลยีการทำงาน รวมไปถึงการดำเนินชีวิตย่อมประสบปัญหา ทั้งปัญหาเกี่ยวกับความรู้สึก และปัญหาที่เป็นรูปธรรม ปัญหาเป็นเสมือนกำแพงกั้นที่ไม่ให้บุคคลได้ไปถึงเป้าหมาย ซึ่งบุคคลที่มีความสามารถในการแก้ปัญหานั้นย่อมมีโอกาสที่จะไปสู่เป้าหมายได้ดีกว่าผู้ที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้แบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นแนวทางการแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง ซึ่งได้ผ่านการศึกษาและวิจัยมาเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่อิงกับสาระการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยฝึกให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจกับปัญหา ฝึกการมองปัญหาโดยใช้ทั้งความรู้สึก และมุ่งแก้ปัญหา ทำให้การดำเนินการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ จึงสามารถใช้เป็นแนวทางให้ครูได้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการเรียนรู้ต่อไป

การศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันพบว่าผู้สอนส่วนมากยังคงสอนแบบบรรยาย เน้นให้ผู้เรียนท่องจำเนื้อหาในบทเรียน ทั้งผู้เรียน ผู้สอนผู้ปกครอง ไม่ให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเพราะเห็นความสำคัญของการสอบเข้ามหาวิทยาลัยมากกว่า (พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556) และถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีการส่งเสริมการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มาเป็นระยะเวลานาน รวมถึงยังมีการพัฒนาหลักสูตรให้เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของสังคม มาโดยตลอด แต่จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานวัดการศึกษาระดับชาติ ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประจำปีการศึกษา 2561 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั่วทั้งประเทศ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 39.30 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2561:123) และเมื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนยังคงเรียนแบบท่องจำ ไม่ได้มีการลงมือปฏิบัติจริง ไม่มีการคิดวิเคราะห์ และไม่สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งเนื้อหาในบทเรียนบางบทเป็นเรื่องที่ไกลตัวของนักเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนไม่เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ (สาริญา และสุข, 2560:1) นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่ง อาจเกิดจากเนื้อหาในบทเรียนที่มีมากเกินไป อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการสอนไม่เพียงพอต่อเนื้อหาที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้สอนจึงต้องเร่งสอนให้ทันเวลาดังนั้นผู้เรียนจึงไม่ได้ลงมือปฏิบัติ ไม่ได้ฝึกกระบวนการคิด เนื่องจากได้รับข้อมูลเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายจนทำให้ผู้เรียนบางคนเกิดความเครียด บรรยากาศในห้องเรียนจึงมีแต่ความตึงเครียด (จิรัชญา นวนกระโทก นพมณี เชื้อวัชรินทร์และเชษฐ ศิริสวัสดิ์, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับ สำราญ พวงมาลัย (2548) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาว่า เป็นการเรียนแบบเน้นการบรรยายเป็นหลัก จึงทำให้เนื้อหาวิชาชีววิทยาขาดความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนมีความเห็นววิชาชีววิทยาต้องเป็นการเรียนแบบท่องจำ เมื่อจำไม่ได้ก็ความรู้สึกท้อ เกิดความไม่อยากเรียนรู้ขึ้นมา ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาชีววิทยา อีกทั้งยังส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำไปด้วย (นราวดี จ้อยรุ่ง นพมณี เชื้อวัชรินทร์และเชษฐ ศิริสวัสดิ์, 2561) และยังพบปัญหาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากเด็กไม่อยากเรียนและไม่มี ความสนใจในการเรียนรู้ แม้ว่าเนื้อหาของรายวิชาจะเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเป็นวิชาพื้นฐานที่ทุกคนควรรู้ แต่การเรียนการสอนวิชาชีววิทยาส่วนใหญ่ ผู้สอนมุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีบรรยาย ท่องจำเนื้อหามากกว่าให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ คิดวิเคราะห์ แสวงหาความรู้ และสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนจำนวนมากคิดไม่เป็นและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้วิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่ยากต่อการเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหา

จึงทำให้รู้สึกเบื่อหน่ายต่อการเรียน เป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดและจากการศึกษาปัญหาตามสภาพจริง หลังจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู้ พบว่านักเรียนค่อนข้างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ค่อนข้างต่ำหลังจากที่ได้มีการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งที่ 1 อีกทั้งยังพบปัญหาเกี่ยวกับการคิดแก้ปัญหา โดยทราบได้จากการสังเกตพฤติกรรมและการตรวจสอบการออกแบบโครงงานทางด้านวิทยาศาสตร์

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการปรับตัวเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 และปัญหาทางด้านการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา ส่งเสริมทักษะชีวิตจริงในศตวรรษที่ 21 และการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมไปถึงการพัฒนาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยจากการศึกษาพบว่าสะเต็มศึกษา (STEAM education) เป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ โดยมีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM education) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาคาดการณ์ด้านกำลังคนทางด้านสะเต็ม ในการคิดค้นนวัตกรรมต่างๆ รวมถึงนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาผลคะแนน PISA ซึ่งมีคะแนนต่ำและต่อมา Yakman (2016) ได้มีการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจในประเทศญี่ปุ่น โดย Yakman (2016) ได้กล่าวว่า การที่จะพัฒนากำลังคนนั้นให้สามารถแข่งขันกับเศรษฐกิจโลกนั้นสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ แต่การที่มีการนำศิลปะเข้ามา เพราะศิลปะจะช่วยให้มนุษย์สามารถมีความคิดที่หลากหลายแนวทางมากขึ้น สามารถคิดได้อย่างยืดหยุ่นและไม่ตายตัวมากเกินไป อีกทั้งศิลปะศาสตร์ล้วนมีบทบาทต่อมนุษย์โลกอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน เช่น ศิลปะในการสื่อสาร เป็นต้น โดยแนวคิดสะเต็มศึกษาประกอบด้วยบูรณาการ 5 สาระวิชา ได้แก่วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Art) คณิตศาสตร์ (Mathematics) และมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาให้นักเรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้และสะเต็มศึกษานั้นเป็นแนวคิดที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด หาคำตอบหรือการแก้ปัญหาที่หลากหลายและสะเต็มศึกษายังสามารถช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากเป็นแนวทางที่เน้นการลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาทางวิชาการและนำมาประยุกต์ใช้ได้ในชีวิต (Madden et al., 2013) สอดคล้องกับ Riley (2014) ที่กล่าวว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่นำทางนักเรียนไปสู่การสืบเสาะ การอภิปราย การคิดวิเคราะห์และมีการวางแผนการทำงานร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มีความคงทนในการเรียนรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีการคิดวิเคราะห์ได้ อีกทั้งยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างให้นักเรียนเป็นกำลังพลด้านวิทยาศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถสร้างนวัตกรรมสำหรับพัฒนาประเทศ และมีความพร้อมในการแก้ปัญหาได้ในอนาคต และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีความรู้

สร้างสรรค์ (Constructionism) เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์มีใจความว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากนักเรียนได้มีการลงมือกระทำด้วยตนเองร่วมกับการได้รับประสบการณ์ และสิ่งแวดล้อมจากภายนอกด้วยกล่าวคือผู้เรียนจะเก็บเกี่ยวประสบการณ์และบันทึกความรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเอง โดยนักเรียนสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวออกมาใช้ภายใต้โอกาสในภายหลัง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) และจากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาถือเป็นการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสามารถส่งเสริมการคิดแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ได้ ดังเช่นงานวิจัยของ

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559) ได้ทำการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีจำนวน 26 คน พบว่าชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานเรื่องพลังงานรอบตัวเรา เป็นการเรียนแบบบูรณาการวิชาทั้ง 5 วิชา เข้าด้วยกันและจากการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอยู่ในระดับดี

สมรค์ อินทวิมลศรี (2560) ได้ทำการศึกษาการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยา ที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไปและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

Park & Shin (2012) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในประเทศเกาหลีใต้ พบว่านักเรียนที่ได้เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา จะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียนและมีความสนใจในวิทยาศาสตร์ทางด้านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. เพื่อศึกษาการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

### สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าจากงานวิจัยที่กล่าวไว้ข้างต้นของ Yakman (2016) สมรัก อินทวิมลศรี (2560) ที่ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและ Park and Shin (2012) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบ สะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งจากผลการศึกษาของทั้ง 2 งานวิจัยนั้นพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยได้กำหนดสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและมีการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวิชาอื่น ๆ
3. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อนำไปแก้ไขสถานการณ์จริงได้ โดยผ่านกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

### ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
  - 1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสุมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563
  - 1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสุมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)
2. ตัวแปรที่ศึกษา
  - 2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
  - 2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
 

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการวิจัยทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบไปด้วยการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ การจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 12 คาบ และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาทักษะและกระบวนการที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกในศตวรรษที่ 21 ที่เป็นโลกไร้พรมแดนโดยสมบูรณ์ ความก้าวหน้าทางวิทยาการและเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การเข้าถึงองค์ความรู้ต่าง ๆ และผู้ที่จะดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างสมบูรณ์นั้นต้องมีทักษะที่สำคัญเช่นทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ รวมไปถึงการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้แก่ผู้เรียน ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากการเรียนรู้แบบบูรณาการและเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ถูกพัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลคะแนนการสอบ PISA ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ต่ำกว่าหลาย ๆ ประเทศ โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์และทักษะด้านต่าง ๆ ต่อมาได้มีการเพิ่มรายวิชาศิลปะ (A) เข้ามาเพื่อช่วยส่งเสริมทางด้านความคิดสร้างสรรค์ คติยึดหยุ่นและการคิดที่หลากหลาย ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยมีการนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

### ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์

เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์มีใจความว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากนักเรียนได้มีการลงมือกระทำด้วยตนเอง ร่วมกับการได้รับประสบการณ์



### การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Riley (2016) มี 6 ขั้นตอนดังนี้

- 1.ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)
- 2.ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)
- 3.ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)
- 4.ขั้นประยุกต์ (Application)
- 5.ขั้นนำเสนอ (Presentation)
- 6.ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)



### 1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

Klopfer (1971)

- 1.ด้านความรู้ความจำ
2. ด้านความเข้าใจ
3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ด้านการนำกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้

### 2. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ทางวิทยาศาสตร์

Alex Osborn (1988)

1. ขั้นค้นพบความจริง
2. ขั้นค้นพบปัญหา
3. ขั้นการค้นพบความคิด
4. ขั้นการค้นพบคำตอบ

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM education) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มุ่งสร้างนักเรียนให้เติบโตเป็นพลเมืองที่มีความรู้ มีทักษะความสามารถหลากหลายด้านและเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพที่หลากหลายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิทยาการ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาสาระในแต่ละวิชา อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา กับสถานการณ์ที่เจอได้และยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรม

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่สามารถวัดได้จากความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนการสอนของครู ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วรวมไปถึงรูปแบบของงานวิจัยที่จัดทำขึ้นโดยในงานวิจัยนี้เน้นประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัยเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของ Klopfer (1971) ที่มีด้านการประเมินที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักของ Klopfer (1971) ในการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจโดยสามารถจดจำคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวคิด กระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง การรับรู้ของผู้เรียนจากการได้รับการจัดการเรียนรู้และสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง

3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการหรือขั้นตอนในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีกระบวนการที่เป็นแบบแผนมีขั้นตอนที่สามารถปฏิบัติตามได้

โดยขั้นตอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเครื่องมือสำคัญประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

3.1 ขั้นสังเกตเพื่อระบุปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาและกำหนดขอบเขตของปัญหา

3.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดคำตอบที่คาดหวังว่าควรจะเป็นหรือการคาดเดาคำตอบที่จะได้รับ

3.3 ขั้นการรวบรวมข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าถูกหรือผิดโดยมีหลักฐานยืนยันอาจทำได้โดยการสังเกตหรือการทดลอง

3.4 ชั้นสรุปผล หมายถึง การสรุปว่าจะปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐานตามหลักเหตุ และผลเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

4. ด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง การนำกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกันหรือแม้แต่ การนำไปใช้แก้ปัญหาในสาขาอื่น ๆ และการนำไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของ วิทยาศาสตร์

3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบ และแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนา สภาพที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้นโดยการทำงานร่วมกันระหว่างการคิด สร้างสรรค์ และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดลึกและหลากหลายที่สุด ปราศจากการตัดสินความคิดต่าง ๆ ว่าดีหรือไม่จนถึงระยะหนึ่งจึงพิจารณาความคิดเหล่านั้นด้วย การคิดวิจารณ์ญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและนำไปแก้ปัญหาโดยเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถแก้ปัญหาได้และควบคุมตนเอง ได้เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาด้วยความรอบคอบและสมบูรณ์ โดยได้แนวทางมาจากกระบวนการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ของ Osborn (1988) ดั้งชั้นตอนต่อไปนี้ 5 ชั้นตอน

1. ชั้นค้นพบความจริง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ที่ กำหนดให้
2. ชั้นค้นพบปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์จริงที่เจอโดยต้องสามารถ เข้าใจสถานการณ์และระบุสาเหตุของปัญหาได้
3. ชั้นการค้นพบความคิด หมายถึง การระดมพลังสมองเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไป ได้มากที่สุด
4. ชั้นการค้นพบคำตอบ หมายถึงการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และ นำมาแก้ปัญหาดำเนินการที่เลือก
5. ชั้นการค้นพบการยอมรับ หมายถึง การยอมรับคำตอบจากการแก้ไขปัญหาและสามารถ นำความรู้ที่ได้จากการแก้ไขปัญหามาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถของผู้เรียนในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ที่เป็นผลมาจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย โดย ใช้แนวทางของ Osborn (1988) ซึ่งประกอบด้วย 5 ชั้น คือ

1. ขั้นการค้นพบความจริง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
  2. ขั้นการค้นพบปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์จริงที่เจอโดยต้องสามารถเข้าใจสถานการณ์และระบุสาเหตุของปัญหาได้
  3. ขั้นการค้นพบความคิด หมายถึง การระดมพลังสมองเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด
  4. ขั้นการค้นพบคำตอบ หมายถึง การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดและนำมาแก้ปัญหาตามที่เลือก
  5. ขั้นการค้นพบการยอมรับ หมายถึง การยอมรับคำตอบจากการแก้ไขปัญหาและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการแก้ไขปัญหามาใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ
5. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึงคะแนนที่ยอมรับได้เกี่ยวผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งวิเคราะห์จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ หลังเรียน โดยการคิดเป็นคะแนนร้อยละเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งยึดเกณฑ์สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) รวมทั้งตามเกณฑ์ที่โรงเรียนดาราสมุทรได้กำหนดอยู่ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education) โรงเรียนดาราสุมุท ศรีราชา โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอผ่านหัวข้อดังนี้

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

- 1.1 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ชีววิทยา)
- 1.2 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
- 1.3 คุณภาพผู้เรียนเมื่อเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education)

- 2.1 ความเป็นมาของแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
- 2.3 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา
- 2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
- 2.5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 2.6 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 2.7 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

- 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- 3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

- 4.1 ความหมายของการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 4.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 4.3 แนวทางในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551  
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้มีการจัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดผลและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นได้ปรับปรุงสาระการเรียนรู้ เพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ทั้งหมดภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์ด้วย นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความทันสมัยทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาการต่าง ๆ และทัดเทียมกับนานาชาติ เนื่องจากภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหาและการจัดการเรียนการสอน รวมไปถึงการวัดผลและประเมินผล ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องกันตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้มีการกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางพื้นฐานที่จำเป็นต่อผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต หรือเพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยในการกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นได้มีการจัดลำดับความยากง่ายของเนื้อหาในแต่ละสาระของระดับชั้นนั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจกับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดวิเคราะห์และที่สำคัญคือผู้เรียนต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้และสามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้ด้วยองค์ความรู้ของผู้เรียนได้ สำหรับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศและสาระที่ 4 เทคโนโลยี และได้มีการจัดสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา

สาระเคมี สาระฟิสิกส์และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการกำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

### ตารางที่ 1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	
มาตรฐาน ว 1.1	เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 1.2	เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
มาตรฐาน ว 1.3	เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ	
มาตรฐาน ว 2.1	เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี
มาตรฐาน ว 2.2	เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3	เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
<b>สาระที่ 3 โลกและอวกาศ</b>	
มาตรฐาน ว 3.1	เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ
มาตรฐาน ว 3.2	เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
<b>สาระที่ 4 เทคโนโลยี</b>	
มาตรฐาน ว 4.1	เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
มาตรฐาน ว 4.2	เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

### วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์สัตวแพทย์

เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุม ด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริงสรุป ได้ดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐานและผลการเรียนรู้รายวิชา เพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง เช่น

2.1 เรื่องสารชีวโมเลกุล เดิมเรียนทั้งในสาระชีววิทยา และเคมีได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระชีววิทยา

2.2 เรื่องปิโตรเลียม เดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและโลก ดาราศาสตร์และอวกาศได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

2.3 เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล ไอโซโทปกัมมันตรังสีได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมีและเรื่องพลังงานนิวเคลียร์จัดให้เรียนในสาระฟิสิกส์ เนื่องจากเดิมเนื้อหาเหล่านี้ทับซ้อนกันทั้งในสาระเคมีและฟิสิกส์

2.4 เรื่องการทดลองของทอมสัน และการทดลองของมิลลิแกน เดิมเรียนทั้งในสาระเคมีและฟิสิกส์ได้พิจารณาแล้วจัดให้เรียนในสาระเคมี

3. ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เช่น

3.1 เรื่องระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา ได้ปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหา และกิจกรรมมีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของระดับผู้เรียน

3.2 เรื่องเทคโนโลยีอวกาศ การเกิดลม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก พายุและมรสุม ได้มีการปรับให้สาระการเรียนรู้เนื้อหาและกิจกรรม เรียนต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไปสู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อไม่ให้ทับซ้อนกัน

4. ลดทอนเนื้อหาที่ยากเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. มีการเพิ่มเนื้อหาต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคตมากขึ้น เช่น เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา เรื่องทักษะและความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมีนวัตกรรมและการแก้ปัญหาที่เน้นการบูรณาการในสาระเคมี เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสมกับสังคมและเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบัน รวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคเพื่อความสอดคล้องกับความก้าวหน้าของวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน

## วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพโครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์แรงและการเคลื่อนที่และพลังงาน โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาชีววิทยา ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงรายละเอียดในรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา และสาระการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

### สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนองการเคลื่อนที่

การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

## ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมสาระชีววิทยา

### สาระชีววิทยา

1. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กการเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้ที่ 1 สาระชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องวิวัฒนาการ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
12. สืบค้น ข้อมูล และ อธิบาย เกี่ยวกับ บ หลักฐานสนับสนุนและ ข้อมูลที่	<ul style="list-style-type: none"> <li>หลักฐานที่ทำให้เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่น ซากดึกดำบรรพ์กายวิภาคเปรียบเทียบวิทยาเอ็มบริโอ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์การศึกษาทางชีวภูมิศาสตร์และด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล</li> <li>มนุษย์มีการสืบสายวิวัฒนาการมาเป็นเวลานานโดยมีหลักฐานที่สนับสนุนจากซากดึกดำบรรพ์ของบรรพบุรุษมนุษย์ที่ค้นพบ และจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่น ๆ</li> </ul>

<p>ใช้ อธิบาย การเกิด วิวัฒนาการ ของ สิ่งมีชีวิต</p>	
<p>13. อธิบาย และ เปรียบเทียบ แนวคิด เกี่ยวกับ วิวัฒนาการ การ ของ สิ่งมีชีวิต ตของ อง ลา มาร์ก และ ทฤษฎี เกี่ยวกับ วิวัฒนาการ การ ของ สิ่งมีชีวิต</p>	<p>• ฌอง ลามาร์ก ได้เสนอแนวคิดเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้เข้ากับสภาพแวดล้อมโดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช้และกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่</p> <p>• ชาลส์ดาร์วิน เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติโดยสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะให้กำเนิดลูกที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวนมาก แต่มีเพียงจำนวนหนึ่งที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมสามารถมีชีวิตรอด และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมไปยังรุ่นต่อไปได้</p>

ตของ  
ชาลส์  
ดาร์วิน

14. • เมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์กโดยประชากรมีขนาดใหญ่ ไม่มีการ  
ระบุดู ถ่ายเทยีนระหว่างประชากร ไม่เกิดมิวเทชัน สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน และ  
สารระสั ไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติจะทำให้ความถี่ของแอลลีลของลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลง  
าคัญ ไม่ว่าจะผ่านไปกี่รุ่นก็ตาม เป็นผลให้ลักษณะนั้นไม่เกิดวิวัฒนาการ  
และ • การเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือแอลลีลในประชากร เกิดจากปัจจัยหลายประการ  
อธิบาย นำไปสู่การเกิดวิวัฒนาการ  
เงื่อนไข  
ของ  
ภาวะ  
สมดุล  
ของ  
ฮาร์ดี-  
ไวน์  
เบิร์ก  
ปัจจัยที่  
ทำให้  
เกิด  
การ  
เปลี่ยน  
แปลง  
ความถี่  
ของ  
แอลลีล  
ใน  
ประชา  
กร  
พร้อม  
ทั้ง

จำนวน  
หา  
ความถี่  
ของ  
แอลลีล  
และจี  
โนไทป์  
ของ  
ประชากร  
กรโดย  
ใช้หลัก  
ของ  
ฮาร์ดี-  
ไวน์  
เบิร์ก

15. สปีชีส์ใหม่จะเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่างประชากรหนึ่งกับอีก  
 สืบค้น ประชากรหนึ่งในรุ่น  
 ข้อมูล บรรพบุรุษ  
 อภิปราย และ  
 อธิบาย  
 กระบวน  
 นการ  
 เกิดสปี  
 ชีส์ใหม่

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาสำหรับ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า สาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการในรายวิชาชีววิทยานั้น  
 มีเนื้อหาที่ค่อนข้างจะซับซ้อนและเป็นเนื้อหาในบทสุดท้ายของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงทำให้  
 ได้รับผลกระทบเกี่ยวกับเรื่องเวลาในการสอนไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจ

เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการได้ค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ มาใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อช่วยแก้ปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น

### เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

### แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education)

แนวคิดสะเต็มศึกษาเกิดจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา มีความต้องการที่จะพัฒนาผู้เรียนทางด้านสะเต็มศึกษา (STEM education) ซึ่งประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ทุกคนสามารถทำการปฏิบัติงานได้ทุกระดับ แต่พบว่าในการพัฒนาผู้เรียนทางด้านสะเต็มศึกษานั้นจะต้องมีประยุกต์ใช้สาระการเรียนรู้อื่นเข้ามาช่วยส่งเสริมความรู้สะเต็มมากขึ้น โดยสาเหตุที่มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกานำรูปแบบการเรียนรู้แบบสะเต็มเข้าใช้เนื่องจากในประเทศสหรัฐอเมริกาได้พบการขาดกำลังคนทางด้านสะเต็มและบัณฑิตใหม่ยังขาดความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม ส่งผลให้ไม่ประสบความสำเร็จในการแข่งขัน

ทางเศรษฐกิจระดับโลก จึงได้มีการนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้การจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นการบูรณาการข้ามรายวิชา แต่ในการพัฒนานวัตกรรมให้มีความก้าวหน้าไม่ได้มาจากเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียวแต่จำเป็นต้องมีความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ศิลปะและการออกแบบมาร่วมด้วยจึงจะทำให้การพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวให้เศรษฐกิจเจริญเติบโตได้ (Land, 2013) ต่อมาในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีนักวิชาการชื่อ Georgette Yakman (2008) ทำการศึกษาและพัฒนารูปแบบในการศึกษาหรือแนวคิด ซึ่งเรียกว่าสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ขึ้นมาโดยมีพื้นฐานที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM education) โดยชื่อของสะเต็มศึกษามาจากองค์ประกอบของอักษรภาษาอังกฤษ 5 ตัว โดยแต่ละตัวอักษรแสดงถึงเนื้อหาวิชาที่จะถูกนำมาบูรณาการแบบสหวิทยาการเข้าด้วยกัน 5 เนื้อหาสาระได้แก่วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี(T) วิศวกรรม (E) ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M)

วิทยาศาสตร์ S (Science) หมายถึงการจัดกิจกรรมให้เด็กเรียนรู้ในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต (Observing) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) และทักษะการพยากรณ์ (Predicting) ขณะปฏิบัติกิจกรรม

เทคโนโลยี T (Technology) หมายถึงการจัดกิจกรรมให้เด็กได้เลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ โดยการเลือกวัสดุที่เหมาะสม โดยการค้นหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเลือก รวมถึงการหารูปแบบสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ในการสร้างสรรค์ผลงาน

วิศวกรรมศาสตร์ E (Engineering) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้วางแผน ออกแบบผลงานตามความคิดของตนเอง และประดิษฐ์ผลงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตลอดจนตรวจสอบและปรับปรุงผลงาน

ศิลปะ A (Arts) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้ด้านองค์ประกอบศิลป์ ได้แก่ สีพื้นผิว รูปร่างรูปทรง ในการทำกิจกรรม การปั้น การฉีก ตัดปะ การประดิษฐ์

คณิตศาสตร์ M (Mathematics) หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้เกี่ยวกับ จำนวน การวัดและเรขาคณิต ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันได้ผ่านการประยุกต์กับบริบทหรือสถานการณ์จริง โดยสาเหตุที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษา เนื่องจากต้องการสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่สามารถเชื่อมโยงการศึกษาวิทยาศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะได้ และนอกจากการศึกษาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันแล้วการเรียนรู้ศิลปะทางสังคม ความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์กับ สังคมหรือกิจกรรมของมนุษย์ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรศึกษาและทำความเข้าใจ นอกจากนี้ศิลปะยังที่เป็นองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่รวมถึงจิตรศิลป์ (Fine arts) ศิลปะกายภาพ (Physical arts) ศิลปะอุตสาหกรรม (Manual

arts) ศิลปะศาสตร์ (Liberal arts) และภาษาศาสตร์ (Language arts) ซึ่งจะเห็นว่าศิลปะนั้นสามารถประกอบเข้ากับทุก ๆ รายวิชาของสะสมศึกษาได้และทำให้เกิดแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไป และศิลปะยังเข้าไปช่วยสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศในการเรียนที่ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถพัฒนาภาษาและสังคมศึกษาให้นักเรียนไปพร้อม ๆ กันได้อีกด้วย (Land, 2013)

จากการศึกษาเอกสารและบทความต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับแนวคิดและจุดมุ่งหมายของสะสมศึกษา (STEAM education) ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้ แนวคิดสะสมศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งสร้างนักเรียนให้เติบโตเป็นพลเมืองที่มีความรู้ มีทักษะความสามารถหลากหลายด้านและเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพที่หลากหลายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิทยาการ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาสาระในแต่ละวิชา อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เจอได้และยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรมอีกด้วย

#### ความหมายของสะสมศึกษา

STEAM หรือ สะสมศึกษา (STEAM education) ได้รับการกล่าวถึงในหลายลักษณะด้วยกัน กล่าวคือ สะสมศึกษาเป็นรูปแบบการศึกษาและเป็นกรอบแนวคิด (Framework) จากการศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีให้ความหมายของสะสมศึกษาไว้ ดังนี้

ยศวีร์ สายฟ้า (2555) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM ประกอบไปด้วยศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ล้วนต่างมีความเป็นวิชาการสูง เน้นตรรกะการคำนวณทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เน้นการใช้สมองซีกซ้ายมากและในความเป็นจริงคนเก่งๆ ที่ถนัดการใช้สมองซีกซ้ายย่อมจะต้องใช้สมองซีกขวาในการคิดสร้างสรรค์หรือการประดิษฐ์ผลงานออกมาโดยการนำศิลปะศาสตร์เข้าไปผสมผสาน เป็นการลดความเป็นวิชาการ ให้สมองซีกขวาได้ทำงานบ้าง เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างสมองซีกซ้ายและซีกขวาและเกิดการสร้างสรรค์ผลงานที่มีความยืดหยุ่นและหลากหลายมากขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมาย สะสมศึกษาไว้ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์ รวมถึงการบูรณาการศิลปะเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็น เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือและประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

Yakman (2008) ผู้ที่พัฒนาแนวคิดสะเต็มศึกษา กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ถูกพัฒนาต่อยอดมาจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา (STEM education) โดยในแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นประกอบไปด้วย 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่สะเต็มศึกษามีการนำศิลปะเข้ามาร่วมด้วย เพื่อใช้ในการวางแผนหลักสูตรแบบบูรณาการ นอกจากนี้ยังระบุลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่าประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1.สถานการณ์ (Situation) 2. การออกแบบเชิงสร้างสรรค์ เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา (Creative design) 3. ความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (Emotional touch)

Riley (2014) กล่าวว่าสะเต็มศึกษาคือแนวทางการศึกษาสำหรับผู้เรียนโดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางผู้เรียนไปสู่การสืบเสาะอภิปรายและคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังกล่าวว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดไม่ใช่หลักสูตรทางการศึกษา โดยมีลักษณะสำคัญคือมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทั้งในและนอกห้องเรียนหรือที่เรียกว่ามีการเรียนรู้ตลอดเวลา มีการวางแผนแบบร่วมมือและมีการเชื่อมโยงสภาพการณ์จริงเข้ากับรายวิชาต่าง ๆ ในแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษา จึงสรุปได้ว่าสะเต็มศึกษา (STEAM education) หมายถึงแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหา 5 วิชาเข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์เป็นฐานในการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำผู้เรียนไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบผลงานหรือสร้างชิ้นงาน การแก้ปัญหาที่สถานการณ์จริง การสร้างสรรค์นวัตกรรมที่แสดงออกถึงการนำองค์ความรู้มาใช้เชื่อมรวมกับความคิดสร้างสรรค์

### องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

Yakman (2008) กล่าวถึงองค์ประกอบทั้ง 5 วิชาของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแสดงออกมาในรูปของผลงานเชิงวิศวกรรมและศิลปะโดยทั้งหมดอยู่บนพื้นฐานของวิชาคณิตศาสตร์ (Science and Technology, Interpreted through Engineering and the Art all based in a language of Mathematics.) และได้ให้ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา รวมถึงรายละเอียดขององค์ประกอบของศิลปะที่เพิ่มเข้ามาในแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การค้นพบและเรียนรู้ความจริงของธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ ธรณีวิทยาและดาราศาสตร์ เป็นต้น

เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือสิ่งที่ได้จากกระบวนการทางวิศวกรรม เช่น แอปพลิเคชันและการขนส่ง

วิศวกรรม (Engineering) คือ การสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการคิดโดยใช้ วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน เพื่อสร้างผลงานที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น ระบบไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์การจัดการอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์

ศิลปะ (Arts) คือ การเรียนรู้ในการพัฒนาการสื่อสาร ทักษะคิดและประเพณีของสังคม โดยแบ่งเนื้อหาของศิลปะได้ดังนี้

1. วิจิตรศิลป์ (Fine arts) คือ การศึกษาความสวยงามและความคิดสร้างสรรค์ เช่น การวาดภาพ การออกแบบ การถ่ายภาพ และดนตรี เป็นต้น
2. ศิลปะกายภาพ (Physical arts) คือ การศึกษาการเคลื่อนไหวร่างกาย เช่น การแสดงการเต้นและการออกกำลังกาย เป็นต้น
3. ศิลปะอุตสาหกรรม (Manual arts) คือ การศึกษาทักษะหรือเทคนิคเพื่อออกแบบหรือสร้างผลงานจากวัสดุต่าง ๆ เช่น การทอผ้าหรือการสร้างบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น
4. ศิลปะศาสตร์ (Liberal arts) คือ การศึกษาพื้นฐานวัฒนธรรมและประเพณีทางสังคม เช่น ประวัติศาสตร์การเมือง จิตวิทยาหรือการศึกษา เป็นต้น
5. ภาษาศาสตร์ (Language arts) คือ การศึกษาการสื่อสาร ซึ่งประกอบไปด้วย การฟังการพูด การอ่าน และการเขียน

คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับตัวเลขเช่น การคำนวณ รูปทรง เรขาคณิต การใช้เหตุผลการแก้ปัญหาการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เป็นต้น

### ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม สร้างสรรค์ผลงานและประดิษฐ์นวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้แก้ไขสถานการณ์ ซึ่งลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ของ Seymour Papert โดยการประยุกต์มาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของเพียเจต์ (Jean Piaget) โดยอธิบายว่าผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง หากมีโอกาสที่ผู้เรียนได้มีการเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (Learning by design) โดยการนำองค์ความรู้ที่ไปสร้างสรรค์ผลงาน โดยอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดออกมาในเชิงรูปธรรมได้อย่างชัดเจน

ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่ Seymour Papert ได้เริ่มพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎี Constructivism ของ Jean Piaget นักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ (1896-1980) ที่ให้ความสำคัญด้านกระบวนการพัฒนาการเรียนรู้ของเด็ก Piaget เชื่อว่าเด็กสามารถสร้างความรู้อันเป็นของตนเองได้ โดยเด็กจะเป็นเสมือนนักทดลองรุ่นเยาว์ที่สร้างและทดสอบทฤษฎีที่เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลาและเมื่อเด็กมีโอกาสดำเนินการสร้างความรู้ขึ้นด้วยตัวของเขาเอง เขาก็จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง สามารถจัดระบบโครงสร้างความรู้ของตนเองและมีความสามารถในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี Papert ได้นำสิ่งที่ Piaget เรียนรู้เกี่ยวกับเด็ก ๆ มาเป็นพื้นฐานในการคิดทบทวนเกี่ยวกับทฤษฎีทางการศึกษา โดยเขามีความเห็นแตกต่างไปจาก Piaget ที่อธิบายว่าเด็กไม่สามารถเรียนรู้เรื่องบางเรื่องได้ในช่วงวัยหนึ่ง ๆ เนื่องจากบางเรื่องมีความซับซ้อนหรือมีระบบแบบแผนที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ควรต้องรอให้ถึงวัยที่เหมาะสมเสียก่อน ซึ่ง Papert เชื่อว่าสาเหตุที่แท้จริงของการที่ไม่สามารถเรียนรู้ขึ้นนั้น เกิดจากการขาดแคลนวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ เพื่อช่วยให้สิ่งที่เรียนรู้ได้ยาก กลายเป็นเรื่องง่ายและเป็นรูปธรรมเพียงพอ โดยในสังคมทั่วไปอาจมีวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่แล้ว แต่ไม่ได้รับการส่งเสริมให้นำมาใช้อย่างถูกต้องและเกี่ยวข้องกับการศึกษามากพอ การมีวัสดุสำหรับสร้างความรู้ที่หลากหลายอย่างเพียงพอจะช่วยให้เด็กมีโอกาสในการเลือก ใช้วัสดุเหล่านั้นเป็นสื่อสำหรับช่วยคิด (Object-to-think-with) ซึ่งเด็กแต่ละคนควรจะมีสื่อของตนเองและสามารถทดลองใช้ตามวิธีการของตนเองได้นอกจากนี้ Papert ยังได้ให้ความหมายของทฤษฎี Constructionism หรือวิธีการเรียนรู้แบบคิดเองสร้างเองว่ามีความหมายคือการเรียนรู้โดยการปฏิบัติ (Doing) หรือสร้าง (Making) สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและสามารถขยายความออกไปได้อีกว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องในการสร้างบางสิ่งบางอย่างที่สัมผัสได้และมีความหมายกับตนเอง โดยเมื่อผู้เรียนสร้างบางสิ่งบางอย่างออกมาแล้ว จะได้รับความรู้ไปด้วย และความรู้ใหม่นี้จะช่วยให้เด็กนำไปสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มีการปรับเปลี่ยนและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น ทำให้ความรู้เพิ่มพูนขึ้นและกระบวนการนี้จะป็นวงจรต่อเนื่องที่เสริมรับกันและกันภายในตนเองอย่างไม่มีที่สิ้นสุด อย่างไรก็ตาม การสร้างโอกาสให้กับผู้เรียนเกิดการสร้างสรรค์ตามแนวทฤษฎี Constructionism นี้ จำเป็นต้องประกอบด้วย สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ (Learning environment) หรือบริบททางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความรู้ ซึ่งมีประเด็นหลัก 3 ประเด็น คือ ทางเลือก (Choice) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีพลัง เมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างผลผลิตที่มีความหมายต่อตนเอง คนเพียงหนึ่งคนไม่สามารถสั่งการ (Dictate) ได้ว่าอะไรที่จะมีความหมายสำหรับผู้อื่น ยิ่งผู้เรียนมีทางเลือกในการสร้างที่จะริเริ่มงานของตนเองมากเท่าใด ผู้เรียนก็จะใส่ใจและชอบที่จะคิดค้นงานของตนเองต่อไปมากเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้มีความลึกซึ้ง มีความหมาย อยู่ได้นาน และก่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วมากยิ่งขึ้น ซึ่ง Piaget เรียกสิ่งนี้ว่า การกลืนกลายความรู้ (Assimilation of knowledge)

จากการศึกษาเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ความหมายและองค์ประกอบของ สติมศึกษาและทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดสติมศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่าง ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์กับแนวคิดสติมศึกษา เนื่องจากแนวคิดสติมศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ แบบบูรณาการหลากหลายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองและนำความรู้ที่ได้มา ออกแบบสร้างสรรค์ผลงานหรือสร้างนวัตกรรม โดยในการที่ผู้เรียนจะสามารถสร้างสรรค์ผลงานต้อง อาศัยความรู้หลากหลายด้าน เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยมีศิลปะเข้ามาช่วย ในการออกแบบผลงาน ซึ่งถือเป็นการฝึกประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์และแก้ไขปัญหาพร้อม กับการสร้างองค์ความรู้ผ่านการออกแบบ การปฏิบัติ ดังทฤษฎีการสร้างความรู้สร้างสรรค์ที่กล่าวว่า “Learning by design”

### การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสติมศึกษา

หทัยภัทร ไกรวรรณ (2559) ให้หลักในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสติมศึกษาว่ามี กระบวนการที่จัดขึ้น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify a challenge) หมายถึง การนำเข้าสู่กิจกรรมโดยเล่านิทานที่ ผู้วิจัยแต่งเอง จำนวน 3 เล่มและผู้อื่นแต่ง จำนวน 3 เล่ม หรือเล่าข่าวหรือกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ พร้อมกันใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กร่วมกันระดมความคิดเห็นเพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงปัญหาว่าปัญหาคือ อะไร มีสาเหตุมาจากสิ่งใด

ขั้นที่ 2 ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) หมายถึง การสำรวจโดยใช้ประสาทสัมผัส ทั้งห้าเพื่อศึกษาค้นคว้า แสวงหาวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาจากสื่อที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 วางแผนและพัฒนา (Plan and develop) หมายถึง การเลือกวิธี แนวทาง การแก้ปัญหาด้วยการอธิบายเพื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองเลือกให้ผู้อื่นเข้าใจว่ามีวิธีการ อย่างไรและใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง โดยวาดภาพออกแบบชิ้นงานของตนเอง

ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) หมายถึง การลงมือปฏิบัติการ แก้ปัญหาตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ตามความคิดของตนเองและทดสอบชิ้นงานตาม เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนด โดยสามารถปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หมายถึง การนำเสนอชิ้นงานที่แปลกใหม่ ของตนเองโดยสนทนาถึงผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหา แนวทางแก้ไขและแสดง ความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ของผลงานที่สร้างขึ้นและการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ให้หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว STEAM 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอสภาพปัญหาบริบทเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการคิดขั้นต้น

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดอย่างอิสระโดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญในด้านความคิดสร้างสรรค์การสื่อสารการร่วมมือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันการแก้ปัญหาเริ่มจากผู้เรียนตัดสินใจในความเป็นจริงและความจำเป็นของสถานการณ์นั้นผู้เรียนจำเป็นต้องเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสุดท้ายการสร้างความรู้สึกรับรู้เป็นประสบการณ์สิ่งที่ค้นพบโดยเน้นเจตคติต่อสิ่งที่เรียนรู้ผ่านการลงมือทำผ่านประสบการณ์ทำนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาการรับรู้การแสดงออกการเห็นใจผู้อื่นมีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้

Jeong and Kim (2015). ได้กล่าวว่า แนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐาน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำ (Introduction) คือ ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำโครงงานและเกิดแรงจูงใจที่อยากเรียนรู้ในเรื่องที่จะเรียน
2. ขั้นตัดสินใจและวางแผน (Decide and make a plan) คือ ให้นักเรียนเลือกหัวข้อโครงงานออกแบบการทำงานและสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
3. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Project and me) คือ ให้นักเรียนลงมือทำโครงงาน การสืบค้นข้อมูลสำรวจหรือทำการทดลอง จากนั้นแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นภายในกลุ่มแล้วจัดทำผลงาน

Riley (2016) กล่าวว่า แนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ กระบวนการแก้ไขสถานการณ์ ส่งเสริมการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ (Creative process) มี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) หมายถึง ครูและนักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ
2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) หมายถึง ครูและนักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการแล้วนำมาวิเคราะห์หารายละเอียดหรือหาคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหานั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานและทักษะกระบวนการเดิมของนักเรียนที่นำมาใช้แก้ปัญหา
3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) หมายถึง ให้นักเรียนนำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหา
4. ขั้นประยุกต์ (Application) หมายถึง เมื่อนักเรียนวิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้ว นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน
5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) หมายถึง นักเรียนเผยแพร่ผลงานหรือแลกเปลี่ยนมุมมอง

การแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับทราบ

6. ชั้นประเมินและปรับปรุง (Link) หมายถึง นักเรียนนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีแก้ไข ปัญหาหรือผลงานของตัวเอง

จากการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น พบว่ามีนักวิจัยทางการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ทั้งหมด 4 แนวทางด้วยกันคือ แนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐาน (Convergence Problem Base on STEAM) แนวคิดที่เน้นกระบวนการสะเต็มศึกษา (The STEAM process) และแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative process) และจากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวและรูปแบบของงานวิจัย สามารถสังเคราะห์ได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มุ่งสร้างนักเรียนให้เติบโตเป็นพลเมืองที่มีความรู้ มีทักษะ ความสามารถหลากหลายด้านและเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพที่หลากหลายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิทยาการ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาสาระในแต่ละวิชา อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา กับสถานการณ์ที่เจอได้และยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรม

### บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education)

การจัดการเรียนรู้ STEAM education เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐาน เนื้อหา สาระ และหัวข้อที่เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการโดยครูต้องดึงแกนหลักของรายวิชาเพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เช่น วิทยาศาสตร์ “สาธิต” ศิลปะใช้ “ทักษะ” เข้ามาให้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียน เน้นกระบวนการคิด การตั้งคำถาม และกระบวนการสำรวจของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบปัญหาและแก้ไขโดยบทเรียนที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้นต้องน่าสนใจง่ายและสามารถนำมาบูรณาการให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ตามกระบวนการโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น ครูควรจัดการเรียนรู้โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียน เรียนรู้เกี่ยวกับกาใช้เครื่องมือหรือพัฒนาทักษะเฉพาะผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสนทนา การอภิปราย การทัศนศึกษา การประกอบอาหาร เป็นต้น โดยไม่ลืมว่าการจัดการเรียนรู้นั้นต้องพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาหรือหาวิธีจัดการกับปัญหาการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับให้ผ่านไป National Grid, Boston Children’s Museum & WGBH (2010) กล่าวถึงลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิด (Thinking) ผ่านการใช้ทักษะการสังเกต การทดลอง การคาดการณ์การแลกเปลี่ยนสิ่งที่ค้นพบ การตั้ง คำถามและ

การแสวงหาคำตอบ

2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติ (Doing) ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือ (Tools) ในการประดิษฐ์ผลงาน (Invention) และการระบุปัญหา (Identifying Problems)

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติ (Doing) ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) โดยการใช้วัสดุ อุปกรณ์การประดิษฐ์ผลงานการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงาน

4. คณิตศาสตร์ (Mathematic) หมายถึง ครูจัดการเรียนรู้เน้นทักษะในการวัด (Measuring) ในการจัดลำดับ (Sequencing) การกำหนดรูปแบบ (Patterning) และการสำรวจรูปทรงต่าง ๆ (Exploring Shapes) เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม เป็นต้น

5. ศิลปะ (Arts) หมายถึง ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมในการสร้างสรรค์ผลงานที่รวมทุกศาสตร์ของศิลปะ ทั้งด้านภาษาและการสื่อสาร วรรณกรรมและสุนทรียศาสตร์ ทักษะในการประดิษฐ์และสร้างสรรค์ผลงานทางศิลปะเพราะผลงานหรือนวัตกรรมการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนสิ้นสุดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์คณิตศาสตร์และการใช้ศิลปะ

ลัดดา อุตสาหะ. (2518) กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ STEAM education มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยครูต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ โดยมีบทบาทดังนี้

1. บทบาทครูเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้สอนไปเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา (Coaching and mentoring)
2. บทบาทครูในฐานะผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ ครูมีหน้าที่ในการจัดเตรียมและวางแผนวิธีการสอนที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยดำเนินการ ดังนี้
  - 2.1 จัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชา ทั้ง 5 สาระวิชากับประเด็นปัญหาหรือสิ่งที่พบในชีวิตประจำวันและการดำรงชีวิตต่อไปในอนาคต
  - 2.2 จัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในลักษณะบูรณาการ
  - 2.3 จัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินผลของข้อมูล
  - 2.4 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความรู้สึกสนุกและเรียนรู้อย่างมีความสุข

2.5 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติทั้งแบบอิสระและแบบร่วมมือกัน

2.6 การตั้งประเด็นปัญหาที่มีความน่าสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้อย่างอิสระ โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุนและตั้งศักยภาพของผู้เรียนออกมา

3. บทบาทครูในฐานะผู้ส่งเสริมสนับสนุนและสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน โดยการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนว STEAM education ครูจะมีบทบาทเป็นเพียงผู้กระตุ้น ผู้สนับสนุนให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้โดยดำเนินการ ดังนี้

3.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือประเด็นปัญหาที่ทำทลายความคิด ความสามารถ ของผู้เรียน

3.2 กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของสาระการเรียนรู้และมุ่งมั่น ที่จะพัฒนาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

3.3 ครูต้องเป็นผู้กระตุ้นและค้นหาทักษะการเรียนรู้ที่อิสระและสร้างแรงจูงใจใน ตนเองให้กับผู้เรียน

3.4 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและเข้าใจเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับ เนื้อหาทั้ง 5 วิชา

3.5 เตรียมสภาพแวดล้อม บรรยากาศ สถานที่ของโรงเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ที่ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเกิดองค์ความรู้ได้ทุกที่และทุกเวลาไม่เพียงแต่ในชั่วโมงเรียนเท่านั้น

3.6 เตรียมแหล่งความรู้และฐานข้อมูลความรู้ทางอินเทอร์เน็ต หนังสือ

3.7 เตรียมห้องเรียน STEAM Education เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการค้นคว้าหา ข้อมูล ความรู้ มีพื้นที่ในการจัดเก็บฐานข้อมูล อุปกรณ์สำหรับงานหรือกิจกรรมของผู้เรียน

3.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประยุกต์ในชีวิตจริง

4. บทบาทในการส่งเสริม สนับสนุน ให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำการเลือกใช้แนวทางที่ครูที่มีบทบาทเป็นผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการ เรียนรู้ ครูมีหน้าที่ในการจัดเตรียมและวางแผนวิธีการสอนที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางในการทำวิจัย ซึ่งต้องการฝึกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอีกทั้งยังสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์อีกด้วย

## ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลหรือการประเมินผลทางการศึกษามีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นพฤติกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถือเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดประเมินผลที่แสดงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายหรือไม่ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถตรวจสอบและบ่งบอกพฤติกรรมของผู้เรียนได้หลากหลายด้าน ตามกรอบเนื้อหาที่กำหนด

สมพร เชื้อพันธ์ (2557) สรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถ ความสำเร็จและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

โชติกา ภาชีผล ญัญฐกรณณ์ หลักทองและกมลวรรณ ตังธนากานนท์ (2558) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลมาจากการประสบการณ์เรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับมาจากการจัดการเรียนการสอนในระยะเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งสอดคล้องกับ Good (1999) ที่กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้วและเกิดผลจากการสอนของผู้สอน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่สามารถวัดได้จากความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนการสอนของครู ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

### ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543) ได้แบ่งเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. แบบทดสอบของครูหมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ครูสร้างขึ้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์ผู้เรียนได้ว่ามีความบกพร่องตรงไหนเพื่อที่จะใช้วัดผลของการจัดการเรียนการสอนของครูในหัวข้อถัดไป

2. แบบทดสอบมาตรฐาน สร้างจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้นที่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาแล้วหลายครั้ง จนสามารถที่จะสร้างเกณฑ์การวัดของแบบทดสอบนั้นอย่างมีคุณภาพซึ่งสามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้จะใช้วัดอัตราการพัฒนาของเด็กแต่ละวัย ในแต่ละกลุ่มแต่ละภาคก็ได้จะใช้

สมพร เชื้อพันธ์ (2557) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งออกดังนี้

1. ข้อสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ทดสอบและวิเคราะห์ผลการสอบตามวิธีการเพื่อปรับปรุงคุณภาพและใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบกับเด็ก ๆ ทั่วไป มีการหาเกณฑ์ปกติ (Norm) เพื่อใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบค่าว่ามาตรฐานแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้ 3 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอนคือ

- วัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียนโดยเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในรูปของการปฏิบัติจริง เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา งานช่าง งานประดิษฐ์ การวัดแบบนี้ต้องวัดโดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ (Performance test)

- วัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

- วัดด้านทักษะ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดภายหลังการฝึกฝนและได้เรียนเพื่อดูว่าผู้เรียนมีทักษะหรือความคล่องแคล่วในการคิดแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องที่ได้เรียนขนาดไหน แบบทดสอบนี้มุ่งวัดว่าผู้เรียนมีทักษะการคิดหรือการทำงานขนาดไหน ซึ่งแตกต่างกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่วัดว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถระดับใด สำหรับผู้มีทักษะคือผู้ที่สามารถทำงานได้ปริมาณมาก ๆ โดยใช้เวลาทำเพียงเล็กน้อย ทำได้สะดวกสบาย การวัดทักษะถ้าใช้แบบทดสอบลักษณะของข้อสอบจะต้องเป็นคำถามที่เป็นปัญหาง่าย ๆ แต่มีปริมาณมาก แล้วให้ทำในเวลาจำกัด ผู้ใดทำได้มากแสดงว่ามีทักษะ ข้อสอบทักษะนี้ ถ้าให้ตอบโดยไม่จำกัดเวลา ผู้ถูกสอบส่วนใหญ่จะทำได้และได้คะแนนเต็ม

2. แบบทดสอบเพื่อวินิจฉัย (Deagnostic test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนในการเรียนแต่ละวิชาเป็นเรื่อง ๆ ไป ข้อสอบนี้มักจะมีเนื้อหาต่าง ๆ หลายเรื่อง เรื่องละหลาย ๆ ข้อและทดสอบดูว่าเด็กคนใดอ่อนพฤติกรรมด้านใดเพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป แบบทดสอบชนิดนี้มีประโยชน์สำหรับครูที่ต้องการจะปรับปรุงการเรียนการสอน เพราะจะรู้ว่าควรสอนวิชาใด เรื่องใด มากน้อยเพียงใด

3. Speed test เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามจำนวนมาก และจำกัดเวลาในการตอบจะต้องตอบโดยอาศัยความเร็ว แบบทดสอบลักษณะนี้ส่วนใหญ่ใช้สำหรับวัดทักษะด้านใดด้านหนึ่งของนักเรียน ข้อสอบจะเป็นข้อสอบง่าย ๆ ถ้าให้เวลาในการทำมาก ผู้สอบจะตอบถูกหมดฉะนั้นแบบทดสอบแบบนี้จึงต้องจำกัดเวลา

4. Power test เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ตอบในเวลานานหรือต้องการให้นักเรียนได้แสดงความรู้ความสามารถให้มากที่สุด เช่น ข้อสอบอัตนัย การเขียนรายงาน

5. ข้อสอบแบบอัตนัย (Essay test) เป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงออกซึ่งความสามารถของตนเองโดยใช้ ภาษาของตน สามารถวัดความคิด ทักษะของผู้สอบได้อย่างดี ผู้สอบต้องมีความสามารถในการจัดระเบียบความรู้ แสดงความคิดริเริ่มและรู้จักการสังเคราะห์จึงจะสามารถตอบข้อสอบได้ดี โดยทั่วไปแบ่งข้อสอบอัตนัยออกเป็น 2 อย่างคือ

- แบบไม่จำกัดคำตอบ จะเน้นความลึกและขอบเขตของความรู้ มีเสรีภาพในการแสดงออก ยั่วยุให้เกิดความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์
- แบบจำกัดคำตอบ จะต้องการคำตอบเฉพาะเจาะจงที่วัดระเบียบของความคิด เป็นอย่างดี ง่ายในการตรวจ มีความยุติธรรมสูง มีความเชื่อมั่นสูงกว่าแบบไม่จำกัดคำตอบ

6. ข้อสอบแบบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้น ๆ หมายถึง แบบทดสอบที่กำหนดให้ตอบสั้นหรือแบบกำหนดคำตอบให้เลือก ได้แก่แบบต่าง ๆ ต่อไปนี้

แบบถูก - ผิด (True - False) ลักษณะเป็นแบบทดสอบที่ยกข้อความให้ผู้สอบพิจารณาว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด จริงหรือเท็จ ใช่หรือไม่ใช่ โดยใช้หลักวิชาที่เคยเรียนรู้อย่าง

ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion) ลักษณะเป็นแบบทดสอบที่ประกอบไปด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์และจะเว้นที่ให้ผู้สอบเติมคำ ข้อความหรือประโยค ลงในช่องว่างที่เว้นไว้ เพื่อให้ได้ความสมบูรณ์ถูกต้อง

7. แบบจับคู่ (Matching) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยชุดของคำถาม ที่มีตัวเลือกชุดหนึ่งร่วมกันและแต่ละครั้งที่จับคู่กันต่อไป จำนวนตัวเลือกจะลดลงไปเรื่อย ๆ ลักษณะของข้อสอบแบบจับคู่จะประกอบด้วยคำหรือข้อความแยกเป็น 2 พวก หรือ 2 คอลัมน์ ให้ผู้สอบจับคู่ว่าแต่ละคำหรือแต่ละข้อความในคอลัมน์หนึ่ง จะจับคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกคอลัมน์หนึ่ง ข้อสอบแบบนี้มีหลายแบบ เช่น ให้จับคู่ระหว่างคำศัพท์กับความหมาย เหตุการณ์กับเวลา เวลา กับสถานที่ บุคคลกับผลงาน เป็นต้น สิ่งที่สำคัญในการสร้างข้อสอบแบบนี้ คำชี้แจงจะต้องชัดเจน และข้อความในคอลัมน์หนึ่งควรมีจำนวนมากกว่าข้อความในอีกคอลัมน์หนึ่ง

8. แบบเลือกตอบ (Multiple - Choices) ข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นข้อสอบที่นิยมใช้กันมากในข้อสอบมาตรฐาน (Standardized test) และข้อสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher made test) เป็นข้อสอบชนิดที่มีตัวคำถามและตัวคำตอบให้เลือกเช่นเดียวกับข้อสอบปรนัยแบบ ถูก - ผิด แบบจับคู่ แต่จะกำหนดตัวเลือกต่างกันไปจากข้อสอบทั้งสองประเภทนั้น ข้อสอบแบบเลือกตอบจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่เป็นตัวคำถาม หรือตัวปัญหา เรียกว่า Stem
2. ส่วนที่เป็นตัวเลือก (Choices)

จากการศึกษาประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ (Multiple - Choices) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้กันมากในข้อสอบมาตรฐาน (Standardized test) และข้อสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher made test) เป็นข้อสอบชนิดที่มีตัวคำถามและตัวคำตอบให้เลือกเช่นเดียวกับข้อสอบปรนัยแบบ ถูก - ผิด แบบจับคู่ แต่จะกำหนดตัวเลือกต่างกันไปจากข้อสอบทั้งสองประเภทนั้นอีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้หลากหลายด้าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก เพื่อใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสุมุทศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

### แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom et al. (1956) Bloom's Taxonomy ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 3 ด้าน คือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ซึ่งได้มีการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยได้ 6 ชั้น ดังนี้

1. ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราวหรือสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว
2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความและขยายความ จากสื่อความหมายต่าง ๆ ที่ได้เห็น ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถปรับเปลี่ยนจากสิ่งที่ยากเป็นสิ่งที่ง่าย
3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถที่จะนำหลักวิชาการไปใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ใหม่และสามารถยกตัวประกอบจากการนำรู้ว่าที่เรียนมาประยุกต์ใช้ได้
4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง คำถามที่สามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ และมองถึงส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญแต่ละสถานการณ์ว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร และอาศัยหลักการอะไรในการแยกสถานการณ์ต่าง ๆ
5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการรวมสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่สองสิ่งขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมก่อนนำมารวมกัน
6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของความคิดทุกชนิด เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้การพิจารณาตัดสิน

อาจเป็นในรูปของปริมาณหรือคุณภาพก็ได้

Anderson & Krathwohl (2001) ได้นำเสนอแนวคิดที่ได้ทำการปรับปรุง Bloom's Taxonomy ที่สามารถจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 3 ด้าน คือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ซึ่งในการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยได้ 6 ชั้นดังนี้

1. การจำ (Remembering) เป็นระดับพื้นฐานของการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการนำเอาหรือดึงความรู้จากความจำระยะยาวออกมา เพื่อกำหนดการเรียนรู้ให้พัฒนาต่อไปในระดับสูงขึ้นจากความรู้เดิม

2. การเข้าใจ (Understanding) เป็นกระบวนการสร้างความรู้อย่างมีความหมายจากสื่อ การอธิบายการพูด การเขียน การแยกแยะการเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่หรือการอธิบาย ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียนรู้

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) เป็นการนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ หรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยกระบวนการหรือวิธีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน เช่น การดำเนินการ

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นกระบวนการนำส่วนต่าง ๆ ของการเรียนรู้มาประกอบเป็นโครงสร้างใหม่ด้วยการพิจารณาว่า มีส่วนใดสัมพันธ์กับส่วนอื่นอย่างไร พิจารณาโครงสร้างโดยรวมของสิ่งที่เรียนรู้แยกแยะวัตถุประสงค์ที่แตกต่าง ผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบ การคิดวิเคราะห์เพื่อสามารถแจกแจงองค์ประกอบและสามารถบอกได้ว่าแต่ละส่วนเกี่ยวข้องกันอย่างไร

5. การประเมินผล (Evaluating) เป็นการตัดสินใจตรวจสอบสิ่งที่ได้จากการเรียน สู้บริบทของตนเองที่สามารถวัดได้และตัดสินใจว่าอะไรถูกหรือผิดบนเงื่อนไขและมาตรฐานที่สามารถตรวจสอบได้บนพื้นฐานของเหตุผลและเกณฑ์ที่ชัดเจน

6. การสร้างสรรค์ (Creating) เป็นการเรียนรู้ในระดับสูงเพื่อให้ได้องค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันด้วยการสังเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงให้รูปแบบใหม่ของสิ่งที่เรียนรู้หรือโครงสร้างของความรู้ที่ผ่านการวางแผน และการสร้างหรือการผลิตอย่างเหมาะสม เช่น การสร้างการวางแผนหรือการผลิต เป็นต้น

โชติกา ภาชีผล ญัฐภรณ์ หลักทองและกมลวรรณ ตังชนกานนท์ (2558) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบและแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบ จำแนกได้เป็น 4 ประเภท

- แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ
- แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ

- แบบทดสอบตอบสั้น
- แบบทดสอบเติมคำให้สมบูรณ์

## 2. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบ จำแนกได้เป็น 3 ประเภท

- แบบทดสอบถูก ผิด
- แบบทดสอบจับคู่
- แบบทดสอบหลายตัวเลือก

สำหรับเกณฑ์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำนักมาตรฐานการศึกษา สำนักคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของรายวิชาต่าง ๆ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาจากร้อยละของคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบ ดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 3** การกำหนดเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ร้อยละของคะแนนรวม	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
80 – 100	ดีเยี่ยม
75 – 79	ดีมาก
70 – 74	ดี
65 – 69	ค่อนข้างดี
60 – 64	ปานกลาง
55 – 59	พอใช้
50 – 54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
0 - 49	ต่ำกว่าเกณฑ์

Klopfers (1971) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้โดยใช้หลักของ Klopfers (1971) ในการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ ตามรูปแบบการทดสอบดังนี้

### ด้านความรู้ความจำ

#### 1. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก

ส่วนสำคัญที่ช่วยในการดำรงชีวิตของพืช คือข้อใด

- ก. น้ำ อาหาร วิตามิน      ข. น้ำ เกลือแร่ วิตามิน

ค. น้ำ แสงแดด อากาศ ง. น้ำ อาหาร แสงแดด

2. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบถูก – ผิด

..... ความหลากหลายระหว่างสปีชีส์โดยปกติมากกว่าความหลากหลายในสปีชีส์เดียวกัน

..... สมาชิกของสปีชีส์เดียวกันจะมีรูปร่างคล้ายกันเสมอ

3. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบจับคู่

จงโยงเส้นจับคู่คำต่อไปนี้กับความหมายให้ถูกต้อง

Scavenger	กินเฉพาะสัตว์
Canovore	กินเฉพาะพืช
Herbivore	ผู้ย่อยสลาย

4. แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ

จงอธิบายบทบาทของเอนไซม์ 1 ชนิดในกระบวนการย่อยอาหาร

.....

.....

5. แบบทดสอบความเรียงแบบจำกัดคำตอบ

จงอธิบายความหมายของคำว่า Cell และ Tissue

.....

.....

6. แบบทดสอบแบบเติมคำสมบูรณ์

จงตอบคำถามในช่องว่างให้สมบูรณ์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นสามารถนำทุกชิ้นส่วนของพืชมาใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ เนื่องจากพืชมีคุณสมบัติ..... ที่ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อย่างสมบูรณ์และมีลักษณะ..... รุ่นพ่อแม่ทุกประการ

**ด้านความเข้าใจ**

1. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก

ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารที่เป็นพิษต่อร่างกาย

ก. สารพิษจะแสดงอาการเมื่อถึงวัยชราเท่านั้น

ข. สารพิษแต่ละชนิดมีอันตรายเฉพาะวัยชราเท่านั้น

ค. คนที่ได้รับสารพิษเป็นเวลานานจะมีอาการรุนแรงกว่าคนที่เพิ่งได้รับสารพิษ

ง. ปริมาณของสารพิษมีผลต่อการแสดงอาการของผู้รับสารพิษ

## 2. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบจับคู่

จากโซ่อาหารที่แสดงอยู่นี้พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา

ข้าว → หนู → งู → สุนัขจิ้งจอก

จงใช้สัตว์ในห่วงโซ่อาหารมาตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ผู้ผลิตในโซ่อาหาร.....
2. ผู้บริโภคลำดับที่ 1 .....

## 3. แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ

จงเขียนการปรับตัวของและอธิบายว่าการปรับตัวเหล่านั้นช่วยให้หมีขั้วโลกมีชีวิตอยู่รอดได้อย่างไร

.....

.....

## 4. แบบตอบสั้น

จงเขียนอธิบายวิธีการช่วยลดฝนกรดมา 2 วิธี

.....

.....

## ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## 1. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก

ถ้านักเรียนทำการทดสอบน้ำส้มสายชู โดยใส่พริกและผักชีพบว่าน้ำส้มสายชูขุ่น พริกและผักชีเปียกยุ่ย นักเรียนควรสรุปผลการทดลองนี้อย่างไร

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| ก. น้ำส้มสายชูนี้หมดอายุ               | ข. น้ำส้มสายชูมีความเข้มข้นมาก      |
| ค. น้ำส้มสายชูมีกรดซัลฟิวริกเจือปนอยู่ | ง. น้ำส้มสายชูทำจากแป้งหมักและผลไม้ |

## 2. แบบทดสอบตอบสั้น

จงเติมประโยคลงในช่องว่างเพื่อแสดงสิ่งที่เกิดขึ้น ถ้าผู้บริโภคถูกฆ่า จำนวนประชากรลดลง ดังนั้นผู้ล่าจึงต้องการอาหารน้อยลง

## 1. ประชากรของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงเช่นไร

.....

### ด้านการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

#### 1. แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก

จากคำกล่าวที่ว่า ร่างกายคนเราประกอบไปด้วยน้ำ 60% ถ้านักเรียนต้องการให้ร่างกายได้รับน้ำและไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย นักเรียนจะเลือกน้ำชนิดใด

1. น้ำชนิด A คือน้ำผลไม้
2. น้ำชนิด B คือน้ำอัดลม
3. น้ำชนิด C คือชาไข่มุก
4. น้ำชนิด D คือน้ำเปล่า

#### 2. แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ

จงอธิบายโทษของการลดน้ำหนักโดยการใช้ยาเร่งลดน้ำหนัก

.....

.....

#### 3. แบบทดสอบเรียงความจำกัดคำตอบ

อัตราการไหลเวียนเลือดของหัวใจเท่ากับ 260 ลบ.ซม. ต่อนาทีระหว่างออกกำลังกายมีอัตราเพิ่มขึ้นถึง 780 ลบ.ซม.ต่อนาที จงคำนวณร้อยละที่เพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเวียนเลือดของหัวใจ

.....

.....

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้หลักของ Klopfer (1971) ซึ่งมีการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการต่าง ๆ หลากหลายด้านไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือการแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆ

### การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาถึงปัญหาของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนมากค่อนข้างที่คิดแก้ปัญหาได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในการวัดผลทางการเรียนส่วนมากจะเน้นไปทางด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ที่เป็นองค์ความรู้เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากในปัจจุบันการที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นจะต้องมีทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากในชีวิตประจำวัน ต้องพบเจอกับปัญหาที่ต้องแก้ไขอยู่ตลอดเวลา เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ไขปัญหาด้านการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน จึงได้ทำการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหานักเรียนและส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ให้แก่ผู้เรียนไว้ดังนี้ จากการศึกษาปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อ่อนแอที่จะคิดแก้ปัญหาได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการวัดผลส่วนใหญ่เน้นไปทางด้านการวัดผลสัมฤทธิ์องค์รวมเป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากในปัจจุบันการที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นจะต้องมีการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในชีวิต ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยขอเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ดังนี้

ภัทรภร แสงไชย (2551) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถทางการคิดของแต่ละบุคคลในการแสวงหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากเดิม และมีคุณค่าเป็นประโยชน์ เป็นการคิดที่มีระบบ เป็นลักษณะเฉพาะภายในตัวของแต่ละบุคคลที่สามารถพัฒนาได้

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2553) กล่าวว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาสถานะที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น โดยการทำงานร่วมกันระหว่าง การคิดสร้างสรรค์และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดลึกและหลากหลายที่สุด ปราศจากการตัดสินความคิดต่าง ๆ ว่าดีหรือไม่ จนถึงระยะหนึ่งจึงพิจารณาความคิดเห็นเหล่านั้นด้วยการคิดวิจารณ์ญาณ ในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและนำไปแก้ปัญหาโดยเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถแก้ปัญหาได้และควบคุมตนเองได้เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาด้วยความรอบคอบและสมบูรณ์

ธัญญารัตน์ โกมลเกียรติ (2557) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หมายถึง ความสามารถทางการคิดของแต่ละบุคคลในการแสวงหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาที่มีความแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม และมีคุณค่าเป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นการผสมผสานอย่างเหมาะสมระหว่างการคิดเอกลัทธิ เป็นความคิดทางเดียวจากความรู้และประสบการณ์เดิมกับการคิดเอกลัทธิเป็นการคิดหลายทิศทาง หลายแง่มุมจากความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นี้เป็นทักษะที่สามารถฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้นได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการมุ่งหาคำตอบและแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนา สภาพที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้นโดยการทำงาน ร่วมกันระหว่างการคิดสร้างสรรค์ และการคิดวิจารณ์ญาณ การคิดสร้างสรรค์ทำได้โดยให้คิดลึกและ หลากหลายที่สุดปราศจากการตัดสินความคิดต่าง ๆ ว่าดีหรือไม่จนถึงระยะหนึ่งจึงพิจารณาความคิด เหล่านั้นด้วยการคิดวิจารณ์ญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีที่ดีที่สุด ในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและนำไปแก้ปัญหาโดยเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถแก้ปัญหาได้ และควบคุมตนเองได้เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาด้วยความรอบคอบและสมบูรณ์

### **แนวทางในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์**

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จะเห็นได้ว่าทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการคิดแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ล้วนเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอีกทั้งยังเป็นแนวทางที่ดีในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมี สมรรถนะที่ดีในยุคศตวรรษที่ 21 เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแขนงหนึ่ง ที่สำคัญของการจัดการศึกษา ดังจะเห็นได้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ให้ความสำคัญของ วิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์และวิจารณ์มีทักษะสำคัญในการ ค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและหลากหลาย สร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่ หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กรมวิชาการ, 2551 ) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์รวมถึงวิชาชีววิทยาที่ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ถือเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่ จะต้องเน้นให้ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้กระบวนการแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะ ส่งเสริมให้ผู้เรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน โดยมีแนวทางดังนี้

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2553) ได้สังเคราะห์แนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของ นักวิชาการทั้งในและต่างประเทศและได้สรุปเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าถึงปัญหา หมายถึง การทำความเข้าใจ ทำความรู้จักกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาโดยศึกษารายละเอียดของสถานการณ์อย่างรอบด้าน เพื่อระบุปัญหาที่จะต้องแก้ไข สืบหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลกำหนดกรอบของปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. เห็นความสำคัญคือ ระบุและอธิบายความสำคัญของปัญหาทั้งในความคิดของตนเองและผู้อื่น รวมถึงมีความคิดที่เหมาะสมต่อปัญหา
2. การสืบหาข้อมูลคือการสืบหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์อย่างรอบด้าน
3. การระบุปัญหาคือการตัดสินใจว่าปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดนั้นปัญหาใดคือปัญหาที่แท้จริงที่ต้องนำมาแก้ไข และมีความคิดที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การคิดวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีแก้ปัญหาให้มากที่สุดโดยไม่มีการตัดสินใจว่าความคิดที่ผิดหรือถูก ยึดปริมาณของความคิดว่าเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหารวมถึงการสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่จากวิธีการเดิมที่มี

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกและเตรียมการ หมายถึง การประเมินวิธีการแก้ปัญหาด้วยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นจนได้วิธีที่ดีที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาและการวางแผนใหม่โดยมีขั้นตอนได้แก่

1. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยการสร้างเกณฑ์คัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดทำการประเมินวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา
2. การคาดการณ์ผลกระทบ เป็นการระบุสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในขั้นกระบวนการแก้ปัญหา ระบุทรัพยากรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนการแก้ปัญหา หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญหาเป็นการประกันความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตรวจสอบ ติดตาม ปรับปรุงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญห การวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้ความสามารถและข้อจำกัดของบุคคล บริบท เงื่อนไข ทรัพยากรและอุปสรรค ซึ่งมีขั้นตอนคือ

1. การประเมินทรัพยากร คือการระบุแนวทางและทรัพยากรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
2. การออกแบบกระบวนการ เป็นการวางขั้นตอนและกิจกรรมการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มพร้อมทั้งระบุขั้นตอนการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติ หมายถึง การนำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติจริง การกำกับและติดตามการแก้ปัญหาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์หรือเป้าหมายที่วางไว้ มีการสังเกตและบันทึกพฤติกรรม การแก้ปัญหา เพื่อให้เป็นไปตามที่วางแผนไว้ ก็ให้การเสริมแรงตนเอง ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

1. การลงมือปฏิบัติเป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนสังเกตและสะท้อนและปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา

2. การเผชิญปัญหา คือการจัดการกับความรู้สึกของตนเองระหว่างการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของตน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การจัดการเรียนรู้แบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) หรือ CPS ถูกพัฒนาขึ้นโดย อเล็กซ์ เอฟ ออสบอร์น (Alex F. Osborn) เป็นกระบวนการที่ท้าทายในการเอาชนะความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับปัญหาโดยใช้เครื่องมือของความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ทำให้ได้ความคิดที่แตกต่าง หลากหลายและมีศักยภาพในการแก้ปัญหา ซึ่งจะเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนของการพิจารณาลักษณะของปัญหา บริบท บุคคลที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงผลลัพธ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นโดย

Osborn (1988) ได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในหนังสือ Applied Imagination เป็นหนังสือที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งได้บรรยายถึงกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และเทคนิคการระดมสมองอย่างครอบคลุม ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน

1. ขั้นค้นพบความจริง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ขั้นค้นพบปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์จริงที่เจอโดยต้องสามารถเข้าใจสถานการณ์และระบุสาเหตุของปัญหาได้
3. ขั้นการค้นพบความคิด หมายถึง การระดมพลังสมองเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด
4. ขั้นการค้นพบคำตอบ หมายถึง การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และนำมาแก้ปัญหาตามที่เลือก
5. ขั้นการค้นพบการยอมรับ หมายถึง การยอมรับคำตอบจากการแก้ปัญหาและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหาไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ

Torrance (1974) ได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาในอนาคตหรือการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาที่ลึกและมีวิธีการแก้ปัญหาหลายหลาย โดยให้แนวทางการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

- ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify challenges)
- ขั้นที่ 2 การเลือกและระบุปัญหาสำคัญ (Select and underlying problem)
- ขั้นที่ 3 การระดมสมองคิดหาแนวทางการแก้ปัญหา (Produce solutions idea)
- ขั้นที่ 4 การกำหนดเกณฑ์เพื่อประเมินการแก้ปัญหา (Generate and select criteria)
- ขั้นที่ 5 การประเมินแนวทางในการแก้ปัญหา (Apply criteria)

## ขั้นที่ 6 การพัฒนาแผนปฏิบัติงาน (Develop and action plan)

Treffinger et.al., (2000) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the challenge) ในขั้นนี้จะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ

1. สร้างโอกาส (Constructing opportunities) เป็นการค้นหาโอกาสสำหรับการแก้ไข ปัญหาโดยการสร้างเป้าหมายแบบกว้าง ๆ เพื่อจะนำไปสู่การแก้ไข ปัญหา
2. สำรวจข้อมูล (Exploring data) เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงความคิดเห็น ความพึงพอใจ ข้อยืนยัน ข้อขัดแย้ง และพิจารณาบริบทโดยรอบ จะต้องตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน อย่างไร
3. กำหนดกรอบปัญหา (Framing problem) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาพยายามคิดออกนัยโดย พยายามตั้งคำถาม ซึ่งต้องถามในลักษณะเชิงบวกซึ่งจะกระตุ้นการตอบ เช่นแนวทางที่ควรจะเป็นคือ อะไร หรือควรเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา (Generating ideas) ขั้นนี้ผู้แก้ปัญหา จะต้องนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาหลายหลายวิธี เป็นการส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ จะต้องให้เวลามากพอสมควร เพื่อให้ผู้แก้ปัญหาได้คิดและแสดงออกในสิ่งที่คิดว่าเป็นไปได้ จะต้อง ยอมรับทุกความคิดเห็น และจะต้องไม่มีการประเมินความคิดเห็นที่แสดงออกมาว่าเป็นสิ่งที่ใช้ได้หรือ ไม่ได้ วิธีการที่เสนอขึ้นอาจจะเป็นวิธีการที่แปลกใหม่ที่น่าสนใจ หรืออาจจะเป็นการต่อยอดความคิด แบบเดิมก็ได้ ซึ่งในขั้นนี้จะเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ร่วมกันระดมความคิดและจะได้วิธีการแก้ปัญหา จำนวนมากที่จะนำไปเลือกใช้

ขั้นที่ 3 ขั้นเตรียมการเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ (Preparing for action) จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อย

1. การพัฒนาวิธีแก้ปัญหา (Developing solutions) ผู้แก้ปัญหาจะต้องพิจารณาวิธีการ แก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ได้เสนอไว้โดยคัดเลือก กลั่นกรองวิธีแก้ปัญหา พร้อมสามารถอธิบายว่าแต่ ละวิธีการจะต้อง ดำเนินการอย่างไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ต้องหาข้อมูลอะไรเพื่อใช้ในการ สนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว
2. สร้างการยอมรับ (Building Acceptance) โดยจะต้องมีการให้เหตุผลในการเลือกวิธี แก้ปัญหานั้น ว่าสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้จริง และเป็นวิธีการแปลกใหม่

ขั้นที่ 4 วางแผนและปฏิบัติตามแนวคิด (Planning Your Approach) นำวิธีการแก้ปัญหาที่ ได้เลือกไว้สู่การปฏิบัติ

ดังนั้น สรุปได้ว่าการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการแต่ละขั้น เพื่อฝึกให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์โดยมีการเอาวิธีการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการคิดแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งกล่าวได้ว่าการคิดแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดแก้ปัญหาได้อย่างเป็นกระบวนการ มีระบบ มีความสร้างสรรค์และหลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแนวทางของ Alex Osborn (1988) ซึ่งมี ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นค้นพบความจริง หมายถึง การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ขั้นค้นพบปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์จริงที่เจอโดยต้อง สามารถ เข้าใจสถานการณ์และระบุสาเหตุของปัญหาได้
3. ขั้นการค้นพบความคิด หมายถึง การระดมพลังสมองเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด
4. ขั้นการค้นพบคำตอบ หมายถึง การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ที่สุดและนำมาแก้ปัญหาตามที่เลือก
5. ขั้นการค้นพบการยอมรับ หมายถึง การยอมรับคำตอบจากการแก้ไขปัญหาและ สามารถ นำความรู้ที่ได้จากการแก้ไขปัญหาไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ

#### แนวทางในวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาเอกสารและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีวิธีการวัด ดังนี้

1. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบ ประเมินตนเอง โดย Franken (2010) ได้สร้างโปรแกรมการประเมินตนเองในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ เผยแพร่ในเว็บไซต์ <http://www.phycolo.test> โดยประกอบไปด้วยคำถาม 36 ข้อ ซึ่งการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มี ข้อดีคือ สะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการให้คะแนน ข้อเสียคือ ผู้ประเมินต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเองในการประเมินผล
2. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์โดยใช้แบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ของ Torrance (1988) ดังงานวิจัยของภัทรกร แสงไชย (2551)

3. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ตามกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ที่ได้มีการประยุกต์ตามพัฒนาการของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังงานวิจัยของ วชิรินทร์ รอดสวัสดิ์ (2547) ที่ได้ระบุองค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ตามกระบวนการของ Osborn (1988) ที่ระบุองค์ประกอบไว้ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจปัญหา องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิด องค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติและงานวิจัยของ สมปอง เพชรโรจน์ (2549) ที่ได้ระบุองค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Osborn (1988) โดยมีองค์ประกอบคือ

1. ชั้นค้นหาความจริง	12	คะแนน
2. ชั้นค้นหาปัญหา	8	คะแนน
3. ชั้นค้นหาความคิด	12	คะแนน
4. ชั้นค้นหาคำตอบ	8	คะแนน
5. ชั้นค้นหาคำตอบที่ยอมรับ	10	คะแนน

4. การวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ระบุตัวชี้วัดที่แสดงถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ประกอบไปด้วย 4 แนวทางคือ 1. การวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินตนเอง โดย Franken (2010) 2. การวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ของ Torrance (1988) 3. การวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัด Osborn (1963) และ Osborn (1988) 4. การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ระบุตัวชี้วัด และเพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัย ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวทางในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของ Osborn (1988) เป็นแนวทางในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวชี้วัดทั้งหมดดังนี้

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดในการคิดแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	Reali (2010)	ภัทรกร แสงไชย (2551)	สมบอง เพชรโรจน์(2549)	สว่างสุดา ปานสกุล(2545)	ทักษิณพัฒน์ ศรีทิวชัย (2546)	ปิยานี จิตรเจริญ (2543)	ศศิรัศน์ สริชกานนท์ (2540)	รวม
1. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลก ใหม่ หลากหลาย	/	/	/	/	/	/	/	7
2. วิธีการแก้ปัญหาดตรงกับสภาพ ปัญหา				/			/	2
3. ตัดสินใจเลือกปัญหาและ วิธีการแก้ปัญหา		/	/		/	/	/	5
4. วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกมี ประโยชน์	/		/	/	/	/	/	5
5. มีเหตุผลในการเลือกปัญหา		/		/	/	/	/	5
6. มีขั้นตอนปฏิบัติในการ แก้ปัญหา	/	/	/	/	/	/	/	7
7. สามารถแก้ปัญหาในเวลา ที่กำหนด			/	/	/	/	/	5

8. มีการค้นหา รวบรวมข้อมูลในการแก้ปัญหา	/	/	/	3
9. วิธีการแก้ปัญหาเป็นเชิงบวก	/	/		2

จากการที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในตารางข้างต้น ผู้วิจัยทำการกำหนดตัวชี้วัดโดยทำการเลือกตัวชี้วัดที่มีผู้ใช้ในการวัดตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป ซึ่งได้แก่ตัวชี้วัดทั้งหมด 6 ตัวชี้วัด ดังนี้ 1. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่หลากหลาย 2. ตัดสินใจเลือกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 3. วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกมีประโยชน์ 4. มีเหตุผลในการเลือกปัญหา 5. มีขั้นตอนปฏิบัติในการแก้ปัญหา 6. สามารถแก้ปัญหาในเวลาที่กำหนด เพื่อใช้ในการวัดความสามารถของผู้เรียนในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

#### เกณฑ์การให้คะแนนวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ปิยานี จิตรเจริญ (2543) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยมีการกำหนดเกณฑ์ดังนี้

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบที่คล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบจำนวนมาก ในเวลาที่จำกัด ซึ่งพิจารณาคะแนนจากคำตอบที่ได้ในระยะเวลาที่กำหนด

1-2 คำตอบ ได้ 0 คะแนน

3-4 คำตอบ ได้ 1 คะแนน

5-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน

7-8 คำตอบ ได้ 3 คะแนน

9-10 คำตอบ ได้ 4 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการหาคำตอบประเภทหลายทิศทาง พิจารณาคำตอบโดยการจัดกลุ่มของคำตอบ โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความสามารถที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร

4. การตัดสินใจและวิธีการเลือกปัญหา (4 คะแนน)

5. การแก้ปัญหาในระยะเวลาที่กำหนด (2 คะแนน)

6. การตัดสินใจและวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มเป็นจริง ( 2 คะแนน)

7. การมีขั้นตอนในการปฏิบัติ ( 4 คะแนน)

ทักษิณพัฒน์ ศรีวาชัย (2546) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. การนำเสนอหรือการคิดแปลกใหม่ คะแนนเต็ม 2 คะแนน พิจารณาจากการตอบคำถามโดยภาพรวม หากคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำกับคนอื่น ให้ 2 คะแนน แต่ถ้าซ้ำกับคนอื่นให้ 0 คะแนน
2. ความเหมาะสม ตรงกับสภาพปัญหา คะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยพิจารณาคะแนนจากการตอบคำถามที่ตรงกับปัญหาที่ได้รับ
3. การแก้ปัญหาเชิงบวก โดยพิจารณาจากแนวคำตอบ หากคำตอบส่วนใหญ่เป็นเชิงบวกหรือเชิงสร้างสรรค์ให้ 2 คะแนน หากคำตอบที่ได้เป็นเชิงลบให้ 0 คะแนน
4. การนำเสนอวิธีการที่แปลกใหม่ 2 คะแนน
5. การเลือกวิธีการแก้ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา 2 คะแนน
6. การแก้ปัญหาภายในเวลาที่กำหนด 2 คะแนน
7. การแก้ไขปัญหาที่มีแนวโน้มเป็นจริง 2 คะแนน
8. การมีขั้นตอนในการปฏิบัติและการมีเหตุผลในการแก้ปัญหา 2 คะแนน

สรวงสุดา ปานสกุล (2545) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยได้มีการกำหนดคะแนนดังนี้

1. การค้นหาปัญหา 8 คะแนน
2. การค้นหาปัญหา 12 คะแนน
3. การค้นหาคำตอบ 12 คะแนน
4. การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ 8 คะแนน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเกณฑ์ในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีหลากหลายแนวทางในการใช้วัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์และกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดรูปแบบการให้คะแนนแบบ Rubic score เพื่อความสะดวกต่อการให้คะแนนโดยอยู่พื้นฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมรค์ อินทวิมลศรี (2560) ได้ทำการศึกษาการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาชีววิทยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไปซึ่งระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกันอยู่ในระดับปานกลาง

ลัดดา อุตสาหะ (2518) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษา โดยหลังการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา พบว่ามีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยพบว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ .01

พิพัฒน์ ไพบูลย์วัฒนกิจ (2559) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอนาคต (การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์) โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยใช้การคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดของทอร์แรนซ์เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิฤติการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้การคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดของทอร์แรนซ์เป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพัฒนาการการคิดแก้ปัญหาอนาคต เรื่อง วิฤติการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการสูงขึ้น

จารีพร ผลมูลและคณะ (2558) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตสำนึกต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองหลังสวน จังหวัดชุมพร รวมทั้งการศึกษาประสิทธิภาพของหน่วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 3 หน่วย ได้แก่ ระบบนิเวศชุมชนวังตะกอก ทรัพยากรธรรมชาติวังตะกอกและการเรียนรู้เทคโนโลยีชุมชนวังตะกอก ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 33 คน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEAM education มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเรียน มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 และจากการประเมินผลประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้พบว่า มีประสิทธิภาพดีตามเกณฑ์ที่กำหนด

นัสรินทร์ ปือชา (2558) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

(STEM education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังนี้ 1. ขั้นการสร้างความสนใจ 2. ขั้นการสำรวจและค้นหา 3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป 4. ขั้นการขยายความรู้ 5. ขั้นการประเมิน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก 3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

พรทิพย์ ศิริภักตราชัย (2556) ได้ศึกษาเรื่อง STEM education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 พบว่าการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เยาวชนสามารถดำรงชีวิตในสังคมโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ การจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึงเป็นการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีและมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ STEM education ยังเป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียน ความท้าทาย ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียนใน STEM education จึงเหมาะที่จะทำให้เยาวชนไทยรุ่นใหม่เกิดการเรียนรู้พัฒนาสู่ทักษะในศตวรรษที่ 21

พัฒมาอัส ไว้นิตาเย๊ะ (2560) ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับต่ำ

กว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างดีและมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 57.12 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 2) นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ หลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีและมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 3) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Young (2009) ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนรู้ โดยการสืบสวนด้วยตนเองโดยใช้เกมผ่าน STEAM สำหรับนักเรียน GK-12 ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยใช้เกม เป็นการเร้าอารมณ์และเพิ่มคุณค่าสำหรับการเรียนรู้ ในการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับนักเรียนมัธยมศึกษาจะใช้ STEAM เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ซึ่งเกมจะพัฒนามาจากผู้เชี่ยวชาญ โดยรูปแบบของเกมต้องเป็นที่น่าสนใจและมีการระบุระดับความยากง่าย ลักษณะในการออกแบบเกมจะมีการบูรณาการเนื้อหาโดยใช้เนื้อหาวิทยาศาสตร์เป็นมาตรฐานหลัก ทำให้การสอนโดยใช้เกมในรูปแบบ STEAM นั้นประสบผลสำเร็จในการสอนเรื่องการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศวัฏจักรน้ำทำทาสภาพอากาศ และพันธุกรรมแมลงวัน ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน

Corbett (2013) ได้นำเสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ STEM EDA (STEM Explore, Discover, Apply) ในกระบวนการออกแบบวิศวกรรมสำหรับนักเรียนที่เรียน STEM ใน Middle School โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยคือ นักเรียนในระดับ grade 6 (Explore), grade 7 (Discover), grade 8 (Apply) ซึ่งใช้เวลาในการเรียนแต่ละเรื่อง 3 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าการใช้ Engineering Design Process โดยใช้ STEM EDA ทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

Hamner and Cross (2013) ได้ศึกษาเทคนิคการเผยแพร่โปรแกรมหุ่นยนต์รูปแบบ STEAM ผ่านห้องเรียน K-12 ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่า ศิลปะศาสตร์และหุ่นยนต์เป็นการบูรณาการหลายวิชาเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และนำไปสู่การสร้างหลักสูตรใหม่ให้ประสบผลสำเร็จ

โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสอนนักเรียนภายในห้องเรียน สำหรับศิลปะศาสตร์และหุ่นยนต์ เป็นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติและแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา โดยจะฝึกให้นักเรียนวางแผนปฏิบัติซ้ำ ๆ ทำให้เกิดผลการทดสอบและปรับปรุงเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังฝึกให้เข้าใจสภาพปัญหา นำไปสู่การแก้ไขปัญหาเพื่อเป็นการฝึกความอดทนเพราะจะต้องเจอกับความล้มเหลว ความทุกข์ยาก ซึ่งความอดทนจะเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จในชีวิตมากกว่าความฉลาดทางสติปัญญา การส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือและเทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์นั้น ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสิ่งประดิษฐ์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการนำแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เน้นให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหา หาแนวทางในการแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นจากการลงมือกระทำ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

The logo of Burapha University is a large, circular emblem in the background. It features a central flame-like symbol within a wheel-like structure, surrounded by the university's name in Thai and English. The text 'มหาวิทยาลัยบูรพา' is written in Thai script along the top arc, and 'BURAPHA UNIVERSITY' is written in English along the bottom arc. The logo is rendered in a light yellow/gold color.

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง ห้องเรียนละ 40 คน รวม 80 คน ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดผู้เรียนแต่ละห้องแบบคละความสามารถ

### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

## รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiment research) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ โดยในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design (สาริญา และสุม, 2560) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

### ตารางที่ 5 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
O <sub>1</sub>	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
O <sub>2</sub>	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
X <sub>1</sub>	แทน	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การ เรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนัก	เวลา (คาบ)
------------------------------------	---------------	---------------------------	-----------------	---------	---------------

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยเครื่องมือแต่ละส่วนมีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ววิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ ได้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

<p>หน่วยที่ 1</p> <p>หลักฐานทางวิวัฒนาการ</p>	<p>สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>	<p>1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายวิเคราะห์ และสรุปหลักฐานต่าง ๆ สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>	<p>1. หลักฐานที่ทำให้เชื่อว่า สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่น ซากดึกดำบรรพ์กายวิภาค เปรียบเทียบวิทยา เอ็มบริโอ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทาง ภูมิศาสตร์การศึกษาทาง ชีวภูมิศาสตร์และด้าน ชีววิทยาระดับโมเลกุล</p> <p>2. มนุษย์มีการสืบสายวิวัฒนาการมาเป็นเวลานานโดยมีหลักฐานที่สนับสนุนจากซากดึกดำบรรพ์ของบรรพบุรุษ มนุษย์ที่ค้นพบและจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่น ๆ</p>	<p>25</p> <p>3</p>
<p>หน่วยที่ 2</p> <p>ทฤษฎีทางวิวัฒนาการ</p>	<p>อธิบาย และเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของ ลามาร์ก และทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>	<p>1. สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอด ลักษณะใหม่ของ ลาร์ มาร์ก</p> <p>2. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน และ ยกตัวอย่าง</p>	<p>1. มอง ลามาร์ก ได้เสนอแนวคิดเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้เข้ากับสภาพแวดล้อมโดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่</p> <p>2. ชาลส์ดาร์วิน เสนอ ทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ</p>	<p>25</p> <p>3</p>

		<p>วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตซึ่งผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ</p> <p>3. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน</p>	<p>โดยสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะให้กำเนิดลูกที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวนมาก แต่มีเพียงจำนวนหนึ่งที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สามารถมีชีวิตรอด และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมไปยังรุ่นต่อไปได้</p>		
หน่วยที่ 3 พันธุศาสตร์ ประชากร	<p>ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้</p>	<p>1. อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขของสมดุลฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก</p> <p>2. คำนวณความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดีไวน์เบิร์ก</p> <p>3. สืบค้นข้อมูลอธิบายและสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง</p>	<p>1. เมื่อประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยประชากรมีขนาดใหญ่ ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างประชากร ไม่เกิดมิวเทชัน สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากันและไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติจะทำความถี่ของแอลลีลของลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะผ่านไปกี่รุ่นก็ตาม เป็นผลให้ลักษณะนั้นไม่เกิดวิวัฒนาการ</p> <p>2. การเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนหรือแอลลีล</p>	25	3
หน่วยที่ 4 การเกิด สปีชีส์ใหม่	<p>สืบค้นข้อมูลอธิบาย</p>	<p>1. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิด</p>	<p>1. สปีชีส์ใหม่จะเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีนระหว่าง</p>	25	3

กระบวนการ เกิดสปีชีส์ใหม่ ของสิ่งมีชีวิต	กับความหมาย ของสปีชีส์ด้าน ต่าง ๆ 2. อธิบายและ ยกตัวอย่างการ แยกเหตूसปีพันธุ์ 3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและ อธิบายกำเนิดสปี ชีส์	ประชากรหนึ่งกับอีก ประชากรหนึ่ง ในรุ่น บรรพบุรุษ ทำให้ ประชากรทั้งสอง มีโครงสร้างทางพันธุกรรม ที่แตกต่างกันและ วิวัฒนาการเกิดเป็น สปีชีส์ใหม่ 2. ปัจจัยที่ทำให้เกิดสปีชีส์ ใหม่อาจเกิดได้ 2 แนวทาง คือ การเกิดสปีชีส์ใหม่จาก การแบ่งแยกทาง ภูมิศาสตร์และ การเกิดสปีชีส์ใหม่ในเขต ภูมิศาสตร์เดียวกัน		
รวม			100	12

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์หัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความรู้และทักษะที่ใช้  
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการ จัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ความรู้และทักษะที่ใช้ในการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
--------------------------	---------------------------	--

<b>หน่วยที่ 1</b> <b>หลักฐานทาง</b> <b>วิวัฒนาการ</b>	1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายวิเคราะห์ และสรุปหลักฐาน ต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ อธิบายการเกิด วิวัฒนาการของ สิ่งมีชีวิต	<b>วิทยาศาสตร์ (S)</b> 1. หลักฐานเกี่ยวกับการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 2. การเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการกับสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน <b>เทคโนโลยี (T)</b> 1. การสืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ <b>วิศวกรรมศาสตร์ (E)</b> 1. การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ <b>ศิลปะ (A)</b>
		1. การวางแผนวิธีการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ
		<b>คณิตศาสตร์ (M)</b> 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทางวิวัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
<b>หน่วยที่ 2</b> <b>ทฤษฎีทาง</b> <b>วิวัฒนาการ</b>	1. สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับกฎการใช้ และไม่ใช่ และกฎ การถ่ายทอดลักษณะ ใหม่ของลาร์ มาร์ก 2. สืบค้นข้อมูลและ อภิปรายเกี่ยวกับ ทฤษฎีการคัดเลือก โดยธรรมชาติของ ดาร์วิน และ ยกตัวอย่าง วิวัฒนาการของ สิ่งมีชีวิตซึ่งผ่านการ	<b>วิทยาศาสตร์ (S)</b> 1. อธิบายเกี่ยวกับกฎการใช้และไม่ใช่ และกฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่ของลาร์ มาร์ก 2. ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน 3. เปรียบเทียบแนวคิดทางวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน <b>เทคโนโลยี (T)</b> 1. การสืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทางวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน 2. การเลือกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องการแนวคิดทางวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน มาใช้ในการระบุปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามสถานการณ์ที่

คัดเลือกโดย	กำหนด
ธรรมชาติ	<b>วิศวกรรมศาสตร์ (E)</b>
3. อภิปรายและ	1. การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่าง
เปรียบเทียบแนวคิด	สร้างสรรค์
เกี่ยวกับวิวัฒนาการ	2. การเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการแก้ไข
ของลามาร์กและ	ปัญหาสถานการณ์
ดาร์วิน	<b>ศิลปะ (A)</b>
	1. การวางแผนวิธีการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาทาง
	วิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับแนวคิดทาง
	วิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน
	2. การใช้ศิลปะในการพูดนำเสนอและการออกแบบวิธีการ
	นำเสนอที่หลากหลาย
	<b>คณิตศาสตร์ (M)</b>
	1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทางวิวัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับ
	แนวคิดทางวิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน
	2. การตรวจสอบวิธีการแก้ไขปัญหา
<b>หน่วยที่ 3</b>	<b>วิทยาศาสตร์ (S)</b>
<b>พันธุศาสตร์</b>	1. อธิบายหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไข
<b>ประชากร</b>	ของสมดุล ฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก
	2. การลงข้อสรุปเกี่ยวกับการเกิดสมดุลของฮาร์ดี – ไวน์
	เบิร์ก และการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล
	ในประชากรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไป
	<b>เทคโนโลยี (T)</b>
	1. การสืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับหลักการ
	ของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก
	2. การเลือกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักของฮาร์ดี – ไวน์
	เบิร์ก มาใช้ในการระบุปัญหาและหาแนวทางในการ
	แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามสถานการณ์ที่กำหนด
	วิศวกรรมศาสตร์ (E)
	1. การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
	2. การเลือกข้อมูลที่เหมาะสมและคำนวณความถี่ของแอล

<p>ของแอลลีลและ ความถี่ของจีโนไทป์ ในประชากรที่ส่งผล ต่อสิ่งมีชีวิต</p>	<p>ลีลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก</p> <p><b>ศิลปะ (A)</b></p>	
	<p>1. การวางแผนวิธีการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับหลักของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก โดยการออกแบบสถานการณ์จำลองในการทำให้เกิดและไม่เกิดสมดุคตามหลักของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก</p>	
	<p><b>คณิตศาสตร์ (M)</b></p> <p>1. การคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก</p>	
<p><b>หน่วยที่ 4</b> <b>การเกิด</b> <b>สปีชีส์ใหม่</b></p>	<p>1. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิดกับความหมายของสปีชีส์ด้านต่าง ๆ</p> <p>2. อธิบายและยกตัวอย่างการแยกเหตุผลสืบพันธุ์</p> <p>3. สืบค้นข้อมูลอภิปรายและอธิบายกำเนิดสปีชีส์</p>	<p><b>วิทยาศาสตร์ (S)</b></p> <p>1. อธิบายการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต</p> <p><b>เทคโนโลยี (T)</b></p> <p>1. การสืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดสปีชีส์ใหม่ การระบุความแตกต่างของการเกิดสปีชีส์</p> <p><b>วิศวกรรมศาสตร์ (E)</b></p> <p>1.การรวบรวมข้อมูลการเกิดสปีชีส์ใหม่</p> <p><b>ศิลปะ (A)</b></p> <p>1. การออกแบบเครื่องมือตรวจสอบการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2.การนำเสนอแนวทางวิธีการออกแบบเครื่องมือตรวจสอบ</p> <p><b>คณิตศาสตร์ (M)</b></p> <p>1. การคำนวณความยาวและขนาดของอุปกรณที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องมือตรวจสอบการเกิดสปีชีส์ใหม่</p>

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

- 1.3.1 สารสำคัญ
- 1.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 1.3.3 ผลการเรียนรู้

1.3.4 สารการเรียนรู้เนื้อหา

1.3.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้

1.3.6 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1.3.7 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขส่วนบกพร่องตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดในการประเมินดังนี้ การประเมินความเหมาะสม ใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนนเป็นการจัดอันดับคุณภาพ โดยแต่ละระดับมีความหมายดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (ชัยยศ เรื่องสุวรรณ, 2533) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.6 ถ้าคะแนนค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป ประยุกต์มาจากตามวิธีของพวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 และนำมาหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.0 จึงจะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้มีความเหมาะสม หากผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ จะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมระหว่าง 3.80 – 5.00 และมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.56 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมมากที่สุดและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ปีการศึกษา 2563 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและยังไม่ได้เรียนเรื่องวิวัฒนาการ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองและให้คำปรึกษาระหว่างการทดลองใช้เครื่องมืออย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้องเหมาะสมและบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปใช้จริง

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขแล้วมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

#### 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ศึกษาผลจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง วิวัฒนาการ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่งแบ่งการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)				
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	รวม

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และสรุป หลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบาย การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	2 (1)	2 (1)	2 (1)	-	6 (3)
2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และไม่ใช้ และ กฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่ของลาร์ มาร์ก	2(1)	2 (1)	2 (1)	-	6 (3)
3. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีการ คัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน และ ยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตซึ่งผ่านการ คัดเลือกโดยธรรมชาติ	2 (1)	2 (1)	-	2 (1)	6 (3)
4. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน	2 (1)	2 (1)	-	-	4 (2)
5. อธิบายหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก และ ระบุเงื่อนไขของสมดุล ฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก	2 (1)	2 (1)	2 (1)	2(1)	8 (4)
6. สามารถคำนวณความถี่ของแอลลีลและ ความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของ ฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก	-	2 (1)	2 (1)	-	4 (2)
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปปัจจัยที่ทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและ ความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่ส่งผลต่อ สิ่งมีชีวิต	2 (1)	2(1)	2 (1)	2 (1)	8 (4)
8. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิด และ ความหมายของสปีชีส์ด้านต่าง ๆ	2 (1)	2(1)	-	2 (1)	6 (3)
9. อธิบายและยกตัวอย่างกลไกการแยกการ สืบพันธุ์	2(1)	2 (1)	-	2 (1)	6 (3)
10. สามารถอธิบายและยกตัวอย่างการเกิด วิวัฒนาการของมนุษย์ได้	2 (1)	-	2 (1)	2 (1)	6 (3)
รวม	18(9)	18(9)	12(6)	12(6)	60(30)

1.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่อง วิวัฒนาการ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ จำนวนที่ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ให้มีความครอบคลุมเนื้อหา และผลการเรียนรู้ให้มีสัดส่วนจำนวนข้อตรงตามตารางวิเคราะห์ ตารางที่ 9

1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับ จุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสม ของภาษาที่ใช้ หลังจากได้รับข้อเสนอแนะทำการปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อ ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

1.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและพิจารณาเลือก แบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็น แบบทดสอบที่มีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540) หากผ่านการประเมินจาก ผู้เชี่ยวชาญแล้วพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.80 -1.00

1.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและนำไปทดสอบเพื่อหาคุณภาพของ เครื่องมือกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสุมทร ศรีราชา ที่ผ่านการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ มาแล้วและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 45 คน

1.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรวจสอบให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์การให้ คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน และให้ 0 คะแนนข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกิน 1 คำตอบ ในข้อเดียวกัน จากนั้นวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ราย ข้อตามสูตร Brennan (1972) โดยมีค่าจำความยากตั้งแต่ .20-.80 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยตั้งแต่ .20 ขึ้นไป พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยาก 0.47 – 0.77 และค่าอำนาจ จำแนก 0.20 – 0.80

1.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อที่มีค่าความยาก ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด

1.10 นำแบบทดสอบทั้งฉบับที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ , 2555) หลังจากการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.978

1.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างตามแผนการวิจัยข้างต้น

## 2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องวิวัฒนาการ ศึกษากระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ Osborn (1988) เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งการวัดออกเป็น 5 ชั้น คือ ชั้นการค้นพบความจริง ชั้นการค้นพบปัญหา ชั้นการค้นพบความคิด ชั้นการค้นพบคำตอบและชั้นการค้นพบการยอมรับ โดยชั้นต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อถ่ายทอดตรวจให้คะแนน ดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** การกำหนดจำนวนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	รวม

	ขั้นต้นพบความจริง	ขั้นต้นพบปัญหา	ขั้นการค้นพบความคิด	ขั้นการค้นพบคำตอบ	ขั้นการค้นพบการยอมรับ	
1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และสรุป หลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และไม่ใช้ และ กฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่ของลาร์ มาร์ก	2(1)	-	-	-	-	2(1)
3. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีการ คัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน และ ยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตซึ่งผ่านการ คัดเลือกโดยธรรมชาติ	-	2(1)	-	-	-	2(1)
4. อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของลามาร์กและดาร์วิน	-	-	2(1)	-	-	2(1)
5. อธิบายหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก และ ระบุเงื่อนไขของสมดุล ฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก 6. สามารถคำนวณความถี่ของแอลลีลและ ความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลัก ของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก 7. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปปัจจัยที่ทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและ ความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่ส่งผลต่อ สิ่งมีชีวิต	-	-	-	2(1)	-	2(1)
8. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิด และ	-	-	-	2(1)	-	2(1)

ความหมายของสปีชีส์ด้านต่าง ๆ						
9. อธิบายและยกตัวอย่างกลไกการแยกการสืบพันธุ์	-	-	-	-	2(1)	2(1)
10. สามารถอธิบายและยกตัวอย่างการเกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ได้						
รวม	2(1)	2(1)	2(1)	4(2)	2(1)	12(6)

2.3 สร้างตารางแสดงกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 10 เพื่อใช้เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

**ตารางที่ 10** ตารางแสดงกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อย่างสร้างสรรค์	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
ขั้นการค้นพบความจริง	1. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่ หลากหลาย หมายถึง การรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้อย่างหลากหลาย วัตจากความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม
ขั้นการค้นพบปัญหา	1. การตัดสินใจเลือกปัญหาและวิธีการ แก้ปัญหา หมายถึง การระบุปัญหาที่เกิดจาก สถานการณ์จริงที่เจอ โดยต้องสามารถเข้าใจ สถานการณ์และระบุสาเหตุของปัญหาได้
ขั้นการค้นพบความคิด	1. มีเหตุผลในการเลือกปัญหา หมายถึง การระดมพลังสมองเพื่อค้นหาวิธีการ
ขั้นการค้นพบคำตอบ	1. มีขั้นตอนปฏิบัติในการแก้ปัญหา 2. สามารถแก้ปัญหาในเวลาที่กำหนด หมายถึง ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ เหมาะสมที่สุดและนำมาแก้ปัญหา

ขั้นการค้นพบการยอมรับ	1. วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกมีประโยชน์ หมายถึง การยอมรับคำตอบจากการแก้ไข ปัญหาและสามารถนำความรู้ที่ได้จาก การแก้ไขปัญหาไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ
-----------------------	---

2.4 สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ แสดงออกถึงการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างแบบทดสอบแบบอัตร้อย จำนวน 1 ข้อใหญ่ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนย่อยดังกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ได้แก่ ขั้นการค้นพบความจริง ขั้นการค้นพบปัญหา ขั้นการค้นพบความคิด ขั้นการค้นพบคำตอบและขั้นการค้นพบการยอมรับ โดยในแต่ละข้อมีข้อคำถามที่สอดคล้องกับ กระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ขั้นตอนตามรูปแบบ การแก้ปัญหาของ Osborn (1988) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนการตรวจคำตอบ แบบ Rubic score ซึ่งผู้วิจัยมีการสร้างเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อง่ายต่อการให้คะแนนโดยอยู่บนพื้นฐานงานวิจัยของ สรรงสุตา ปารสกุล (2545) ทักษิณพัฒน์ ศรีชวชาญ (2546) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

#### เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์

3.50 – 4.00 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

2.51 – 3.50 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

1.51 – 2.50 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

0.51 – 1.50 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง

0.00 – 0.50 คะแนน หมายถึง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับน้อยหรือไม่มีเลย

### เกณฑ์การตัดสินผลคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1 คะแนน หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

2 คะแนน หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

3 คะแนน หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

4 คะแนน หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากสำหรับการให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกถึงวิธีการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและได้ทำการประยุกต์มาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยได้ทำการสังเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 11

**ตารางที่ 11** การวิเคราะห์การให้คะแนนพฤติกรรมในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

<p>พฤติกรรมในการ คิดแก้ปัญหาทาง อย่างสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์</p>	<p>เกณฑ์การกำหนดคะแนนตามพฤติกรรมในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์</p>
<p>1. นำเสนอ วิธีการแก้ปัญหา แปลกใหม่ หลากหลาย</p>	<p>4 คะแนน หมายถึง สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่และหลากหลาย 5 คำตอบขึ้นไป 3 คะแนน หมายถึง สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่และหลากหลาย 4 คำตอบขึ้นไป 2 คะแนน หมายถึง สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่และหลากหลาย 3 คำตอบขึ้นไป 1 คะแนน หมายถึง สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่และหลากหลาย 2 คำตอบขึ้นไป 0 คะแนน หมายถึง สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแปลกใหม่และหลากหลาย 1 คำตอบขึ้นไป</p>
<p>2. ตัดสินใจเลือก ปัญหาและ วิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>4 คะแนน หมายถึง สามารถตัดสินใจเลือกปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้องชัดเจน 3 คะแนน หมายถึง สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่ สอดคล้องกับสภาพของปัญหา แต่มีการระบุปัญหาชัดเจน 2 คะแนน หมายถึง ความสามารถในการเลือกปัญหาได้ แต่ไม่สามารถลำดับ วิธีการแก้ไขปัญหาได้ 1 คะแนน หมายถึง สามารถเลือกประเด็นปัญหาได้แต่ระบุวิธีการแก้ปัญหาไม่ตรง กับประเด็นปัญหา 0 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาได้</p>
<p>3. วิธีการ แก้ปัญหาที่เลือก มีประโยชน์</p>	<p>4 คะแนน หมายถึง มีวิธีการแก้ปัญหาที่มีข้อดีมากกว่าข้อเสีย 3 ข้อขึ้นไป 3 คะแนน หมายถึง มีข้อดีของวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 2 ข้อ 2 คะแนน หมายถึง มีข้อดีของวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 1 ข้อ 1 คะแนน หมายถึง มีข้อดีและข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหาเท่ากัน 0 คะแนน หมายถึง มีข้อเสียมากกว่าข้อดีในการแก้ปัญหา</p>
<p>4. มีเหตุผลใน การเลือกปัญหา</p>	<p>4 คะแนน หมายถึง แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาได้อย่างชัดเจน สมเหตุสมผล และเพียงพอสำหรับการเลือกปัญหา</p>

	<p>3 คะแนน หมายถึง แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาได้อย่างชัดเจน สมเหตุสมผล และเพียงพอสำหรับการเลือกปัญหาบางประเด็น</p> <p>2 คะแนน หมายถึง แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาได้อย่างชัดเจน สมเหตุสมผล และไม่เพียงพอสำหรับการเลือกปัญหา</p> <p>1 คะแนน หมายถึง แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาได้แต่สมเหตุสมผล</p> <p>0 คะแนน หมายถึง ไม่แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาได้</p>
5. มีขั้นตอนปฏิบัติในการแก้ปัญหา	<p>4 คะแนน หมายถึง แสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหา ระบุผลที่เกิดขึ้น และสามารถแก้ปัญหาที่ระบุไว้และมีแนวโน้มปฏิบัติได้จริง</p> <p>3 คะแนน หมายถึง แสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหา ระบุผลที่เกิดขึ้น และสามารถแก้ปัญหาที่ระบุไว้และมีแนวโน้มปฏิบัติได้จริงบางส่วน</p> <p>2 คะแนน หมายถึง แสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหา ระบุผลที่เกิดขึ้น และสามารถแก้ปัญหาที่ระบุไว้และมีแนวโน้มปฏิบัติไม่สำเร็จได้จริง</p> <p>1 คะแนน หมายถึง แสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถระบุผลที่เกิดขึ้น</p> <p>0 คะแนน หมายถึง ไม่แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาและไม่สามารถระบุผลที่เกิดขึ้น</p>
6. สามารถแก้ปัญหาในเวลาที่กำหนด	<p>4 คะแนน หมายถึง แสดงการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา 4 ประเด็น</p> <p>3 คะแนน หมายถึง แสดงการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา 3 ประเด็น</p> <p>2 คะแนน หมายถึง แสดงการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา 2 ประเด็น</p> <p>1 คะแนน หมายถึง แสดงการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา 1 ประเด็น</p> <p>0 คะแนน หมายถึง ไม่แสดงการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา</p>

2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อขอข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้ภาษาและประโยคที่ใช้ รวมถึงการตรวจสอบค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นทำการคัดเลือกแบบทดสอบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนี ความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัย

สร้างขึ้นมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.80 – 1.00

2.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชาที่เคยเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการมาก่อน เพื่อหาค่าความยาก ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) เป็นรายชื่อ โดยมีค่าจำความยากตั้งแต่ .20 – .80 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยตั้งแต่ .20 ขึ้นไป แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งฉบับด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbach) โดยมีค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยตั้งแต่ .65 ขึ้นไป (Ebel and Frisbie, 1991) โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนก 0.21 – 0.64 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.871

2.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

### วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำวัตถุประสงค์การทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขแล้ว
3. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาสอน 12 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
4. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามแผนการวิจัยที่กำหนดแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)

2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการทดสอบค่าทีแบบ (t-test for one sample)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการวิเคราะห์ค่าทีแบบ (t-test for dependent sample)

4. วิเคราะห์การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการวิเคราะห์ค่าทีแบบ (t-test for one sample)

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สถิติที่ใช้

##### 1.1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

##### 1.1.1 หาค่าเฉลี่ย(mean) โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $\sum x^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง  
 $(\sum x)^2$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง  
 n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1.2.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้ความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2.2 หาค่าความยากง่ายเป็นรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย โดยแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มต่ำร้อยละ 25 โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร

$$P = \frac{N_R}{N_T}$$

เมื่อ P แทน ความยากของข้อสอบแต่ละข้อ  
 NR แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก  
 NT แทน จำนวนคนที่เข้าสอบทั้งหมด

1.2.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้ดัชนีบี (B- index) ตามวิธีของเบรนแนน (Brennan) (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539)

สูตร

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	U	แทน	จำนวนผู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก กลุ่มที่ผ่านเกณฑ์
	L	แทน	จำนวนผู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก กลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์
	N <sub>1</sub>	แทน	จำนวนผู้ที่สอบผ่านเกณฑ์
	N <sub>2</sub>	แทน	จำนวนผู้ที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

การแปลค่าดัชนีบี (B-index)

ค่าดัชนี B	การแปลความหมาย
1.00	บ่งชี้ ผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องทุกคน
0.50-0.99	บ่งชี้ ผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
0.20-0.49	บ่งชี้ ผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้เป็นบางส่วน
0.00-0.19	บ่งชี้ ผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องน้อยมากหรือไม่ถูกเลย
ต่ำกว่า 0.00 หรือเป็นค่าติดลบ	บ่งชี้ ผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ผิดพลาดหรือตรงกันข้ามกับความเป็นจริง

หมายเหตุ: ข้อสอบที่เหมาะสมจะนำไปใช้ควรมีค่าดัชนี บี ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

1.2.4 หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ , 2555)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x - \sum x^2}{(k-1) \sum (x-c)^2}$$

เมื่อ  $r_{cc}$  แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

- K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
- C แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
- x แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

1.2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ของครอนบัก (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

$$\text{สูตร } \alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2}\right)$$

โดยที่

$\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์แอลฟา

K คือ จำนวนข้อคำถาม

$\sum S_i^2$  คือ ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

$S^2$  คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม

การประเมินความเที่ยงสัมประสิทธิ์แอลฟาได้มีการพิจารณาจากเกณฑ์การประเมินความเที่ยงสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัก ดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ ) การแปลความหมายระดับความเที่ยง

มากกว่า .9	ดีมาก
มากกว่า .8	ดี
มากกว่า .7	พอใช้
มากกว่า .6	ค่อนข้างพอใช้
มากกว่า .5	ต่ำ

น้อยกว่า หรือ เท่ากับ .5 ไม่สามารถรับได้

ในการหาความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's alpha coefficient) ที่ค่าระดับความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.96 ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในระดับดีมากหมายถึงแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริงได้

### 1.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

1.3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติค่าทีแบบ t-test dependent sample โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร

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

โดย df = n - 1

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t  
 D แทน ผลต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน - หลังเรียน  
 $\sum D$  แทน ผลรวมผลต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน-หลังเรียน  
 $\sum D^2$  แทน ผลรวมผลต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ยกกำลังสอง  
 n แทน จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

1.3.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้สถิติ t-test for one sample โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) สูตร

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

โดย df = n - 1

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง  
 $\mu$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร  
 S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

## บทที่ 4

### วิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนและหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 สำหรับผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลขอเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
- $\bar{X}$  แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย
- S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
- p แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
- \* แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- df แทน ชั้นแห่งความอิสระ

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

**ตอนที่ 4** การเปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 13 - 14

ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	SD	df	t	p
คะแนนก่อนเรียน	45	8.45	1.24	44		
คะแนนหลังเรียน	45	17.76	2.08	44	22.806*	.000

\* $p < .05$

จากตารางที่ 13 ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 8.44 และหลังเรียนเท่ากับ 17.66 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตารางที่ 8 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกรายด้าน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		D	ค่าความต่างร้อยละ	ลำดับ
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
ด้านความรู้ความจำ (7.47)	2.13	0.78	6.87	1.21	4.74	63.45	1
ด้านความเข้าใจ (7.47)	3.47	1.04	7.01	0.98	3.54	47.39	2
ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (4.98)	1.55	0.39	3.65	0.74	2.1	42.16	4
ด้านการนำกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ (4.98)	1.29	0.65	3.4	1.13	2.11	42.36	3
รวม	8.44	2.86	20.39	4.06	12.49	195.36	-

**หมายเหตุ** ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงคะแนนเต็มในแต่ละด้านของการวัด

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยจำแนกรายด้านตามแนวคิดของ Klopfer (1971) พบว่าด้านความรู้ความจำมีค่าเฉลี่ยความต่างร้อยละมากที่สุดเท่ากับ 63.45 รองลงมาคือด้านความเข้าใจ ด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 47.39, 42.36 และ 42.16 ตามลำดับ

### ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าที แบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

**ตารางที่ 9** การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (17.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน)

การทดสอบ	n	เกณฑ์	$\bar{x}$	SD	df	t	p
คะแนนหลังเรียน	45	17.5	17.66	1.60	44	13.89	.000

\* $p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่าจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.13 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับนัยสำคัญ .05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

**ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน**

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 3 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าที แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 16 - 17

**ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลัง**

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	SD	df	t	p
คะแนนก่อนเรียน	45	8.10	2.08	44		
					33.81	.000
คะแนนหลังเรียน	45	21.80	1.39	44		

\* $p < .05$

จากตารางที่ 16 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง จากผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนค่าเฉลี่ยการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 8.10 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 21.80 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

**ตารางที่ 11** ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง จำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการคิด แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		D	ค่าความ ต่างร้อยละ	ลำดับ
			$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
			ขั้นการค้นพบ ความจริง	45	4	1.40			
ขั้นการค้นพบ ปัญหา	45	4	1.53	0.84	3.51	0.54	1.98 <sup>5</sup>	49.50 <sup>5</sup>	5
ขั้นการค้นพบ ความคิด	45	4	1.37	0.77	3.71	0.45	2.34 <sup>2</sup>	58.50 <sup>2</sup>	2
ขั้นการค้นพบ คำตอบ	45	8	2.42	1.09	7.28	0.75	4.86 <sup>1</sup>	60.75 <sup>1</sup>	1
ขั้นการค้นพบการ ยอมรับ	45	4	1.42	0.83	3.57	0.54	2.15 <sup>4</sup>	53.75 <sup>4</sup>	4

**หมายเหตุ:** ตัวเลขที่ยกกำลังแสดงถึงลำดับคะแนนจากสูงไปต่ำ

\* $p < .05$

จากตารางที่ 17 คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ด้านตามกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์พบว่ามีคะแนนพัฒนาการและค่าความต่างร้อยละตามตัวเลขที่ยกกำลังในแนวตั้ง โดยด้านที่มีคะแนนพัฒนาการและค่าความต่างร้อยละสูงที่สุดคือขั้นการค้นพบคำตอบ รองลงมาคือ ขั้นการค้นพบความคิด ขั้นการค้นพบความจริง ขั้นการค้นพบการยอมรับและขั้นการค้นพบปัญหา

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 4 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ( 16.8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน )

การทดสอบ	n	เกณฑ์	$\bar{x}$	SD	df	t	p
คะแนนหลังเรียน	45	16.8	21.21	1.39	44	24.10	.000

\* $p < .05$

จากตาราง 12 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ( 16.8 คะแนน) พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้มีคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 21.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education) ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiment research) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ และการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design (สาริญา และสุม, 2560)

สำหรับประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

**ประชากร** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสุมทรรศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง ห้องเรียนละ 45 คน รวม 90 คน ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดผู้เรียนแต่ละห้องแบบคละความสามารถ

**กลุ่มตัวอย่าง** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสุมทรรศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 45 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ โดยมีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.56

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความเหมาะสมเท่า 0.80 – 1.00 ค่าความยาก 0.47 – 0.67 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.20 – 0.80 และค่าความเชื่อมั่น 0.978

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ จำนวน 6 ข้อ โดยมีค่าความเหมาะสมเท่า 0.80 – 1.00 ค่าความยาก 0.27 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.21 – 0.64 และค่าความเชื่อมั่น 0.871

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

### อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 โดยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

**ประการที่ 1** แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อใช้ในการนำทางและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนจดจำความรู้ได้ดีผ่านประสบการณ์จริงที่ได้ลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้ทำความเข้าใจ ศึกษาค้นคว้าข้อมูล คิดวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือข้อสรุปปร่วมกันกับสมาชิกภายในกลุ่ม ได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองโดยมีครูคอยชี้แนะและเป็นผู้อำนวยความสะดวกในส่วนของการเรียนการสอนที่หลากหลาย เช่น สื่อเทคโนโลยีสำหรับสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต วัสดุอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงเนื้อหาได้รวดเร็วมากขึ้น รวมถึงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นยังมีรูปแบบและเทคนิคการสอนที่มีความหลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาและวัยของนักเรียน ซึ่งเป็นการกระตุ้น

ให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เรียนมากขึ้น จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มหลังเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Riley (2014) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดทางการศึกษา (Educational approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์เพื่อนำทางผู้เรียนไปสู่การสืบสอบ การอภิปรายและการคิดวิเคราะห์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yakman (2010) ที่พบว่า สะเต็มศึกษาเป็นกรอบแนวคิดใหม่พัฒนาเพื่อสนับสนุนการศึกษาทฤษฎีใหม่ โดยมีรากฐานมาจาก STEM ทำให้นักเรียนมีความรู้กว้างในวิชาหลักและการนำศิลปะเข้าไปช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ด้วยการคิดขั้นสูงระหว่างสาขาวิชา ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นอีกทั้งยังได้แสดงความคิดที่หลากหลายและสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับ Kim, Park (2012) กล่าวว่า การเพิ่มศิลปศาสตร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปศาสตร์ (เน้นการคิดเชิงสร้างสรรค์) และวิทยาศาสตร์ (เน้นการคิดเชิงวิชาการ) ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น และนอกจากนี้ผลการวิจัยข้างต้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิทยาอัสไวณี ตาเย๊ะ และคณะ (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนฝึกการคิดการทำงานร่วมกันเป็นทีม และให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้และประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในการดำรงชีวิตจริง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จาริพร ผลมูล และคณะ (2558) ซึ่งนำความรู้วิทยาศาสตร์ในแหล่งการเรียนรู้ธรรมชาติและเทคโนโลยีพื้นฐานในท้องถิ่นเป็นแกนหลักมาบูรณาการร่วมกับวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้แบบองค์รวม ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ประการที่ 2** การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาของ Riley (2016) ที่กล่าวว่าแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ กระบวนการแก้ไขสถานการณ์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริง ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นและส่งเสริมการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ (Creative process) โดยมี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ชั้นระบุสถานการณ์ (Focus) หมายถึง ครูมีกิจกรรมเพื่อให้ให้นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ
2. ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) หมายถึง ครูและนักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการแล้วนำมาวิเคราะห์หารายละเอียดหรือหาคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหา

นั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานและทักษะกระบวนการเดิมของนักเรียนที่นำมาใช้แก้ปัญหา

3.ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) หมายถึง ให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหา

4.ขั้นประยุกต์ (Application) หมายถึง นักเรียนวิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้ว นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน

5.ขั้นนำเสนอ (Presentation) หมายถึง นักเรียนเผยแพร่ผลงานหรือแลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับทราบ

6.ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) หมายถึง นักเรียนนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาหรือผลงานของตัวเอง

ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวคิดดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ฝึกการหาสาเหตุของปัญหา หาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่พบ สืบค้นข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหา หาคำตอบของของปัญหา ฝึกหาแนวทางการแก้ปัญหา วิเคราะห์การแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความรู้และค้นพบแนวทางการแก้ปัญหาที่แท้จริง และจากที่กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับทฤษฎี Constructionism ที่เชื่อว่าเด็กสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยเด็กจะเป็นเสมือนนักทดลอง ที่สร้างและทดสอบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ และเมื่อเด็กได้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก็จะสามารถเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างลึกซึ้งและสามารถจัดระบบโครงสร้างการเรียนรู้ของตนเองได้เป็นอย่างดี และเมื่อเด็กเกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองแล้ว จะส่งผลให้เด็กมีผลการเรียนรู้ที่ดีกว่าเดิม (Mindstorms,1993)

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อใช้ในการนำทางและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านต่างๆ อีกทั้งยังเน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยจำแนกออกตามแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ของ Klopfer (1971) ดังตารางที่ 3 โดยมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ 2.13

ด้านความเข้าใจ 3.47 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1.55 และด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 1.29 และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยด้านความรู้ความจำ 6.87 ด้านความเข้าใจ 7.10 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3.65 และด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 3.40 ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนทุกด้าน โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ

**1. ด้านความเข้าใจ** มีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 ซึ่งเป็นคะแนนที่มากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนเรียนด้วยความกระตือรือร้นทำให้นักเรียนมีแรงบันดาลใจ อยากรู้ อยากค้นหาคำตอบทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น

**2. ด้านความรู้ความจำ** มีค่าคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 6.87 โดยสาเหตุที่ด้านความรู้ความจำมีคะแนนสูงอาจเป็นผลจากขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ขั้นการศึกษา ค้นคว้า ซึ่งเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ หาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตอบปัญหา ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งตรงกับทฤษฎี constructionism ของ Seymour papert หรือเรียกว่าการเรียนรู้แบบคิดเองสร้างเอง โดยให้ความหมายว่าการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้และสามารถจำได้อย่างยั่งยืน เพราะผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าและทำความเข้าใจและสร้างเป็นโครงสร้างองค์ความรู้ (Papert, 1999)

**3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** มีค่าคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 3.65 โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสังเกตเพื่อระบุปัญหา คือการระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาและกำหนดขอบเขตของปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน คือการคิดคำตอบที่คาดหวังว่าควรจะเป็นหรือการคาดเดาคำตอบ
3. ขั้นการรวบรวมข้อมูล คือการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าถูกหรือผิด โดยมีหลักฐานยืนยันอาจทำได้โดยการสังเกตหรือการทดลอง
4. ขั้นสรุปผล คือการสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานตามหลักเหตุและผลเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

นอกจากนี้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตามแนวทางของ Riley (2016) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) หมายถึง ครูมีการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ

2. **ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)** หมายถึง ครูและนักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการแล้วนำมาวิเคราะห์หารายละเอียดหรือหาคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหานั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานและทักษะกระบวนการเดิมของนักเรียนที่นำมาใช้แก้ปัญหา

3. **ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)** หมายถึง ให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหา

4. **ขั้นประยุกต์ (Application)** หมายถึง นักเรียนวิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้ว นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน

5. **ขั้นนำเสนอ (Presentation)** หมายถึง นักเรียนเผยแพร่ผลงานหรือแลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับทราบ

6. **ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)** หมายถึง นักเรียนนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาคำตอบหรือผลงานของตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่ามีความเกี่ยวข้องกัน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

**4. ด้านการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้** มีค่าคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 3.40 เนื่องจากในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ขั้นขั้นประยุกต์ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้ว นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จาริพร ผลมูล (2558) ) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ที่กล่าวว่าเด็กจะสามารถนำองค์ความรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

**ประการที่ 1** การเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ภายใต้แนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้แนวทางของ Riley (2016) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. **ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus)** หมายถึง ครูมีการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหามาของสถานการณ์นั้น ๆ

2. **ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)** หมายถึง ครูและนักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการแล้วนำมาวิเคราะห์หารายละเอียดหรือหาคำตอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหานั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานและทักษะกระบวนการเดิมของนักเรียนที่นำมาใช้แก้ปัญหา

3. **ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery)** หมายถึง ให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหา

4. **ขั้นประยุกต์ (Application)** หมายถึง นักเรียนวิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้ว นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน

5. **ขั้นนำเสนอ (Presentation)** หมายถึง นักเรียนเผยแพร่ผลงานหรือแลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับทราบ

6. **ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link)** หมายถึง นักเรียนนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีแก้ไขปัญหาหรือผลงานของตนเอง

โดยแต่ละขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น ในแต่ละขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ ครูจะเป็นผู้ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางให้แก่ นักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จาริพร ผลมูล (2558) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 โดยการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบSTEAM ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งได้ กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEAM มุ่งส่งเสริมการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาให้เกิดความ สมดุล เพื่อให้ นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยคำนึงถึงศักยภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน จึง มีวิธีการสอนที่หลากหลายเพื่อสนองความต้องการของนักเรียนที่แตกต่างกันและ จากกิจกรรมที่จัดขึ้นในหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ แบบ STEAM เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยนำความรู้เดิมผสมกับความรู้ใหม่ ปรับปรุงหรือ ประดิษฐ์เครื่องใช้สอย ทำ ให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดและเข้าใจเนื้อหาได้อย่างรวดเร็ว และการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEAM ส่งเสริมให้นักเรียนมีอิสระในการทำ งานกลุ่ม เพราะนักเรียนแต่ละคนย่อมมีความถนัดและความ สามารถต่างกัน จึงเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ร่วมกัน เกิดความรู้ความเข้าใจและความสามัคคีในการทำงานกลุ่มร่วมกัน

**ประการที่ 2** การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้นเพราะนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์จากสิ่งที่เกิดขึ้นจริงและจากสิ่งที่นักเรียนสนใจ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนเรียนด้วยความกระตือรือร้นทำ ให้นักเรียนมีแรงบันดาลใจ อยากรู้ อยากค้นหาคำตอบ อยากเรียนด้วยความเข้าใจ สนุกกับการสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นกระบวนการให้นักเรียน มีบทบาทอย่างเต็มที่ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้แสดงออก ได้เปิดกว้างให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ไม่ใช่เรียนวิทยาศาสตร์เพียงเพื่อท่องจำความรู้ เท่านั้น รวมไปถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น ครูมีหน้าที่เป็นเพียง ผู้คอยชี้แนะให้คำปรึกษาแก่นักเรียน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ได้เรียนรู้จากการลงมือกระทำจริงและ ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ นักเรียนได้เรียนรู้จากการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน ทำให้นักเรียน มีความเข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้นและสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปบูรณาการกับเนื้อหาสาระสาขา เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี Constructionism กล่าวคือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเอง ของผู้เรียน หากผู้เรียนมี โอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยี ที่ เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมชัดเจนและเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดเกิดขึ้นมาก็ หมายถึงการสร้างความรู้ ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้จะมีความหมายต่อ ผู้เรียน จะอยู่คงทน ผู้เรียนไม่ลืมง่ายและจะสามารถ ถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี (ทิตนา แวมมณี, 2556) ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สูงขึ้นและนักเรียน ได้รับการพัฒนาเต็มตามศักยภาพ

3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

**ประกาศที่ 1** แนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกคิดค้นขึ้นมาโดยมีพื้นฐานที่พัฒนามา จากสะเต็มศึกษา (STEM education) โดยชื่อของสะเต็มศึกษามาจากองค์ประกอบของอักษร ภาษาอังกฤษ 5 ตัว โดยแต่ละตัวอักษรแสดงถึงเนื้อหาวิชาที่จะถูกนำมาบูรณาการ แบบสหวิทยาการเข้าด้วยกัน 5 เนื้อหาสาระได้แก่วิทยาศาสตร์ (S : Science) เทคโนโลยี (T : Technology) วิศวกรรม (E : Engineering) ศิลปะ (A : Arts) และคณิตศาสตร์

(M : Mathmatic) โดยสาเหตุที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษา เนื่องจากศิลปะ หมายถึง การจัดกิจกรรมให้เด็กได้ความรู้ด้านองค์ประกอบศิลป์ ได้แก่ สี พื้นผิว รูปร่างรูปทรง ในการ ทำกิจกรรม การปั้น การฉีก ตัดปะ การประดิษฐ์ ซึ่งศิลปะจะเข้าไปช่วยส่งเสริมทางด้านการคิดที่มี ความหลากหลาย ยืดหยุ่นและสร้างสรรค์ อีกทั้งจะเห็นว่าศิลปะนั้นสามารถประกอบเข้ากับทุก ๆ วิชาของสะเต็มศึกษาได้และทำให้เกิดแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไปและศิลปะยังเข้าไป ช่วยสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศในการเรียนที่ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถพัฒนาภาษาและสังคมศึกษาให้ นักเรียนไปพร้อม ๆ กันได้อีกด้วย (Land, 2013) อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Yang et.al. (2016) ที่กล่าว

ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่นักเรียนจะต้องใช้เวลาในการสะสมความรู้และหากได้รับการชี้แนะหรือฝึกฝนจะทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางด้านศิลปะไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

**ประการที่ 2** ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อใช้ในการนำทางและพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนจดจำความรู้ได้ดีผ่านประสบการณ์จริงที่ได้ลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้ทำความเข้าใจ ศึกษาค้นคว้าข้อมูล คิดวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือข้อสรุปร่วมกันกับสมาชิกภายในกลุ่ม ได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองโดยมีครูคอยชี้แนะและเป็นผู้อำนวยความสะดวกในส่วนของสื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย เช่น สื่อเทคโนโลยีสำหรับสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต วัสดุอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งจะช่วยให้เด็กเรียนเข้าใจถึงเนื้อหาได้รวดเร็วมากขึ้น รวมถึงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นยังมีรูปแบบและเทคนิคการสอนที่มีความหลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาและวัยของนักเรียน ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เรียนมากขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาตามแนวทางของ Riley (2016) ที่กล่าวว่าแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่เน้นการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ กระบวนการแก้ไขสถานการณ์ ส่งเสริมการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ (Creative process) มี 6 ขั้นตอนดังนี้

- 1.ขั้นระบุสถานการณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ
- 2.ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการแล้วนำมาวิเคราะห์หารายละเอียดหรือหาคำตอบประกอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหานั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานและทักษะกระบวนการเดิมของนักเรียนที่นำมาใช้แก้ปัญหา
- 3.ขั้นศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหา
- 4.ขั้นประยุกต์ เป็นขั้นที่นักเรียนวิเคราะห์ทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามได้แล้วนักเรียนจะได้สร้างและอธิบายเกี่ยวกับปัญหา โดยการแสดงจากข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน
- 5.ขั้นนำเสนอ เป็นขั้นที่นักเรียนเผยแพร่ผลงานหรือแลกเปลี่ยนมุมมอง การแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับทราบ
- 6.ขั้นประเมินและปรับปรุง เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีแก้ไขปัญหาหรือผลงานของตัวเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษาตามแนวทางของ Riley (2016) นั้น จะเห็นได้ว่าในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะเห็นได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลัง มีค่าเฉลี่ยการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 8.10 หลังเรียนเท่ากับ 21.80 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาพบว่าคะแนน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ นัสนรินทร์ ปือชา (2558) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับพัตมาอัส ไวนิตาเย๊ะ (2560) ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ หลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างดีและมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 57.12 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 2) นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีและมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 3) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

**ประการที่ 1** เนื่องจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแนวคิดที่เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ และมีการคิดวิเคราะห์วางแผนในการแก้ไขปัญหาต่าง

ๆ อีกทั้งแนวคิดสะเต็มศึกษา ยังเป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาเกิดจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา มีความต้องการที่จะพัฒนาผู้เรียนทางด้านสะเต็มศึกษา (STEM education) ซึ่งประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ ทุกคนสามารถทำการปฏิบัติงานได้ทุกระดับ แต่พบว่าในการพัฒนาผู้เรียนทางด้านสะเต็มศึกษานั้นจะต้องมีประยุกต์ใช้สาระการเรียนรู้อื่นเข้ามาช่วยส่งเสริมความรู้สะเต็มมากขึ้น โดยสาเหตุที่มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกานำรูปแบบการเรียนรู้แบบสะเต็มมาใช้เนื่องจากในประเทศสหรัฐอเมริกาได้พบการขาดกำลังคนทางด้านสะเต็มและบัณฑิตใหม่ยังขาดความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม ส่งผลให้ไม่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันทางเศรษฐกิจระดับโลก จึงได้มีการนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นการบูรณาการข้ามรายวิชา แต่ในการพัฒนานวัตกรรมให้มีความก้าวหน้าไม่ได้มาจากเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียวแต่จำเป็นต้องมีความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ศิลปะและการออกแบบร่วมด้วยจึงจะทำให้การพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวให้เศรษฐกิจเจริญเติบโตได้ (Land, 2013) ต่อมาในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีนักวิชาการชื่อ Georgette Yakman (2008) ทำการศึกษาและพัฒนารูปแบบในการศึกษาหรือแนวคิดซึ่งเรียกว่า สะเต็มศึกษา (STEAM Education) ขึ้นมาโดยมีพื้นฐานที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM education) โดยชื่อของสะเต็มศึกษามาจากองค์ประกอบของอักษรภาษาอังกฤษ 5 ตัว โดยแต่ละตัวอักษรแสดงถึงเนื้อหาวิชาที่จะถูกนำมาบูรณาการแบบสหวิทยาการเข้าด้วยกัน 5 เนื้อหาสาระได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันได้ผ่านการประยุกต์กับบริบทหรือสถานการณ์จริง โดยสาเหตุที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษา เนื่องจากต้องการสร้างกรอบความคิดทางการศึกษาที่สามารถเชื่อมโยงการศึกษาวิทยาศาสตร์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะได้ และนอกจากการศึกษาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันแล้วการเรียนรู้ศิลปะทางสังคม ความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์กับ สังคมหรือกิจกรรมของมนุษย์ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรศึกษาและทำความเข้าใจ นอกจากนี้ศิลปะยังที่เป็นองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่รวมถึงจิตรศิลป์ (Fine arts) ศิลปะกายภาพ (Physical arts) ศิลปะอุตสาหกรรม (Manual arts) ศิลปะศาสตร์ (Liberal arts) และภาษาศาสตร์ (Language arts) ซึ่งจะเห็นว่าศิลปะนั้นสามารถประกอบเข้ากับทุก ๆ รายวิชาของสะเต็มศึกษาได้ และทำให้เกิดแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไปและศิลปะยังเข้าไปช่วยสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศในการเรียนที่ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถพัฒนาภาษาและสังคมศึกษาให้นักเรียนไปพร้อม ๆ กันได้อีกด้วย (Land, 2013)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนเกิดการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นการบูรณาการ

หลากหลายวิชาเข้าด้วยกัน ซึ่งลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้สอดคล้องกับทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ของ Seymour Papert โดยการประยุกต์มาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของเพียเจต์ (Jean Piaget) โดยอธิบายว่าผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง หากมีโอกาสที่ผู้เรียนได้มีการเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (Learning by design) โดยการนำองค์ความรู้ที่ไปสร้างสรรค์ผลงาน โดยอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน อีกทั้งยังสอดคล้องกับนิพฐพร โภมลกิตติศักดิ์ (2560) ที่ได้ศึกษาผลของกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาต่อการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลคะแนนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**ประการที่ 2** นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการคิดออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์ ค้นคว้าหาคำตอบและนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่นักเรียนค้นพบจากสถานการณ์ ซึ่งจากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการฝึกคิดร่วมกับผู้อื่น แลกเปลี่ยนความรู้ นอกจากนี้ยังมีการนำความรู้ทางด้านชีววิทยาที่ศึกษาค้นคว้ามาออกแบบออกแบบผลงานในชั้นประยุกต์และในชั้นนี้นักเรียนยังได้ฝึกคิด ฝึกออกแบบผ่านการใช้ศิลปะในการออกแบบ คิดและปรับปรุงผลงาน ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นและผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับ Kim and Kim (2016) ที่ระบุว่าสะเต็มศึกษาสามารถสนับสนุนการคิดผ่านการเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียนให้เข้ากับชีวิตจริงของนักเรียน โดยฝึกให้นักเรียนแก้ไขปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ในทางสร้างสรรค์และบูรณาการกับความรู้หลากหลายด้าน สอดคล้องกับ Land (2013) ที่กล่าวว่าพัฒนาการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เกิดจากการที่ผสมผสานของเทคโนโลยีและความคิดสร้างสรรค์ผ่านศิลปะและการออกแบบ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการคิดและสร้างสรรค์โดยนำเอาศิลปะเข้ามาช่วยทางด้านความคิดที่หลากหลายและยืดหยุ่น จึงสามารถสนับสนุนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

### ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการวิจัยไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไปที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนต่อไป ดังนี้

#### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการวิจัยครั้งนี้ที่ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 6 ชั้น จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นการค้นคว้า พบว่านักเรียนยังไม่สามารถสืบค้นข้อมูลได้ตรงประเด็นกับสถานการณ์ที่ได้รับ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ครูอาจช่วยชี้แนะแนวทางในการสืบค้นให้กับผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถสืบค้นได้ตรงกับสถานการณ์ที่ได้รับ

2. จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้นักเรียน ซึ่งจากการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนไม่ค่อยเข้าใจสถานการณ์ เพราะสถานการณ์เป็นเรื่องที่ไกลตัว ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรใช้สถานการณ์ที่มีความใกล้ตัวกับผู้เรียนมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์ได้ดีขึ้นและสามารถหาแนวทางการแก้ไขได้อย่างหลากหลายวิธีมากขึ้น

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากแนวคิดสะเต็มศึกษามีการเพิ่มองค์ความรู้ด้านศิลปะที่เน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นการวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาอื่นต่อไป

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติหรือการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีอื่น ๆ

3. ควรมีการพัฒนาและร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยความร่วมมือระหว่างครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาเพื่อประสิทธิภาพในการออกแบบกิจกรรมมากขึ้น

4. ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากความคิดสร้างสรรค์เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดเชิงวิจารณ์ญาณ การคิดวิเคราะห์ เป็นต้น

บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คุรุสภา ลาดพร้าว. กระทรวงศึกษาธิการ.
- จารีพร ผลมูล. (2558). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร*. การประชุมวิชาการเสนอ ผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34 มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 27 มีนาคม 2558 ณ ห้องประชุมหมอดินแดง คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- จิรัชญา นวนกระโทก นพมณี เชื้อวัชรินทร์และเชษฐ ศิริสวัสดิ์. (2562). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 93-106.
- โชติกา ภาชีผล ญัญญุภรณ์ หลัทองและกมลวรรณ ตังชันกานนท์. (2558) *การวัดและประเมินผล การเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทักษิณพัฒน์ ศรีวาชัย (2546). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนด้วยโปรแกรม Microword*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 18(2), 74-81.
- ธัญญารัตน์ โกมลเกียรติ (2557). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์วิชา ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นัสรินทร์ ปือชา (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มี ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการ จัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 24(4), 91-110.
- นราวดี จ้อยรุ่ง นพมณี เชื้อวัชรินทร์และเชษฐ ศิริสวัสดิ์ (2561). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการกลุ่มของนักเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกับเทคนิค TGT*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 20(2), 75-88.

- ปิยานีย์ จิตรเจริญ (2543). *ผลการคิดโดยใช้เทคนิคการคิดทบทวนที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาจิตวิทยาการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7) กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). *STEM education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. วารสารนักบริหาร 56.
- พิพัฒน์ ไพบูลย์วัฒนกิจ (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอนาคตโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบการคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดของทอร์แรนซ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. Veridian E-Journal Silpakorn University, 9(3), 632-673.
- พัฒมาอัส ไฉนตาเย๊ะ (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*, วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ภัทรภร แสงไชย (2551). *การวิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการแก้ปัญหาโดยอิงทฤษฎีสถิตกับรูปแบบการแก้ปัญหาที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559). *การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานเรื่อง พลังงานรอบตัวเรา*, วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมการศึกษา, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ยศวีร์ สายฟ้า. (2555). *แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM*. เอกสารอัดสำเนาสำหรับการอบรมเชิงปฏิบัติการ, กรุงเทพมหานคร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ.
- ลัดดา อุตสาหะ. (2558). *ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจารณ์ พาณิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:

ส.เจริญการพิมพ์

วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). *STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถ และ  
แรงบันดาลใจให้เด็ก*. วารสารครุศาสตร์.

ศศิกานต์ วิบูลยศรีรินทร์ (2540) . *ผลของการใช้รูปแบบทฤษฎีสัมเกลียวของสเตรนเบอร์กในวิชา  
กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาสารัตถศึกษา, คณะครุ  
ศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการศึกษา  
ของสถานศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สรวงสุตา ปานสกุล (2545). *การนำเสนอรูปแบบการเรียนรู้การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แบบร่วมมือ  
ในองค์กรอินเทอร์เน็ต*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา,  
คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำราญ พวงมาลัย (2548). *การผลิตบทเรียนการ์ตูนประกอบการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์  
(ว203) เรื่องหญิงและชาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*, วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์  
มหาบัณฑิต, สาขาการศึกษาและหลักสูตร, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมปอง เพชรโรจน์ (2549). *การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บโดยใช้การจัดการเรียนรู้  
รูปแบบสืบสอบเพื่อการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เรื่องสภาวะมลพิษทางอากาศสำหรับนิสิต  
ปริญญาบัณฑิต*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาโสตศึกษา, คณะครุศาสตร์,  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). *การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์  
อย่างสร้างสรรค์ของครูและ นักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทาง  
วิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์*. ปริญญาโทวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต,  
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ:คุรุสภาลาดพร้าว.

สมพร เชื้อพันธ์ . (2557). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีจัดการเรียนการสอนแบบสร้างความรู้ด้วยตนเองกับการจัด  
การเรียนการสอนตามปกติ*. กรุงเทพมหานคร : สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ (2559) วันที่ค้นข้อมูล 5 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก <https://www.nesdc.go.th/main.php?filenam>

สมรัก อินทวิมลศรี สกลรัชต์ แก้วดีและสิทธิพร ภัทรดิตรัตน์ (2560). ผลของการใช้แนวคิด สติศึกษาในวิชาชีพวิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 47(2), 410-429.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579. กรุงเทพฯ บริษัทพริกหวานกราฟฟิคจำกัด.

หทัยภัทร ไกรวรรณ (2559). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสติศึกษาที่มีต่อความสามารถใน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย, วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alex Osborn (1988). Creative thinking. *American Association of Industrial Nurses Journal*, Volume: 6(23-25).

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. New York: Longman.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of education goalseew York: Longmas, Green*.

Corbett, K., (2013). *Corporate Entrepreneurship: State-of-the-Art Research and a Future Research Agenda*. *Journal of Product Innovation Management*.

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

Hamner and Cross. (2013). *Arts & Bots: Techniques for distributing a STEAM robotics program through K-12 classrooms*. *Conference Paper* , Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2013 IEEE

Jeong, S., & Kim, H. (2015). *The effect of a climate change monitoring program on student' knowledge and perceptions of STEAM Education in korea*. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 1321-1338.

Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of learning in science. Handbook on formative and Summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill hook company.

Kim, K.H. (2011). *The Creativity Crisis: The Decrease in Creative Thinking Scores*

- on The Torrance Test of Creative Thinking. *Creativity Research Journal.*, 23(4), 285-295.
- Land, M. H. (2013). *Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts in to STEM*. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: Ainterdisciplinary
- Park, H., & Shin, Y. (2012). *Effects of science lesson applying STEAM Education on self Efficacy, interest, and attitude toward science*. *Biology Education*, 132-146.
- Of STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541-546.
- Park, S., & Yoo, P. K. (2013). The effects of the Learning motive, interest and science Process skills using the light unit on science-based STEAM. *Journal of the Korean Elementary Science Education*, 32(3), 225-238.
- Riley, S. (2014). *No Permission Required: A Guide of being STEAM to life K-12 Schools*. Westminster: The Vision Board, LLC.
- Riley, S. (2016). 6 Steps to creating a STEAM-centered classroom. Retrieved form The <https://educationcloset.com>
- Schack, C, D. (1993). Effects of Creative problem-Solving Curriculum, on Students of Varying Ability Levels. *Gifted Child Quarterly Winter*, 37(1), 32-38.
- Torrence, E. P. (1992). *A National Climate for Creativity and Innovation*. *Gifted Child Today*.
- Treffinger, Donald J & Isaksen, Scott G. (2005). Creative Problem Solving. the History, Development. *and Implications for gifted Education and Talent Development*. *Gifted Child quarterly*. 49(4), 342-353.
- Yakman, G. G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. Retrieved from <http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT19/Yakmanfinal19>.
- Young, E., (2009). *Understanding Online Gaming Addiction and Treatment Issues for Adolescents*. *American Journal of Family Therapy*. 37(5), 355-372.





ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย  
มหาวิทยาลัยบูรพา

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยา  
ประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร. ศิรชาติญากร บรรหาร อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร. ภาสกร ภักดิ์ศรีแพง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนสาธิต  
“พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์นิตยารัตน์ คชเสนา ผู้ช่วยผู้อำนวยการ ฝ่ายการพัฒนาหลักสูตรและ  
งานวิชาการ โรงเรียนดาราสุมทร
5. อาจารย์นงลักษณ์ อริยธนพงศ์ อาจารย์ผู้สอนชำนาญการ สาขาชีววิทยา  
โรงเรียนดาราสุมทร

เลขที่ IRB4-022/2564



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU 239/2563

โครงการวิจัยเรื่อง : การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยา  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายศราวุธ วงษ์แก้ว

หน่วยงานที่สังกัด : นิสิตรระดับบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภัยอันตรายแก่ตัวผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

- |  |   |
|--|---|
| 1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | ฉบับที่ 2 วันที่ 30 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564  |
| 2. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย                       | ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย                 | ฉบับที่ 2 วันที่ 30 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564  |
| 4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย      | ฉบับที่ 2 วันที่ 30 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564  |
| 5. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย      | ฉบับที่ 1 วันที่ 23 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563 |
| 6. เอกสารอื่นๆ   | ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. -           |

วันที่รับรอง : วันที่ 11 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

วันที่หมดอายุ : วันที่ 11 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

ลงนาม

(ดร. พิมพ์พรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
สำหรับโครงการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี  
ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)



## บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗

ที่ อว ๕๑๓๓๗/ ๖๗๖๔

วันที่ ๑๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิพร อนุศาสนนันท์ คณะศึกษาศาสตร์

ด้วย นายตราวุธ วงษ์แก้ว รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๕๓๐๑๓๔ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติค่าโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑณี เชื้อวิชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในกรณีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสรัตน์ วงศ์สุทธิธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย วิชาการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



## บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๕๓๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗  
 ที่ อว ๕๓๓๗/๑๗๖๔ วันที่ ๑๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔  
 เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.ศิริศยาภกร บรรเทา คณะวิทยาศาสตร์

ด้วย นายศราวุธ วงษ์แก้ว รหัสประจำตัวนิสิต ๒๐๕๓๐๕๓๔ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเข้าโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษากลยุทธ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพนันธุ์ เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไนรัตน์ วงศ์สุทธิธรรม)  
 รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย รักษาการแทน  
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



## บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๓๐๐ ต่อ ๓๐๕, ๓๐๗

ที่ อว ๑๑๗๗/ ๑๗๖๖

วันที่ ๒๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.ภาสกร ภักดิ์ศรีแพพ โรงเรียนสาธิต "จิตบุปผาพันธุ์" มหาวิทยาลัยบูรพา

ด้วย นายคราวฐ วงษ์แก้ว รหัสประจำตัวนิสิต ๒๒๓๓๐๓๓๔ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษามลพิษต่อพื้นที่ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพนณี เชื้อวิวัฒน์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเริ่มเครื่องมือการวิจัย นั้น

เนื่องจากท่านเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างยิ่ง ในกรณีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสรัจจ์ วงศ์สุทธิธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย รักษาการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ บว ๘๑๓๗/๔.๑๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา  
๓๖๙ ถนนเทศบาลบางแสน ต.แสนสุข  
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๓

๑๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคาราสุมพร ศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. คำโครงการวิทยานิพนธ์  
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายศราวุธ วงษ์แก้ว รหัสประจำตัวนิสิต ๒๒๑๑๐๑๑๔ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติคำโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาลัทธิพุทธที่ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเมธี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์นงลักษณ์ อริยธนะพงศ์ ครูผู้สอนชำนาญการ สาขาชีววิทยา โรงเรียนคาราสุมพร ศรีราชา ซึ่งเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสรัตน์ วงศ์สุทธิธรรม)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย รักษาการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

สำเนาเรียน อาจารย์นงลักษณ์ อริยธนะพงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา  
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๙๐๐ ต่อ ๓๐๕, ๓๐๗  
อีเมล grd.buu@go.buu.ac.th



#### ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	เฉลี่ย	SD	ระดับ
---------------	---------------------------------	--------	----	-------



การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
(STEAM Education)

ตารางที่ 13 ข - 1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช	เฉลี่ย	SD	ความ
	1	2	3	4	5			เหมาะสม
1. ผลการเรียนรู้	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					4.40	0.55	ระดับ มาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สารระการการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5. กระบวนการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.1 ชั้นที่ 1 ชั้นระบุ สถานการณ์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2 ชั้นที่ 2 ชั้น วิเคราะห์สถานการณ์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3 ชั้นที่ 3 ชั้นศึกษา ค้นคว้า	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.4 ชั้นที่ 4 ชั้น ประยุกต์	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.5 ชั้นที่ 5 ชั้นนำเสนอ	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5.6 ชั้นที่ 6 ชั้นประเมิน และปรับปรุง	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7. สื่อการสอน	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
8. แหล่งการสอน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
9. วิธีการวัดและ ประเมินผล	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม					4.69	0.41	

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.40-5.00 อยู่ในระดับเหมาะสมมากถึงเหมาะสมมากที่สุด และค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ 4.69 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ใน ระดับมากที่สุด

**ตารางที่ 14 ข - 1** การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช			
	1	2	3	4	5			
1. ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3. สารระการการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	4	4	5	4	4	4.20	0.45	มาก
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
5.1 ชั้นที่ 1 ชั้นระบุสถานการณ์	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 ชั้นที่ 2 ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ชั้นที่ 3 ชั้นศึกษาค้นคว้า	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.4 ชั้นที่ 4 ชั้นประยุกต์	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.5 ชั้นที่ 5 ชั้นนำเสนอ	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5.6 ชั้นที่ 6 ชั้นประเมินและปรับปรุง	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
7. สื่อการสอน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
8. แหล่งการสอน	4	3	5	5	4	4.20	0.84	มาก
9. วิธีการวัดและประเมินผล	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
						รวม	4.49	0.48

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.00-5.00 อยู่ในระดับเหมาะสมมากถึงเหมาะสมมากที่สุด และค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ 4.49 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ใน ระดับมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	เฉลี่ย	SD	ระดับ
	ผชช ผชช ผชช ผชช ผชช			ความ



ตารางที่ 15 ข - 2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

	1	2	3	4	5			เหมาะสม
1. ผลการเรียนรู้	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3. สารการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
5.1 ชั้นที่ 1 ชั้นระบุสถานการณ์	4	5	4	3	3	3.80	0.84	มาก
5.2 ชั้นที่ 2 ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3 ชั้นที่ 3 ชั้นศึกษาค้นคว้า	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.4 ชั้นที่ 4 ชั้นประยุกต์	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5.5 ชั้นที่ 5 ชั้นนำเสนอ	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
5.6 ชั้นที่ 6 ชั้นประเมินและปรับปรุง	3	4	4	4	5	4.00	0.71	มาก
7. สื่อการสอน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
8. แหล่งการสอน	4	3	5	5	4	4.20	0.84	มาก
9. วิธีการวัดและประเมินผล	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม					4.37	0.40	

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.80 -5.00 อยู่ในระดับเหมาะสมมากถึงเหมาะสมมากที่สุด และค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ 4.37 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ใน ระดับมากที่สุด

ตารางที่ 16 ข - 3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช	ผชช			
	1	2	3	4	5			
1. ผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3. สารการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
5.1 ชั้นที่ 1 ชั้นระบุ สถานการณ์	5	5	5	3	4	4.40	0.89	มาก
5.2 ชั้นที่ 2 ชั้น วิเคราะห์สถานการณ์	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ชั้นที่ 3 ชั้นศึกษา ค้นคว้า	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.4 ชั้นที่ 4 ชั้น ประยุกต์	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.5 ชั้นที่ 5 ชั้นนำเสนอ	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
5.6 ชั้นที่ 6 ชั้นประเมิน และปรับปรุง	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7. สื่อการสอน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
8. แหล่งการสอน	5	3	5	5	4	4.40	0.89	มาก
9. วิธีการวัดและ ประเมินผล	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	รวม					4.63	0.53	

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.40-5.00

อยู่ในระดับเหมาะสมมากถึงเหมาะสมมากที่สุด และค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ 4.63 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ใน ระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 17 ข - 4 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดประสงค์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC (ΣR/N)	สรุปค่าที่ได้
		ผชช 1	ผชช 2	ผชช 3	ผชช 4	ผชช 5			
1. สืบค้น									
ข้อมูล	1	1	1	1	1	1	5	1	OK
อภิปราย	2	1	1	1	1	1	5	1	OK
วิเคราะห์และ	3	1	1	1	1	1	5	1	OK
สรุปหลักฐาน	4	1	1	1	1	1	5	1	OK
ต่าง ๆ	5	1	1	1	1	1	5	1	OK
ที่สนั่นสนุน และข้อมูลที่ ใช้อธิบายการ เกิด วิวัฒนาการ ของสิ่งมีชีวิต	6	1	1	1	1	1	5	1	OK
2. สืบค้น	7	1	1	1	1	0	4	0.80	OK
ข้อมูล	8	1	1	1	0	1	4	0.80	OK
เกี่ยวกับกฎ	9	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
การใช้และไม่ใช่	10	0	1	1	1	1	4	0.80	OK
ใช้ และกฎ	11	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
การถ่ายทอด ลักษณะใหม่ ของลาร์	12	1	1	1	1	1	5	1	OK

มาร์ก									
3.สืบค้น	13	0	1	1	1	1	4	0.8	OK
ข้อมูลและ	14	1	1	1	1	1	5	1	OK
อภิปราย	15	1	1	0	1	1	4	0.8	OK
เกี่ยวกับ	16	1	1	1	1	0	4	0.8	OK
ทฤษฎีการ	17	1	1	1	1	0	4	0.8	OK
คัดเลือกโดย	18	1	0	1	1	1	4	0.8	OK
ธรรมชาติ									
ของดาร์วิน									
4. อภิปราย	19	1	1	1	1	1	5	1	OK
และ	20	1	1	1	1	1	5	1	OK
เปรียบเทียบ	21	1	1	1	1	1	5	1	OK
แนวคิด	22	1	1	1	1	1	5	1	OK
เกี่ยวกับ									
วิวัฒนาการ									
ของลามาร์ก									
และดาร์วิน									
5. อธิบาย	23	1	1	1	1	1	5	1	OK
หลักการของ	24	1	1	1	1	0	4	0.8	OK
ฮาร์ดี - ไวน์	25	1	1	1	1	0	4	0.8	OK
เบิร์ก และ	26	1	0	1	1	1	4	0.8	OK
ระบุเงื่อนไข	27	1	1	1	1	1	5	1	OK
ของสมดุล	28	1	1	1	1	1	5	1	OK
ฮาร์ดี - ไวน์	29	1	1	1	1	1	5	1	OK
เบิร์ก	30	1	1	1	1	0	4	0.8	OK
6. สามารถ	31	1	1	1	1	1	5	1	OK
คำนวณ	32	1	1	1	1	1	5	1	OK
ความถี่ของ	33	1	1	1	1	1	5	1	OK
แอลลีลและ	34	1	1	1	1	1	5	1	OK

ความถี่ของจี									
โน้ตของ									
ประชากร									
โดยใช้หลัก									
ของฮาร์ดี –									
ไวน์เบิร์ก									
7. สืบค้น	35	0	1	1	1	1	4	0.8	OK
ข้อมูล	36	1	1	1	1	1	5	1	OK
อธิบายและ	37	1	1	1	1	1	5	1	OK
สรุปปัจจัยที่	38	1	1	1	1	1	5	1	OK
ทำให้เกิดการ	39	1	1	1	1	1	5	1	OK
เปลี่ยนแปลง	40	1	1	1	1	1	5	1	OK
ความถี่ของ	41	1	1	1	1	1	5	1	OK
แอลลีลและ	42	1	1	1	1	1	5	1	OK
ความถี่									
8. อธิบาย	43	1	1	1	1	1	5	1	OK
และ	44	1	1	1	1	1	5	1	OK
ยกตัวอย่าง	45	1	1	0	1	1	4	0.8	OK
เกี่ยวกับ	46	1	1	1	1	1	5	1	OK
แนวคิด และ	47	1	1	1	1	1	5	1	OK
ความหมาย	48	1	0	1	1	1	4	0.8	OK
ของสปีชีส์									
ด้านต่าง ๆ									
9. อธิบาย	49	1	1	1	1	1	5	1	OK
และ	50	1	1	1	1	1	5	1	OK
ยกตัวอย่าง	51	1	1	1	1	1	5	1	OK
กลไกการ	52	1	1	1	1	1	5	1	OK
แยกการ	53	0	1	1	1	1	4	0.8	OK
สืบพันธุ์	54	1	1	1	1	1	5	1	OK
10. สามารถ	55	1	1	1	1	1	5	1	OK

อธิบายและ	56	1	1	1	1	1	5	1	OK
ยกตัวอย่าง	57	1	1	1	1	1	5	1	OK
การเกิด	58	1	1	0	1	1	4	0.8	OK
วิวัฒนาการ	59	1	1	1	1	1	5	1	OK
ของมนุษย์ได้	60	1	1	1	1	1	5	1	OK

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เรื่องวิวัฒนาการ พบว่า ค่าดัชนีความ สอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าอยู่ ระหว่าง 0.80 – 1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ

ตารางที่ 18 ข - 5 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ

ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ผลการประเมิน	ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ผลการประเมิน
1	.6667	.43	ผ่าน	24	.5333	.55	ผ่าน
2	.6222	.26	ผ่าน	25	.6667	.43	ผ่าน
3	.5556	.04	ไม่ผ่าน	26	.5333	.3	ผ่าน
4	.6222	.26	ผ่าน	27	.6222	.09	ไม่ผ่าน

5	.6000	.04	ไม่ผ่าน	28	.6000	.22	ผ่าน
6	.6444	.39	ผ่าน	29	.6667	.26	ผ่าน
7	.6444	.22	ผ่าน	30	.5778	.35	ผ่าน
8	.5556	.39	ผ่าน	31	.6444	.62	ผ่าน
9	.6889	.30	ผ่าน	32	.6889	.30	ผ่าน
10	.6667	.43	ผ่าน	33	.5556	.44	ผ่าน
11	.6222	.17	ไม่ผ่าน	34	.6222	.00	ไม่ผ่าน
12	.4444	.26	ผ่าน	35	.6444	.39	ผ่าน
13	.6444	.22	ผ่าน	36	.6222	.17	ไม่ผ่าน
14	.6889	.30	ผ่าน	37	.4444	.26	ผ่าน
15	.6667	.43	ผ่าน	38	.6667	.26	ผ่าน
16	.6222	.00	ไม่ผ่าน	39	.6667	.43	ผ่าน
17	.6222	.17	ไม่ผ่าน	40	.5333	.35	ผ่าน
18	.5333	.35	ผ่าน	41	.6222	.09	ไม่ผ่าน
19	.5556	.39	ผ่าน	42	.5778	.87	ผ่าน
20	.6444	.13	ไม่ผ่าน	43	.6667	.26	ผ่าน
21	.5778	.17	ไม่ผ่าน	44	.6667	.43	ผ่าน
22	.6444	.22	ผ่าน	45	.5778	.35	ผ่าน
23	.6444	.22	ผ่าน	46	.6444	.22	ผ่าน

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ (ต่อ)

ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ผลการประเมิน
47	.6667	.43	ผ่าน
48	.6222	.17	ไม่ผ่าน
49	.5556	.04	ไม่ผ่าน
50	.6444	.39	ผ่าน
51	.5556	.39	ผ่าน

52	.6444	.13	ไม่ผ่าน
53	.6000	.22	ผ่าน
54	.6444	.22	ผ่าน
55	.4667	.13	ไม่ผ่าน
56	.6444	.39	ผ่าน
57	.5556	.39	ผ่าน
58	.6222	.09	ไม่ผ่าน
59	.6000	.22	ผ่าน
60	.6667	.26	ผ่าน

จากการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ค่าความเชื่อมั่น 0.978

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 19 ข - 6 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	$\Sigma R$	IOC ( $\Sigma R/N$ )	สรุปค่าที่ได้
	ผชช ผชช ผชช ผชช ผชช			

		1	2	3	4	5			
1. <b>ขั้นการค้นพบความจริง</b>	1	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
	2	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
2. <b>ขั้นการค้นพบปัญหา</b>	3	1	1	1	1	0	4	0.80	OK
	4	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
3. <b>ขั้นการค้นพบความคิด</b>	5	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
	6	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
	7	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
4. <b>ขั้นการค้นพบคำตอบ</b>	8	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
	9	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
	10	1	1	1	1	1	5	1.00	OK
5. <b>ขั้นการค้นพบการยอมรับ</b>	11	1	1	1	1	0	4	0.80	OK
	12	0	1	1	1	1	4	0.80	OK
	<b>รวม</b>						4.69	0.94	OK

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

**การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ**

**ตารางที่ 20 ข - 7 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ**

ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ข้อที่	ค่า P	ค่า r
--------	-------	-------	--------	-------	-------

1	.66	.21	4	.64	.31
2	.53	.52	5	.57	.52
3	.66	.22	6	.27	.41

จากการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดแก้ปัญหา  
อย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง  
0.27 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนก 0.21 – 0.64 ค่าความเชื่อมั่น 0.871

**ตารางที่ 21 ข - 8** ตารางคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำแนกตามรายบุคคล

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	ร้อยละ (%)	ผลประเมิน
คนที่ 1	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 2	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 3	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 4	6	30	ไม่ผ่าน
คนที่ 5	4	20	ไม่ผ่าน
คนที่ 6	7	35	ไม่ผ่าน
คนที่ 7	5	25	ไม่ผ่าน
คนที่ 8	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 9	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 10	13	70	ผ่าน
คนที่ 11	6	0	ไม่ผ่าน
คนที่ 12	7	35	ไม่ผ่าน
คนที่ 13	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 14	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 15	16	75	ผ่าน
คนที่ 16	3	15	ไม่ผ่าน
คนที่ 17	8	40	ไม่ผ่าน

คนที่ 18	5	25	ไม่ผ่าน
คนที่ 19	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 20	3	15	ไม่ผ่าน
คนที่ 21	15	70	ผ่าน
คนที่ 22	7	35	ไม่ผ่าน
คนที่ 23	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 24	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 25	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 26	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 27	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 28	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 29	7	35	ไม่ผ่าน
คนที่ 30	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 31	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 32	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 33	15	80	ผ่าน
คนที่ 34	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 35	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 36	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 37	8	40	ไม่ผ่าน
คนที่ 38	6	30	ไม่ผ่าน
คนที่ 39	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 40	7	35	ไม่ผ่าน
คนที่ 41	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 42	9	45	ไม่ผ่าน
คนที่ 43	12	60	ผ่าน
คนที่ 44	12	60	ผ่าน
คนที่ 45	9	45	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 22 ข - 9 คะแนนหลังเรียน (Post-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำแนกตามรายบุคคลจำแนก  
ตามรายบุคคล

เลขที่	คะแนน หลังเรียน (20)	ร้อยละ (%)	ผลประเมิน
คนที่ 1	19	95	ผ่าน
คนที่ 2	18	90	ผ่าน
คนที่ 3	18	90	ผ่าน
คนที่ 4	18	90	ผ่าน
คนที่ 5	19	95	ผ่าน
คนที่ 6	19	95	ผ่าน
คนที่ 7	19	95	ผ่าน
คนที่ 8	19	95	ผ่าน
คนที่ 9	18	90	ผ่าน
คนที่ 10	19	95	ผ่าน
คนที่ 11	17	85	ผ่าน
คนที่ 12	18	90	ผ่าน
คนที่ 13	18	90	ผ่าน
คนที่ 14	17	85	ผ่าน
คนที่ 15	19	95	ผ่าน
คนที่ 16	15	75	ผ่าน
คนที่ 17	15	75	ผ่าน
คนที่ 18	16	80	ผ่าน
คนที่ 19	19	95	ผ่าน
คนที่ 20	18	90	ผ่าน
คนที่ 21	19	95	ผ่าน
คนที่ 22	15	75	ผ่าน
คนที่ 23	15	75	ผ่าน

คนที่ 24	16	80	ผ่าน
คนที่ 25	20	100	ผ่าน
คนที่ 26	18	90	ผ่าน
คนที่ 27	18	90	ผ่าน
คนที่ 28	19	95	ผ่าน
<b>เลขที่</b>	<b>คะแนน</b>	<b>ร้อยละ (%)</b>	<b>ผลประเมิน</b>
	หลังเรียน (20)		
คนที่ 29	18	90	ผ่าน
คนที่ 30	19	95	ผ่าน
คนที่ 31	17	85	ผ่าน
คนที่ 32	18	90	ผ่าน
คนที่ 33	19	95	ผ่าน
คนที่ 34	15	70	ผ่าน
คนที่ 35	18	90	ผ่าน
คนที่ 36	19	95	ผ่าน
คนที่ 37	12	60	ผ่าน
คนที่ 38	18	90	ผ่าน
คนที่ 39	16	75	ผ่าน
คนที่ 40	16	75	ผ่าน
คนที่ 41	18	90	ผ่าน
คนที่ 42	19	95	ผ่าน
คนที่ 43	19	95	ผ่าน
คนที่ 44	18	90	ผ่าน
คนที่ 45	18	90	ผ่าน

**ตารางที่ 23 ข - 10** คะแนนพัฒนาการระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาชีววิทยา

เลขที่	Pre-Test	Post-test	D	D <sup>2</sup>
คนที่ 1	9	19	10	100

คนที่ 2	9	18	9	81
คนที่ 3	8	18	10	100
คนที่ 4	6	18	12	144
คนที่ 5	4	19	15	225
คนที่ 6	7	19	12	144
คนที่ 7	5	19	14	196
คนที่ 8	8	19	11	121
คนที่ 9	9	18	9	81
คนที่ 10	13	19	6	36
คนที่ 11	7	18	11	121
คนที่ 12	6	17	11	121
คนที่ 13	9	18	9	81
คนที่ 14	9	17	8	64
คนที่ 15	16	19	3	9
คนที่ 16	3	15	12	144
คนที่ 17	8	15	7	49
คนที่ 18	5	16	11	121
คนที่ 19	9	19	10	100
คนที่ 20	3	18	15	225
คนที่ 21	15	19	4	16
คนที่ 22	7	15	8	64
คนที่ 23	8	15	7	49
คนที่ 24	8	16	8	64
คนที่ 25	8	20	12	144
คนที่ 26	9	18	9	81
คนที่ 27	9	18	9	81
คนที่ 28	9	19	10	100
คนที่ 29	7	19	12	144
คนที่ 30	8	18	10	100
คนที่ 31	8	17	9	81

คนที่ 32	9	18	9	81
คนที่ 33	15	19	4	16
คนที่ 34	8	15	7	49
คนที่ 35	9	18	9	81
คนที่ 36	9	19	10	100
คนที่ 37	8	12	4	16
คนที่ 38	6	18	12	144
คนที่ 39	9	16	7	49
คนที่ 40	7	16	9	81
คนที่ 41	9	18	9	81
คนที่ 42	9	19	10	100
คนที่ 43	12	19	7	49
คนที่ 44	12	18	6	36
คนที่ 45	9	18	9	81

**ตารางที่ 24 ข - 11** ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	df	$\bar{x}$	t	Sig. (1-tailed)
Pre-test	45	44	8.44	22.806*	.000
Post-test	45	44	17.66		.000

\* $p < .05$

**ตารางที่ 25 ข - 12** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean

Pair 1	pre	8.4444	45	2.72660	.40646
	post	17.6667	45	1.60963	.23995

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	45	.304	.042

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-9.22	2.71267	.40438	-10.03720	-8.40725	22.806	44	.000

ตารางที่ 26 ข - 13 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

การทดสอบ	n	เกณฑ์	$\bar{x}$	t	df	Sig. (1-tailed)	Std. Deviation
posttest	45	17.5	17.66	0.695	44	.045	1.61

\* $p < .05$

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
post	45	17.6667	0.80963	.23995

One-Sample Test						
	Test Value = 17.5					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
post 1	.695	44	.091	.16667	-.3169	.6503

ตารางที่ 27 ข - 14 คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน

เลขที่	Pre-Test	Post-test	D	D <sup>2</sup>
คนที่ 1	9	22	13	169
คนที่ 2	9	22	13	169
คนที่ 3	9	21	12	144
คนที่ 4	7	24	17	289
คนที่ 5	9	22	13	169
คนที่ 6	6	23	17	289
คนที่ 7	6	22	16	256
คนที่ 8	7	24	17	289
คนที่ 9	10	22	12	144
คนที่ 10	6	24	18	324
คนที่ 11	9	23	14	196
คนที่ 12	9	22	13	169
คนที่ 13	5	20	15	225
คนที่ 14	5	22	17	289
คนที่ 15	8	22	14	196
คนที่ 16	11	22	11	121
คนที่ 17	12	21	9	81
คนที่ 18	8	19	11	121

คนที่ 19	6	20	14	196
คนที่ 20	12	24	12	144
คนที่ 21	7	22	15	225
คนที่ 22	8	21	13	169
คนที่ 23	9	20	11	121
คนที่ 24	10	21	11	121
คนที่ 25	9	20	11	121
คนที่ 26	4	22	18	324
คนที่ 27	6	21	15	225
คนที่ 28	8	21	13	169
คนที่ 29	10	21	11	121
คนที่ 30	6	23	17	289
คนที่ 31	8	23	15	225
คนที่ 32	11	24	13	169
คนที่ 33	11	21	10	100
คนที่ 34	11	21	10	100
คนที่ 35	8	23	15	225
คนที่ 36	4	23	19	361
คนที่ 37	7	22	15	225
คนที่ 38	8	21	13	169
คนที่ 39	9	20	11	121
คนที่ 40	8	19	11	121
คนที่ 41	9	20	11	121
คนที่ 42	12	21	9	81
คนที่ 43	6	24	18	324
คนที่ 44	6	24	18	324
คนที่ 45	9	22	13	169

**ตารางที่ 28 ข - 15** ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง

การทดสอบ	n	df	$\bar{x}$	t	Sig. (1-tailed)	Std. Deviation
Pre-test	45	44	8.10	33.818*	.000	2.088
Post-test	45	44	21.80		.000	1.392

\* $p < .05$

**ตารางที่ 29 ข - 16** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre	8.1556	45	2.08845	.31133
	post	21.8000	45	1.39153	.20744

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	45	-.177	.245

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-13.64444	2.70652	.40346	-14.45757	-12.83132	-33.818	44	.000

ตารางที่ 30 ข - 17 คะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกออกตามขั้นตอนการวัด 5 ด้าน

คนที่	การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์									
	ขั้นการค้นพบความจริง		ขั้นการค้นพบปัญหา		ขั้นการค้นพบความคิด		ขั้นการค้นพบคำตอบ		ขั้นการค้นพบการยอมรับ	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
	1	2	4	0	3	1	4	4	7	2
2	2	3	0	3	2	4	3	8	2	4
3	1	4	0	2	2	4	4	7	2	4
4	1	4	0	4	1	4	3	8	2	4
5	2	4	1	3	2	4	2	7	2	4
6	0	3	1	4	1	4	1	8	3	3
7	2	4	2	4	1	4	0	7	1	4
8	2	4	1	4	2	4	2	8	0	4
9	2	4	1	4	1	4	2	8	0	4
10	3	4	2	4	1	4	3	7	1	3

11	0	4	1	4	1	4	4	7	3	4
12	2	4	2	4	1	4	2	7	2	3
13	1	3	2	3	0	4	1	6	1	4
14	1	4	1	3	1	4	1	7	1	4
15	2	3	1	3	2	4	2	8	1	4
16	2	4	2	3	3	4	4	8	0	3
17	1	3	2	3	1	4	3	6	1	3
18	2	3	3	4	2	4	3	7	2	3
19	1	4	1	4	0	3	2	5	2	4
20	3	4	1	4	2	4	4	8	2	4
21	2	4	2	3	1	3	2	8	0	4
22	2	4	3	3	1	4	2	6	0	4
23	1	4	2	3	2	3	2	7	2	3
24	2	4	2	3	2	3	1	7	2	3
25	2	4	2	3	2	3	2	8	2	3
26	2	4	1	4	0	4	0	7	1	3
27	0	3	2	4	0	3	2	7	2	4
28	0	3	2	3	2	4	3	8	1	3
29	2	3	1	3	1	4	4	8	2	3
30	1	4	1	3	1	4	2	8	1	4
31	1	4	1	4	2	4	3	8	1	3
32	1	4	1	4	2	4	5	8	2	4
33	2	4	2	4	1	3	4	6	2	4
34	1	4	2	4	2	3	3	7	3	3
35	1	4	1	4	2	3	2	8	2	4
36	0	4	1	4	1	3	1	8	1	4
37	2	4	2	4	0	3	2	7	1	4
38	1	3	1	3	2	4	3	7	1	4
39	1	3	1	3	3	4	2	7	2	3
40	2	3	2	3	2	4	2	6	0	3

41	2	4	4	4	1	3	2	7	0	2
42	2	4	3	4	2	3	3	7	2	3
43	0	4	2	4	0	4	3	8	1	4
44	0	4	2	4	1	4	2	8	1	4
45	1	3	2	3	2	4	2	8	2	4
$\bar{x}$	1.401	3.711	1.534	3.510	1.371	3.711	2.420	7.283	1.420	3.572
$\Sigma$	63	167	69	158	62	167	109	328	64	161
Std.	0.809	0.458	0.842	0.548	0.777	0.458	1.097	0.757	0.839	0.543

**ตารางที่ 31 ข - 18** ตารางเปรียบเทียบคะแนนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลัง จำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการคิด แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig. (1-tailed)
			$\bar{x}$	Std.	$\bar{x}$	Std.		
ขั้นการค้นพบ ความจริง	45	4	1.401	0.809	3.711	0.458	18.281	.000
ขั้นการค้นพบ ปัญหา	45	4	1.534	0.842	3.510	0.548	14.472	.000
ขั้นการค้นพบ ความคิด	45	4	1.371	0.777	3.711	0.458	18.354	.000
ขั้นการค้นพบ คำตอบ	45	8	2.420	1.097	7.283	0.757	26.032	.000
ขั้นการค้นพบการ ยอมรับ	45	4	1.420	0.839	3.572	0.543	14.475	.000

\* $p < .05$

**ตารางที่ 32 ข - 19** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนจำแนกตามกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test)

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre1	1.4000	45	.80904	.12060
	post1	3.7111	45	.45837	.06833
Pair 2	pre2	1.5333	45	.84208	.12553
	post2	3.5111	45	.54864	.08179
Pair 3	pre3	1.3778	45	.77720	.11586
	post3	3.7111	45	.45837	.06833
Pair 4	pre4	2.4222	45	1.09729	.16357
	post4	7.2889	45	.75745	.11291
Pair 5	pre5	1.4222	45	.83907	.12508
	post5	3.5778	45	.54309	.08096

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre1 & post1	45	.196	.197
Pair 2	pre2 & post2	45	.184	.227
Pair 3	pre3 & post3	45	.122	.425
Pair 4	pre4 & post4	45	.123	.419
Pair 5	pre5 & post5	45	.001	.994

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre1 - post1	-2.31111	.84805	.12642	-2.56589	-2.05633	-18.281	44	.000
Pair 2	pre2 - post2	-1.97778	.91674	.13666	-2.25320	-1.70236	-14.472	44	.000
Pair 3	pre3 - post3	-2.33333	.85280	.12713	-2.58954	-2.07712	-18.354	44	.000
Pair 4	pre4 - post4	-4.86667	1.25408	.18695	-5.24344	-4.48990	-26.032	44	.000
Pair 5	pre5 - post5	-2.15556	.99899	.14892	-2.45569	-1.85543	-14.475	44	.000

ตารางที่ 33 ข - 20 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ( 16.8 คะแนน)

การทดสอบ	n	เกณฑ์	$\bar{x}$	t	df	Sig. (1-tailed)	Std. Deviation
posttest	45	16.8	21.21	24.104	44	.000	1.392

\* $p < .05$

ตารางที่ 34 ข - 21 คะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
sum2	45	21.8000	1.39153	.20744

One-Sample Test					
Test Value = 16.8					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference

					Lower	Upper
sum 2	24.104	44	.000	5.00000	4.5819	5.4181



## ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา
- ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์



## แผนการจัดการเรียนรู้

ภาคเรียนที่ 2 / 2563 (รายวิชาเพิ่มเติม)

กลุ่มสาระการเรียนรู้.....วิทยาศาสตร์.....รหัส.....ว 31241.....วิชา  
 ชีววิทยา.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....หน่วยการเรียนรู้ที่.....7.....:.....วิวัฒนาการ  
 รวมเวลา.....12.....คาบเรื่อง.....หลักฐานทางวิวัฒนาการ.....จำนวน  
 3.....คาบ เวลา.....150.....นาที ผู้สอน.....นายศราวุธ วงษ์แก้ว

\*\*\*\*\*

## ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ให้อธิบายการเกิด  
 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

## สาระสำคัญ

หลักฐานที่ทำให้เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ เช่นซากดึกดำบรรพ์กายวิภาคเปรียบเทียบ วิทยาเอ็มบริโอ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์การศึกษาทางชีวภูมิศาสตร์และด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

มนุษย์มีการสืบสายวิวัฒนาการมาเป็นเวลานานโดยมีหลักฐานที่สนับสนุนจากซากดึกดำบรรพ์ของบรรพบุรุษมนุษย์ที่ค้นพบ และจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบน DNA ระหว่างมนุษย์กับไพรเมตอื่น ๆ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 1. ด้านความรู้ (K)

1.1 สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และสรุปหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

#### 2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2.1 สามารถสืบค้นเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้จากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ

2.2 สามารถสรุปความรู้เป็นผังมโนทัศน์ได้

#### 3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

3.1 มีความใฝ่เรียนรู้

3.2 การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

3.3 สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

3.4 ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมและการเข้าชั้นเรียน

### สาระการเรียนรู้

หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ได้แก่

1. **หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต** เป็นการศึกษาหลักฐานที่แสดงลำดับการเกิดวิวัฒนาการ และบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตจากอดีตถึงปัจจุบัน โดยคาดคะเนจากอายุของซากดึกดำบรรพ์จากอายุชั้นหินตะกอน

2. **หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ** เป็นการศึกษาวิวัฒนาการจากโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โครงสร้างที่มีต้นกำเนิดเดียวกัน (homologous structure) ที่มีต้นกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน และโครงสร้างที่มีต้นกำเนิดต่างกัน (analogous structure) ที่มีต้นกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน

3. **หลักฐานจากวิทยาเอ็มบริโอเปรียบเทียบ** เป็นการศึกษาวิวัฒนาการจากแผนการเจริญเติบโตที่คล้ายคลึงกันของสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่ระยะไซโกตจนเจริญเป็นเอ็มบริโอ

4. **หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล** เป็นการศึกษาวิวัฒนาการจากการเปรียบเทียบลำดับเบสบนสาย DNA ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีความใกล้ชิดทางวิวัฒนาการจะมีความเหมือนกันของลำดับเบสบนสาย DNA มากกว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น

5. **หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์** เป็นการศึกษาวิวัฒนาการจากการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก

### การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM education) (Riley, 2016)

ขั้นตอนการสอน	วิธีดำเนินการสอน	การบูรณาการ STEAM education	สื่อการสอน
<p><b>ชั่วโมงที่ 1</b></p> <p><b>1. ชั้นระบุสถานการณ์ (Focus)</b></p>	<p>1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิดีโอเกี่ยวกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2. ครูนำภาพสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนและแตกต่างกันมาให้ให้นักเรียนดู และถามคำถามกับนักเรียนว่า เพราะเหตุใด สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลกจึงมีลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกันออกไป</p> <p>(แนวตอบ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีการปรับตัวด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง ทำให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกันออกไป หรือกล่าวได้ว่า สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกัน)</p> <p>3. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า ลักษณะที่ลักษณะเหมือนและแตกต่างของสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตอย่างละเล็กละน้อยจนทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจาก</p>	<p><b>วิทยาศาสตร์ (S)</b></p> <p>1. หลักฐานเกี่ยวกับการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2. การเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการกับสิ่งมีชีวิตในปัจจุบัน</p> <p><b>เทคโนโลยี (T)</b></p> <p>1. การสืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ</p> <p><b>วิศวกรรมศาสตร์</b></p>	<p>1. วิดีโอการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>



		บรรพ์
ชั่วโมงที่ 2		
3. ชั้นศึกษา ค้นคว้า (Discovery)	<p>1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมเพิ่มเติม เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยนักเรียนจะได้รับหัวข้อการศึกษา ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ศึกษาหัวข้อหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์</li> <li>- ศึกษาหัวข้อหลักฐานจากกายวิภาคเปรียบเทียบ</li> <li>- ศึกษาหัวข้อหลักฐานจากวิทยาเอ็มบริโอเปรียบเทียบ</li> <li>- ศึกษาหัวข้อหลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล</li> <li>- ศึกษาหัวข้อหลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์</li> </ul> <p>2. นักเรียนแต่ละคนช่วยกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือเรียนชีววิทยา</p> <p>3. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปว่าซากดึกดำบรรพ์ที่แต่ละกลุ่มได้รับนั้น เป็นหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการแบบใด</p>	<p>1. Power point เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2. ใบกิจกรรม เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ตอนที่ 2 หลักฐานทางวิวัฒนาการ</p>

<p>ชั่วโมงที่ 3</p> <p>4. ชั้นประยุกต์ (Application)</p>	<p>1. นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มพูดคุย แลกเปลี่ยนความรู้ อภิปราย เพื่อร่วมกันสรุป และนำข้อสรุปที่ได้มาจำลองเป็นโมเดล เกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ที่แต่ละกลุ่มได้รับ</p> <p>2. นักเรียนร่วมกันคิดวิธีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยที่ครูไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับแต่ละกลุ่มว่าจะใช้วิธีใดสร้างสรรค์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อใช้ในการอธิบายปัญหาจากสถานการณ์ที่ได้รับ</p>	<p>1. ใบกิจกรรมเรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2. แหล่งเรียนรู้จากอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับหลักฐานทางวิวัฒนาการและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับซากดึกดำบรรพ์ที่ได้รับ</p>
<p>5. ชั้นนำเสนอ (Presentation)</p>	<p>1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาแนะนำเสนอหน้าชั้นเรียนถึงปัญหา สาเหตุและลักษณะของโมเดล ซากดึกดำบรรพ์ว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์แบบใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ</p>	<p>1. ใบกิจกรรมเรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>2. แบบประเมิน</p>

			การ นำเสนอ หน้าชั้น เรียน
6.ชั้นประเมิน และปรับปรุง (Link)	<p>1. ครูประเมินความรู้ของนักเรียนจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียนที่ได้สืบค้นข้อมูล</p> <p>2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังเพิ่มเติมเกี่ยวกับชกตึกดำบรรพ์ โดยการให้นักเรียนดูชก ไม้กลายเป็นหิน</p> <p>- นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p> <p>- ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน</p>		<p>1. ภาพไม้กลายเป็นหิน</p> <p>2. แบบฝึกหัดเรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>

## การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
<p>1. ด้านความรู้</p> <p>- อธิบายหลักฐานต่างๆ ที่สนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้</p>	<p>- การตรวจใบกิจกรรมและแบบฝึกหัด เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>	<p>- ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัด เรื่อง หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต</p>	<p>- นักเรียนสามารถทำใบกิจกรรมเกี่ยวกับหลักฐานทางวิวัฒนาการที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและสามารถนำความรู้ที่ได้มาอธิบายถึงการแก้ปัญหา</p>

			ของสถานการณ์ได้อย่าง ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
<b>2. ด้านทักษะ</b> <b>กระบวนการ</b> - สืบค้น อภิปราย ความรู้ที่ได้เกี่ยวกับ หลักฐานต่าง ๆ ที่ สนับสนุนการเกิด วิวัฒนาการของ สิ่งมีชีวิตได้ - สามารถความรู้ผ่าน ผังความรู้	- ประเมินจากการ นำเสนอหน้าชั้นเรียน - ตรวจสอบจากผัง ความรู้	- แบบประเมินการ นำเสนอหน้าชั้นเรียน - ใบสรุปผังความรู้	- นักเรียนสามารถสืบค้น ข้อมูล สรุปผลข้อมูล ระบุ ปัญหาและอภิปรายเกี่ยว หลักฐานทางวิวัฒนาการที่ใช้ ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ได้อย่างถูกต้องร้อยละ 80
<b>3. ด้านคุณลักษณะอัน</b> <b>พึงประสงค์</b> - มีความใฝ่เรียนรู้ - การร่วมแสดงความ คิดเห็นและยอมรับ ความคิดเห็นของผู้อื่น - สามารถทำงาน ร่วมกับผู้อื่นได้ - ตรงต่อเวลาในการ ปฏิบัติกิจกรรมและการ เข้าชั้นเรียน	- ประเมินจากแบบ ประเมินคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ ระหว่างนักเรียนทำ กิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์	- นักเรียนมีคะแนนการ ประเมินคุณลักษณะอันพึง ประสงค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังการสอน

.....  
 .....



### เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

นักเรียนสามารถนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยมีคะแนนรวมในการประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
17-20	ดีมาก
13-16	ดี
9-12	พอใช้
5-8	ปรับปรุง

### แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในชั้นเรียนฉบับนี้ให้ผู้สอน สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยลงระดับคะแนนในตารางให้ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน					รวม คะแนน )15(	ผ่าน / ไม่ ผ่าน
		มีวินัย		ใฝ่เรียนรู้				
		ตรงต่อเวลาในการ ปฏิบัติกิจกรรม	ตั้งใจเรียนรู้	เอาใจใส่และเพียร พยายามในการเรียนรู้	เข้าร่วมกิจกรรมการ เรียนรู้ต่าง ๆ	ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ จากแหล่งต่าง ๆ		

### เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัวอย่างแนวคำตอบ  
 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 31242  
 เวลา 60 นาที ผู้สอน นายศราวุธ วงษ์แก้ว

\*\*\*\*\*

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

- ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงหนึ่งข้อแล้วทำเครื่องหมาย X ลงใน

กระดาษคำตอบ

ส่วนที่ 2 แบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อใหญ่

- ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

\*\*\*\*\*

1. จากภาพที่เห็นแสดงถึงหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการรูปแบบใด

- ก. หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ
- ข. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์
- ค. หลักฐานทางด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล
- ง. หลักฐานทางด้านชีวภูมิศาสตร์



ที่มา [https://www.google.com/search?CToQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1536](https://www.google.com/search?CToQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536)

2. การศึกษาเรื่องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 3 ชนิดคือ คน แมวและวาฬ หลักฐานใดที่เหมาะสมที่สุดที่จะบอกได้ว่าสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 ชนิดว่ามีวิวัฒนาการมาจากต้นกำเนิดเดียวกัน

- ก. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์
- ข. หลักฐานทางกายวิภาคเปรียบเทียบ
- ค. หลักฐานจากการเจริญของเอ็มบริโอ
- ง. หลักฐานจากร่องรอยของอวัยวะที่ไม่ใช้งาน

3. จากภาพหลักฐานทางด้านกายวิภาคเปรียบเทียบ จงระบุชนิดของโครงสร้างให้ถูกต้องตามลำดับ

- ก. Human, Cat, Whale, Bat  
 ข. Human, Dog, Crocodile, Bat  
 ค. Human, Cat, Tiger, Bat  
**ง. Human, Cat, Whale, Bird**

ที่มา [https://www.google.com/search?CToQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1536](https://www.google.com/search?CToQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536)

#### 4. แนวคิดของลามาร์กประกอบไปด้วยกฎ 2 ข้อ ดังข้อใด

- ก. กฎการใช้และไม่ใช้ / กฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่  
 ข. กฎการใช้และไม่ใช้ / กฎการคัดเลือกโดยธรรมชาติ  
 ค. กฎการใช้ / กฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่  
**ง. กฎการถ่ายทอดลักษณะใหม่ / กฎการคัดเลือกโดยธรรมชาติ**



นกน้ำ

ที่มา

[https://www.google.com/search?q=%E1C1OKWM\\_enTH826TH826&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi](https://www.google.com/search?q=%E1C1OKWM_enTH826TH826&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi)

#### 5. จากภาพ “เท้า” ของนกทั้งสองชนิด สามารถนำแนวคิดทางวิวัฒนาการของลามาร์กมาใช้ อธิบายได้ตามข้อใด

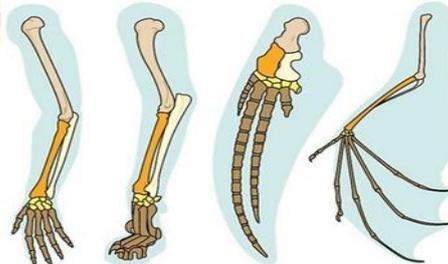
ก. ลักษณะทั้งสองลักษณะไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

**ข. ลักษณะเท้าของนกกบและนกน้ำ**

เป็นไปตามกฎการใช้และไม่ใช้

ค. เท้าของนกทั้งสองสามารถถ่ายทอดต่อไปยังลูกหลานได้

ง. เท้าของนกกบเมื่อย้ายไปหากินในน้ำสามารถเปลี่ยนเป็นแบบนกน้ำได้



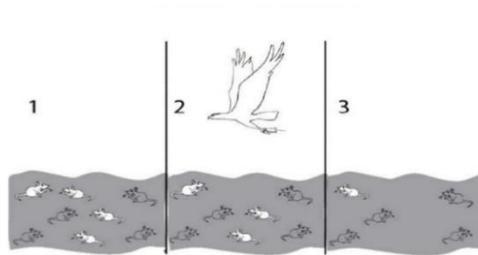
6. "ในอนาคต มนุษย์อาจมีส่วนศีรษะโตขึ้น แต่แขนขาจะลีบเล็กลง เพราะมนุษย์ใช้ความคิดมาก และมีเครื่องทุ่นแรงหลายชนิดทำงานแทน" คำกล่าวนี้สามารถสรุปผลให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิวัฒนาการใด

ก. การต่อสู้เพื่อยังชีวิตของ Wallance

ข. กฎแห่งการใช้และไม่ใช้ของ Lamarck

ค. กฎของการเลือกเฟ้นตามธรรมชาติของ Darwin

ง. กฎแปรผันเพื่อการดำรงชีพของ De Vries



7. จากภาพที่เห็นแสดงถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของบุคคลใด

ก. Jean Lamarck : Theory of use and disuse

ข. Hardy-Weinberg : Hardy-Weinberg Theorem

ค. Charles Robert Darwin : Theory of natural selection

ง. Jean Lamarck : Theory of natural selection

ที่มา <https://www.google.com/search?CsdihoiksejbWYhghAODL,nqh>

8. จากภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ สัตว์ชนิดใดเปรียบเสมือนยีราฟ เพราะเหตุใด

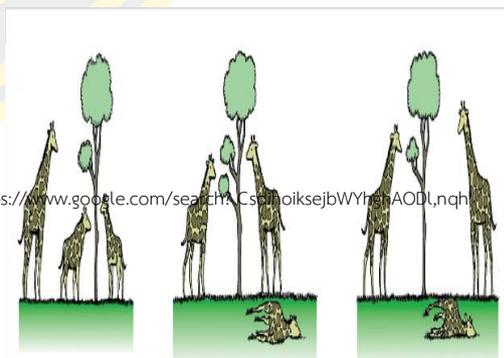
ก. หนูสีดำถูกคัดเลือกโดยเหยี่ยวตามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ข. หนูสีขาวมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอด

ค. หนูสีดำนมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอด

ง. หนูสีขาวถูกคัดเลือกโดยเหยี่ยวตามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ที่มา <https://www.google.com/search?CsdihoiksejbWYhghAODL,nqh>



9. จากทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน นักเรียน

สามารถใช้แนวคิดดังกล่าวอธิบายสถานการณ์ใด

ก. การอยู่ร่วมกันของลูกน้ำกับปลาหางนกยูงในอ่างเลี้ยงปลา

ข. การพองตัวของปลาปักเป้าเมื่อเจอศัตรู

ค. การกัดกันของสุนัขขณะกินอาหาร

ง. การปรับตัวของนกแพนกวินเมื่อน้ำแข็งละลาย

10. แนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการของลามาร์กแตกต่างจากของดาร์วินอย่างไร

- ก. สิ่งมีชีวิตจะต้องปรับตัวเข้ากับธรรมชาติเพื่อการอยู่รอด
- ข. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยเวลา
- ค. ลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นสามารถถ่ายทอดไปยังไปยังลูกหลานต่อไปได้
- ง. สิ่งมีชีวิตมีการพัฒนาลักษณะทางร่างกายซึ่งสามารถถ่ายทอดได้

11. สิ่งมีชีวิตใดที่มีการปรับตัวตามแนวคิดของลามาร์กและดาร์วินตามลำดับ

- ก. นกกระยางมีคอยาวช่วยในการหาอาหารและการปรับตัวของปากของนกฟินด์บนเกาะกาลาปากอส
- ข. การหดหายไปของขาในปลิงปัจจุบันและเหยี่ยวที่มีปีกกว้างเพื่อทำให้สามารถบินได้เร็ว
- ค. เป็ดมีหนังเชื่อมระหว่างนิ้วเพื่อช่วยในการว่ายน้ำและยีราฟมีคอยาวเพื่อช่วยในการกินต้นไม้ที่สูง
- ง. เต่ายักษ์บนเกาะกาลาปากอสที่มีคอยาวเนื่องจากกินกระบองเพชรเป็นอาหารและคอของนกกระยางที่ยาวเพื่อช่วยล่าเหยื่อ

12. ข้อใดเป็นหลักการของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

- ก. ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะมีค่าคงที่ในทุกๆชั่วรุ่น
- ข. ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะมีค่าไม่คงที่ในแต่ละชั่วรุ่น
- ค. ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะมีค่าลดลงเรื่อยๆในแต่ละชั่วรุ่น
- ง. ความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากรจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

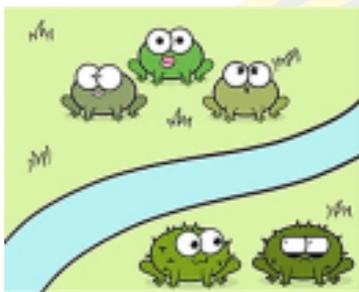
13. ข้อใดไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสมดุล ฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

- ก. สมาชิกทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน
- ข. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสต้องปกติ
- ค. กลุ่มประชากรมีขนาดใหญ่
- ง. มีการอพยพหรือเคลื่อนย้ายยีนระหว่างประชากร

14. จากภาพ ข้อใดสามารถตั้งสมมติฐานได้ตามเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี ไวน์เบิร์กได้ถูกต้องที่สุด

- ก. ความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์จะมีค่าไม่คงที่เนื่องจากประชากรมีขนาดใหญ่
- ข. ความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์จะมีค่าไม่คงที่เนื่องจากประชากรมีขนาดเล็ก
- ค. สมาชิกทุกตัวสามารถเกิดการผสมพันธุ์และเกิดมิวเทชันได้
- ง. สมาชิกทุกตัวอาจไม่สามารถผสมพันธุ์และเกิดวิวัฒนาการได้

www.google.com/search? Ffafbfeil///76543wj';sd.



15. หากนักเรียนต้องการสำรวจจำนวนประชากรบนเกาะแห่งหนึ่ง โดยหลังการสำรวจพบว่าประชากรทั้งหมดอยู่ในสมดุของฮาร์ดี ไวน์เบิร์ก โดยมีประชากรทั้งหมด 10,000 คน มีผู้ป่วยธาลัสซีเมีย 4 คน นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการใดในการคำนวณหาจำนวนประชากรที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย

- ก. คำนวณจากยีนด้อยบนออโตโซม
- ข. คำนวณจากความถี่ของฟีโนไทป์
- ค. คำนวณจากความถี่ของแอลลีล
- ง. ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

16. ถ้าประชากรบนเกาะแห่งหนึ่งมี 100,000 คน มีความถี่ของ  $i^A = 0.27$   $i^B = 0.06$   $i = 0.67$  จงหาจีโนไทป์ของเฮเทอโรไซกัสคนหมู่เลือด B ว่ามีจำนวนทั้งหมดกี่คน

$$\text{สูตร } p^2 + 2pr + q^2 + 2qr + 2pq + r^2 = 1$$

- ก. 8,040 คน
- ข. 4,080 คน
- ค. 1,620 คน
- ง. 1,890 คน

AA	Aa	aa
320	160	20



ที่มา [https://www.google.com/search=นกฟินช์&rlz=1C1OKWM\\_enTH826TH826&source=lnms&tbm](https://www.google.com/search=นกฟินช์&rlz=1C1OKWM_enTH826TH826&source=lnms&tbm)

จากการทดลองข้อใดสามารถคำนวณหาความถี่ของแอลลีลตามหลักของฮาร์ดี ไวน์เบิร์กได้ถูกต้อง

- ก. แอลลีล AA มีความถี่เท่ากับ 160
- ข. แอลลีล Aa มีความถี่เท่ากับ 20
- ค. แอลลีล aa มีความถี่เท่ากับ 640
- ง. แอลลีล AA มีความถี่เท่ากับ 640

18. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์

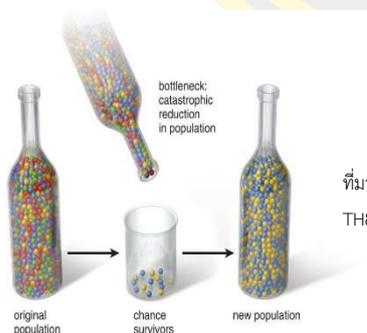
- ก. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ
- ข. การผสมพันธุ์แบบไม่สุ่ม
- ค. การผลิตลูกหลานที่มากเกินไป



ง. แรนดอมเจเนติกดริฟท์

19. รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของยีนในข้อใดเทียบกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงดั่งรูป

- ก. การแพร่ของละอองเรณูจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง
- ข. การอพยพของนกนางแอ่นเมื่อถึงฤดูการผสมพันธุ์
- ค. การอยู่ร่วมกันระหว่างนกเอี้ยงกับควาย
- ง. การเคลื่อนย้ายโขลงช้างเพื่อหาอาหารในแหล่งใหม่



ที่มา [https://www.google.com/search&rlz=1C1OKWM\\_enTH826TH826&source=lnms&tbm](https://www.google.com/search&rlz=1C1OKWM_enTH826TH826&source=lnms&tbm)

20. จากการทดลองสามารถสรุปผลการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ได้อย่างไร

- ก. เมื่อผ่านปรากฏการณ์คอขวดแล้วจำนวนประชากรจะมีความหลากหลายของแอลลีลและจีโนไทป์มากขึ้น
- ข. เมื่อผ่านปรากฏการณ์คอขวดแล้วจำนวนประชากรจะมีความหลากหลายของแอลลีลและจีโนไทป์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ที่มา

<https://www.google.com/searchhttps://www>

[w.google.com/search?q=%](https://www.google.com/search?q=%)

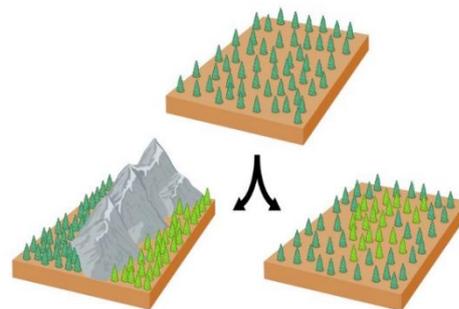
UKewiFgcT8r6\_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2- &

ค. ความถี่ของแอลลีลก่อนและหลังปรากฏการณ์คอขวดมีจำนวนเท่าเดิม

ง. ความถี่ของแอลลีลจะลดลงเมื่อประชากรมีจำนวนลดลงอย่างมากและจะเพิ่มขึ้นภายหลัง แต่ความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง

21. สถานการณ์ใดที่ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากร

- ก. การถ่ายละอองเรณูของดอกไม้หลายชนิดรวมกัน
- ข. การถูกล่าของหนูจากเหยี่ยว
- ค. การได้รับบริจาคเลือดจากการผ่าตัด
- ง. การอพยพของสัตว์



22. จากภาพ A และ B แสดงการเกิดสปีชีส์ใหม่รูปแบบใด

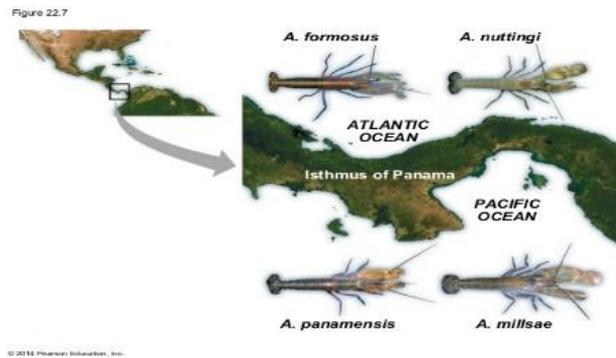
- ก. ภาพ A เกิดแบบ Sympatric speciation  
ภาพ B เกิดแบบ Sympatric speciation
- ข. ภาพ A เกิดแบบ Allopatric speciation  
ภาพ B เกิดแบบ Allopatric speciation
- ค. ภาพ A เกิดแบบ Sympatric speciation  
ภาพ B เกิดแบบ Allopatric speciation
- ง. ภาพ A เกิดแบบ Allopatric speciation  
ภาพ B เกิดแบบ Sympatric speciation

A

B

ที่มา [https://www.google.com/searchhttps://www.google.com/search?q=%UKEwiFgcT8r6\\_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-&](https://www.google.com/searchhttps://www.google.com/search?q=%UKEwiFgcT8r6_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-&)

23. ข้อใดรูปแบบของการเกิดสปีชีส์ใหม่และอธิบายการเกิดสปีชีส์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง



- ก. Allopatric speciation / สปีชีส์ใหม่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์
- ข. Allopatric speciation / สปีชีส์ใหม่เกิดจากสภาพแวดล้อมจนไม่สามารถกลับมาผสมกันได้
- ค. Sympatric speciation / สปีชีส์ใหม่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์
- ง. Sympatric speciation / สปีชีส์ใหม่เกิดจากสภาพแวดล้อมจนไม่สามารถกลับมาผสมกันได้อีก

24. ตัวอย่างการเกิดสปีชีส์ใหม่ในข้อใดสามารถอธิบายการเกิดสปีชีส์ใหม่แบบแบ่งแยกภูมิศาสตร์ได้เหมาะสมที่สุด

- ก. การถ่ายละอองเรณูของดอกเก๊กฮวยในไร่
- ข. การผสมพันธุ์ของต้นสนในไร่เดียวกัน
- ค. การเกิดของนกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอส
- ง. การเกิดยีสราฟคอยาว

25. กลไกการแยกกันสืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 กลไกหลักได้แก่

- ก. prezygotic barrier/ premating
- ข. prezygotic barrier/ postmating
- ค. prezygotic barrier/ postzygotic barrier
- ง. postzygotic barrier/ postmating

26. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการแยกกันสืบพันธุ์

- ก. การแยกกันสืบพันธุ์ประกอบด้วย 2 กลไกหลักคือ กลไกป้องกันหลังระยะไซโกตและกลไกก่อนระยะไซโกต
- ข. กลไกการป้องกันหลังระยะไซโกต เช่น การผสมเทียมของกบต่างสปีชีส์กัน

ค. กลไกการแยกกันสืบพันธุ์แบบป้องกันก่อนระยะไซโกต เช่น การผสมระหว่างม้ามกับลา และได้อลูที่เป็นหมัน

ง. ที่อยู่อาศัยถือเป็นกลไกการป้องกันก่อนระยะไซโกต

27. จากภาพที่เห็นนักเรียนสามารถสรุปกลไกการแยกกันสืบพันธุ์ได้อย่างไร

ก. กบเกิดกลไกการแยกกันสืบพันธุ์เนื่องจากโครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ที่แตกต่างกัน

ข. กบไม่เกิดกลไกการแยกกันสืบพันธุ์

ค. กบเกิดกลไกการแยกกันสืบพันธุ์เนื่องจากมีที่อยู่อาศัยต่างกัน

ง. กบแต่ละพื้นที่สามารถสืบพันธุ์กันได้แต่จะได้ลูกที่เป็นหมัน

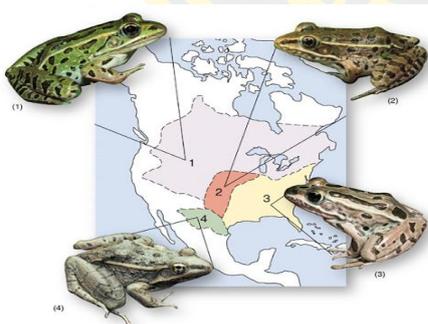
ที่มา [https:// www.google.com/search?q=%](https://www.google.com/search?q=%)

28. เมื่อจัดลำดับสายวิวัฒนาการของมนุษย์และเปรียบเทียบกับสารชีวโมเลกุลแล้วถือเป็นบรรพบุรุษที่คล้ายคลึงกับมนุษย์มากที่สุด ซึ่งได้แก่มนุษย์สกุลใด

ก. *Homo habilis*

ข. *Homo sapiens*

ค. *Australopithecus lobustus*



ง. *Australopithecus afarensis* (Lucy)

29. ข้อใดเป็นปัญหาหรือตัวกำหนดที่ทำให้มนุษย์เกิดการวิวัฒนาการขึ้น

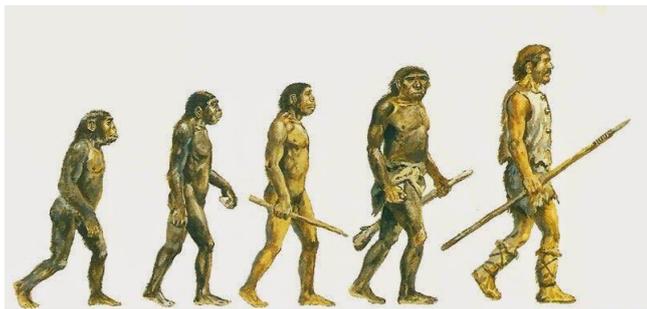
ก. การเรียนรู้ที่จะใช้เครื่องมือง่ายๆ เพื่อการดำรงชีวิต

ข. การอพยพย้ายถิ่นฐาน

ค. ที่อยู่อาศัย

ง. การเลียนแบบพฤติกรรมของลิง

30. จากภาพการเกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ สามารถสรุปผลว่ามนุษย์เกิดวิวัฒนาการทางด้านใดมากที่สุด



ที่มา [https:// www.google.com/search?q=ปรากฏการณ์คอขวด&tbm=isch&ved=2ahUKEwiFgcT8r6\\_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-cCeg](https://www.google.com/search?q=ปรากฏการณ์คอขวด&tbm=isch&ved=2ahUKEwiFgcT8r6_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-cCeg)

- ก. คนที่ปกคลุมร่างกายหายไป
- ข. สมองมีขนาดโตขึ้นและสามารถทำงานได้อย่างซับซ้อน
- ค. ทางเกิดการหดหายไปเมื่อไม่ใช้
- ง. มนุษย์ไม่ได้มีวิวัฒนาการมาจากลิงตั้งแต่เริ่มแรก

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแนวคำตอบ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

**คำชี้แจง** แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ประกอบด้วย 2 ตอนดังนี้

**ตอนที่ 1 สถานการณ์ที่ต้องการแก้ปัญหา**

**สถานการณ์**

นักสำรวจธรณีวิทยาท่านหนึ่งทำการออกสำรวจหมู่เกาะแห่งหนึ่งที่ประกอบไปด้วยเกาะย่อย ๆ โดยในระหว่างการสำรวจนั้น นักสำรวจท่านนี้ได้สังเกตเห็นในแต่ละเกาะมีลักษณะของดิน ต้นไม้พันธุ์ต่าง ๆ และนกฟินต์ พบว่าในแต่ละเกาะก็มีความแตกต่างกันออกไปทั้งหมด จึงทำให้นักธรณีวิทยาท่านนี้อยากทราบว่าเพราะเหตุใด ต้นไม้และนกฟินต์ในแต่ละเกาะถึงมีความแตกต่างกัน สาเหตุเกิดจากอะไรถึงทำให้มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป



ที่มา [https://www.google.com/searchhttps://www.google.com/search?q=%20UKEWiFgcT8r6\\_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-&](https://www.google.com/searchhttps://www.google.com/search?q=%20UKEWiFgcT8r6_wAhVmCrcAHU5EBZUQ2-&)

หากนักเรียนเป็นนักเป็นนักธรณีวิทยาท่านนี้ นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร หรือมีวิธีการอย่างไรในการอธิบายความแตกต่างของต้นไม้และนกฟินต์ในเกาะย่อยต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางด้านหลักฐานที่บ่งบอกถึงการเกิดวิวัฒนาการว่าเพราะเหตุใดทำไมจึงมีความแตกต่างกันออกไปทั้งที่อยู่ในหมู่เกาะเดียวกัน

ตอนที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมีข้อคำถาม 6 ข้อ

ข้อคำถามที่ 1 .จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่านักธรณีวิทยาท่านนี้ประสบปัญหาอะไรและเมื่อแก้ปัญหาแล้วจะมีประโยชน์อย่างไร

ที่	ประเด็นปัญหา	
	ปัญหาใหญ่	ปัญหาย่อย
1	แนวคำตอบ เราจะสามารถตรวจสอบได้อย่างไรว่าเป็นเพราะเหตุใด ต้นไม้และนกฟินต์ในหมู่เกาะถึงมีความแตกต่างกัน	นกฟินต์ที่พบเป็นสายพันธ์เดียวกันหรือไม่ ลักษณะเกาะที่แตกต่างกันทำไมถึงทำให้นกฟินต์มีลักษณะที่แตกต่างกัน ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนหมู่เกาะทำไมถึงมีลักษณะแตกต่างกัน
2	แนวคำตอบ เราจะสามารถทราบได้อย่างไรว่า ต้นไม้และนกฟินต์ในหมู่เกาะทำไมถึงมีความแตกต่างกัน	เราสามารถใช้ความรู้ทางด้านใดในการตรวจสอบ เครื่องมือชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับตรวจสอบข้อปัญหา
3		

ข้อคำถามที่ 2 ให้นักเรียนเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขปัญหาโดยเรียงตามความสำคัญ

ปัญหาที่ต้องการแก้เป็นอันดับแรก	เหตุผล
แนวคำตอบ เราจะสามารถทราบได้อย่างไรว่า ต้นไม้และนกฟินต์ในหมู่เกาะทำไมถึงมีความแตกต่างกัน	เพื่อต้องการทราบถึงข้อเท็จจริงว่านกฟินต์และต้นไม้มีความแตกต่างกันเพราะเหตุใด สามารถใช้เครื่องมือใดในการตรวจสอบและเครื่องมือชนิดใดถึงมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับใช้ในการตรวจสอบ

**ข้อคำถามที่ 3** ให้นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ จากประเด็นที่เลือกไว้ให้ได้มากที่สุด (ไม่กำหนดประเด็นคำตอบ)

ที่	วิธีการแก้ปัญหา	ประโยชน์จากการแก้ปัญหา
	หาผู้เชี่ยวชาญทางด้านนกฟินต์และต้นไม้เพื่อคอยปรึกษา	ทำให้ทราบถึงข้อมูลจริงจากผู้เชี่ยวชาญ
	ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ	เพื่อตรวจสอบว่านกฟินต์และต้นไม้ในหมู่เกาะแตกต่างกันเพราะอะไร
	ศึกษาลักษณะของหมู่เกาะจากแผนภาพดาวเทียม	เพื่อทราบว่าหมู่เกาะแห่งนี้มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด
	ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนกฟินต์และต้นไม้	เพื่อหาข้อมูลมาใช้สนับสนุนในการพิสูจน์ความแตกต่าง
	ค้นหาเครื่องมือที่จะสามารถช่วยในการพิสูจน์ว่านกฟินต์และต้นไม้ในแต่ละหมู่เกาะมีความแตกต่างกันจริง	เพื่อตรวจสอบความแตกต่างที่แท้จริงจากเครื่องมือที่คิดประดิษฐ์ขึ้น

**ข้อคำถามที่ 4** ให้นักเรียนพิจารณาคัดเลือกปัญหาที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งระบุข้อดีและข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหา

ที่	วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด	ข้อดี	ข้อเสีย
1	ค้นหาเครื่องมือที่จะสามารถช่วยในการพิสูจน์ว่านกฟินต์และต้นไม้ในแต่ละหมู่เกาะมีความแตกต่างกันจริง	สามารถตรวจสอบความแตกต่างได้	ไม่มี
2	ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ	สามารถบอกความแตกต่างและได้เครื่องมือชนิดใหม่	ประดิษฐ์ขึ้นได้ยาก
3	หาผู้เชี่ยวชาญทางด้านนกฟินต์และต้นไม้เพื่อคอยปรึกษา	ทราบถึงข้อเท็จจริง	หาผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านยาก
4	ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนกฟินต์และต้นไม้	ทราบถึงข้อเท็จจริง	ไม่มี
5	ศึกษาลักษณะของหมู่เกาะจากแผนภาพดาวเทียม	ทราบความแตกต่างของหมู่เกาะที่แท้จริง	อาจไม่ช่วยให้ทราบถึงความแตกต่างของนกฟินต์และต้นไม้ที่แท้จริง

**ข้อคำถามที่ 5** ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดจากข้อที่ 3 โดยแสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาได้จริง โดยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ชัดเจนและระบุผลที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการแก้ปัญหา

ขั้นตอน	ขั้นตอนการแก้ปัญหา	ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหา
ค้นหาเครื่องมือที่จะสามารถช่วยในการพิสูจน์ว่านกฟินด์และต้นไม้ในแต่ละหมู่เกาะมีความแตกต่างกันจริง	1. ระบุปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์	ทราบถึงปัญหาที่แท้จริง
	2. ศึกษาหาเครื่องมือชนิดต่างๆ	ทราบถึงเครื่องมือว่ามีกี่ชนิดและแต่ละชนิดมีการทำงานอย่างไร และช่วยบอกความแตกต่างของนกฟินด์และต้นไม้ที่เราต้องการศึกษาได้จริงหรือไม่
	3. หาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนกฟินด์และต้นไม้ในหมู่เกาะ	ทราบถึงข้อมูลของนกฟินด์และต้นไม้เพื่อใช้ในการประกอบการแก้ปัญหา
	4. พิสูจน์ข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่ได้รับกับเครื่องมือที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า	ได้ผลการทดลองและข้อสรุป
	5. ลงข้อสรุปและระบุสรรคที่ เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา	ทราบถึงข้อสรุปว่าวิธีการที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหาสามารถทำให้ทราบถึงความแตกต่างได้จริงหรือไม่

**ข้อคำถามที่ 6** จากวิธีการแก้ปัญหาข้างต้น นักเรียนคิดว่าสามารถนำวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาทางด้านใด ๆ ได้บ้าง

**แนวคำตอบ**

ทางด้านเกษตร เช่น เพราะเหตุใดต้นไม้ที่ปลูกในพื้นที่เดียวกันถึงมีการเจริญเติบโตที่ต่างกัน  
 ทางด้านแพทย์ เช่น เป็นเพราะเหตุใดคนเราถึงมีปริมาณการรับประทานอาหารที่แตกต่างกัน  
 ทางด้านวิทยาศาสตร์ เช่น เป็นเพราะเหตุใดเซลล์มะเร็งถึงมีการเกิดขึ้นได้ในบุคคลอวัยวะที่แตกต่างกัน

ออกไป



## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายศรารุธ วงษ์แก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	27 กรกฎาคม 2537
สถานที่เกิด	นครนายก
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	42 หมู่ 10 ตำบลพระอาจารย์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

