ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศรัณย์พร สุดโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศรัณย์พร สุดโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE EFFECTS OF STEM EDUCATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT

SARANPORN SUDTO

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

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศรัณย์พร สุดโต ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62910113: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education), ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศรัณย์พร สุดโต : ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. (THE EFFECTS OF STEM EDUCATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นพมณี เชื้อวัชรินทร์, ปร.ด., กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2567.

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอบ้านบึง จ.ชลบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบ dependent sample และการทดสอบค่าทีแบบ one sample ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (ร้อยละ 87.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะการสร้างแบบจำลอง

2. คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (ร้อยละ 86.10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านการสร้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

62910113: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: STEM EDUCATION, SCIENCE PROCESS SKILLS, LEARNING ACHIEVEMENT

SARANPORN SUDTO : THE EFFECTS OF STEM EDUCATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT. ADVISORY COMMITTEE: NOPMANEE CHAUVATCHARIN, Ph.D. KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D. 2024.

The purposes of this research were 1) to compare science process skills after using STEM education with before using STEM education and the 70 percent criterion, and 2) to study learning achievement by comparing score after using STEM education with score before using STEM education and the 70 percent criterion. The participants were 41 tenth grade students form one school in Banbueng District Chonburi. They were selected by cluster random sampling. The research instruments consisted of 1) lesson plans using STEM Education in the topic of Evolution, 2) science process skills, and 3) learning achievement test on the topic of Evolution. Statistics used for data analysis were mean, standard deviation, The data were analyzed with t-test for dependent sample and t-test for one sample. Research results revealed that

1. the students' science process skills scores after using STEM education (87.70%) were higher than before using STEM education and higher than the 70 percent criterion with statisticaly significant at the .05 level. The highest score of science process skills after using STEM education were modeling construction.

2. the students' learning achievement scores after using STEM education (86.10%) were higher than before using STEM education and higher than the 70 percent criterion with statisticaly significant at the .05 level. The highest score of learning achievement after using STEM education was creating.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพมณี เชื้อวัชรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างละเอียดด้วยความใส่ใจเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจและตระหนักถึงความตั้งใจและทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณที่ปรึกษาร่วมในวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติมา พันธ์พฤกษา ในการให้คำปรึกษาพร้อมทั้งแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ทั้งในเรื่องของวิทยานิพนธ์ไปจนถึงการประกอบวิชาชีพครู ผู้วิจัยรู้สึกดีใจและเป็นเกียรติอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา ทองสอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสาตรี คงเจริญสุนทร อาจารย์อุมาพร ภิรมย์ภักดิ์ และอาจารย์ปรัชญา เปี้ยจัน ที่ให้ความอนุเคราะห์และเสียสละเวลาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนายเอกบรรจง บุญผ่อง ผู้อำนวยการ นางรุศดา บุญกระพือ รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนิสิตฝึกสอน บ.บ. ปีการศึกษา 2563 รวมไปถึงนักเรียนโรงเรียนบ้านบึง "อุตสาหกรรมนุเคราะห์" จ.ชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์อุมาพร ภิรมย์ภักดิ์ ครูพี่เลี้ยงในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา มอบโอกาส และคำแนะนำอย่างดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคุณแม่ศรีสง่า แสงสว่าง คุณแม่ธนพร กำพลศรี คุณณัฐพล แก้วไวยุทธ์ และคุณเบญจวรรณ์ พึ่งเพ็ง ผู้สนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคคลากรฝ่ายบัณฑิตศึกษา บุคคลากรภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่คอยช่วยเหลือกันตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศรัณย์พร สุดโต

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 13

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 26

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 31

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46

รูปแบบการวิจัย 46

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 47
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 47
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 47
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 55
การวิเคราะห์ข้อมูล 56
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 56
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย 60
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 60
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 61
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 66
สรุปผลการวิจัย 66
อภิปรายผลการวิจัย 66
ข้อเสนอแนะ 69
บรรณานุกรม 71
บรรณานุกรม 193
ประวัติย่อของผู้วิจัย 195

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest - posttest design..... 46

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้ำหนักและเวลาเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ 48

ตารางที่ 3-3 การกำหนดโครงสร้างของข้อสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องวิวัฒนาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4..... 52

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์ค่าคะแนนที่ใช้แปลผลค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)..... 53

ตารางที่ 3-5 แสดงการวิเคราะห์ออกข้อสอบตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา..... 54

บทที่ 1
บทนำ

โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จังหวัดชลบุรี สถานศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ มีการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 เป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาชลบุรี ระยอง มีแผนการเรียนที่หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียน เช่น แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ แผนการเรียนวิศวกรรมศาสตร์ แผนการเรียนสายวิทย์สุขภาพ และห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนนั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบมาเพื่อตอบรับกับสิ่งที่นักเรียนสนใจ โดยครูผู้สอนสามารถบูรณาการวิชาการต่าง ๆ เข้ามา เพื่อเพิ่มศักยภาพของนักเรียนให้สอดคล้องกับแผนการเรียนที่นักเรียนเลือก และเนื่องจากโรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” เป็นโรงเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่อุตสาหกรรม ซึ่งเป็นเขตพื้นที่ของโครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC: Eastern Economic Corridor) ที่เป็นแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี กำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ ระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา (THE STANDARD TEAM, 2564) ซึ่ง 1 ใน 8 ของแผนนโยบายของโครงการ EEC คือ แผนข้อที่ 3 แผนปฏิบัติการการพัฒนาบุคลากร การศึกษา การวิจัย และเทคโนโลยี (พระราชบัญญัติเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก, 2561) โดยการพัฒนาบุคลากรตามแนวทาง EEC Model ซึ่งได้รับความร่วมมือจาก 3 กระทรวง ได้แก่ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม และกระทรวงแรงงาน ในการช่วยผลักดันเป้าหมาย ให้บุคลากรมีทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมขั้นสูง โดยการพัฒนาบุคลากรตามแนวทางของโครงการ EEC Model นั้น เริ่มจากการพัฒนาตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เช่น โครงการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะด้าน coding สู่สังคมดิจิทัล (สพฐ.) โครงการบูรณาการจัดการเรียนรู้ และการแข่งขันเขียนโปรแกรมทางปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น ตั้งแต่ปี 2561 จนถึงปัจจุบัน (Eastern Economic Corridor (EEC) Office, 2564)

และเพื่อตอบสนองต่อความต้องการบุคลากรของโครงการ EEC ที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่ ผู้วิจัยจึงสนใจจัดการศึกษาที่ตอบรับกับโครงการ นั่นคือ การบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้ประชากรในเขตพื้นที่ มีทักษะและความรู้ที่จำเป็นต่อโครงการ EEC และการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น (คงกระพัน อินทรแจ้ง, 2562) ผู้วิจัยจึงศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ให้ตรงตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next generation science standard: NGSS) ที่เผยแพร่แนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นการบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าเป็นการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม (ปิณิดา สุวรรณพรม, เยาวเรศ ใจเย็น และ ปวริศา จรดล, 2563)

คำว่า STEM ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The national science foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึงองค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่จะต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในยุคโลกาภิวัตน์ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะ 5 ประการได้แก่ 1.) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ 2.) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3.) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4.) ท้าทายความคิดของนักเรียน และ 5.) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้จากการลงมือปฏิบัติจากในรายวิชามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (ศูนย์สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2562)

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาบุคลากรในเขตพื้นที่ตามเป้าหมายของโครงการ EEC แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาคะแนน O – NET (Ordinary national education test) ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน เพื่อทดสอบความรู้และความคิดรวบยอดของนักเรียน ในปีการศึกษา 2562 – 2566 ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก ซึ่งเป็นภูมิภาคของบุคลากรในโครงการ EEC พบว่า ผลคะแนน O - NET เฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี เท่ากับ 29.20, 32.68, 28.65, 28.08 และ 29.09 แสดงให้เห็นว่าผลคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้และยังไม่ถึงร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562 - 2566) ประกอบกับเมื่อผู้วิจัยได้สังเกตนักเรียนภายในชั้นเรียนจึงพบว่า เมื่อมีการสอบวัดความรู้หรือสอบเก็บคะแนน นักเรียนจะอ่านหนังสือและจำในเนื้อหาเรื่องที่สอบเพื่อนำไปสอบเท่านั้น และเมื่อถึงบทถัดไป ครูผู้สอนได้ใช้คำถามทบทวนในเนื้อหาที่ผ่านมา พบว่านักเรียนไม่สามารถตอบคำถามเหล่านั้นได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมิได้เข้าใจในเนื้อหาอย่างแท้จริง และเมื่อถึง

หน่วยการเรียนรู้ที่ต้องทำปฏิบัติการเพื่อทดสอบความเข้าใจ นักเรียนจึงไม่สามารถทำได้ เพราะขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว รวมทั้งเพิ่มศักยภาพทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงได้มีการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) มาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้น ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวัน (National reaserch council, 2012)

โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จะมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องของเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ มีความเข้าใจความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยี

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์เข้ามาใช้เป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนจะต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National reaserch Council, 2012) โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์เข้ามาใช้จะประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem identification) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการทดลองหรือสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา มีการดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูล และการค้นหาแนวคิด ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นขั้นตอนการนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการ

แก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมิน อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา และขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ (สมชาย อุ่นแก้ว, ม.ป.ป.)

สังคมในปัจจุบันต้องการกำลังคนที่มีทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ การบูรณาการความรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรมหรือโครงงานที่เหมาะสมกับวัย การเรียนวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะที่ควรมีคือ การเรียนที่ส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้เป็นทักษะตลอดชีวิตให้ได้ประโยชน์ เน้นการสอนผู้เรียนให้รู้จักการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ การได้มาซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณการ ที่นอกเหนือไปกว่าการได้มาที่เป็นข้อเท็จจริงทางเนื้อหาวิชา แต่จะได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจและการแก้ปัญหาที่ดียิ่งขึ้น (วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว, 2542) กล่าวคือ การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ) ซึ่งทักษะที่เป็นส่วนช่วยส่งเสริมให้เด็กมีการพัฒนาตรงตามทักษะที่ต้องการคือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล และทักษะการสร้างแบบจำลอง (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับยุคสมัยปัจจุบัน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้นำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ เช่น ในการฝึกการปฏิบัติ การตั้งสมมติฐาน การตั้งคำถาม เป็นต้น และเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มขึ้น โดยผู้สอนจะต้องเน้นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน การเรียนรู้ร่วมกัน การเรียนรู้จากธรรมชาติ การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและการเรียนรู้แบบบูรณาการ ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนส่งเสริมให้มีความรู้ทั้งในวิชาหลักและทักษะการเรียนรู้ โดยจะต้องเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนนั้น นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่ค่อนข้างดีแล้ว หากแต่ยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะ

การกำหนดนิยาม ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายและสรุปผลการทดลอง และทักษะการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีความคิดรวบยอดที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองกับยุคสมัย

โดยทักษะในแต่ละด้านที่แตกต่างกันทั้งหมดนั้นจะทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาพัฒนานอกจากผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้น แต่ยังสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และพิศาส สร้อยสุหร่ำ, 2553) จากค่าเป้าหมายของคะแนนเพื่อการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษานั้น มีค่าเป้าหมายอยู่ที่ร้อยละ 60 ในปีที่ผ่านมารายวิชาชีววิทยา 2 (ว30242) โดยมี อาจารย์อุมาพร ภิรมย์ภักดิ์ เป็นคุณครูผู้สอน นักเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียนที่คละความรู้ความสามารถกัน แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ได้เรียนเนื้อหาเรื่อง วิวัฒนาการ โดยมีเนื้อหาดังนี้ การอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต การศึกษาแนวคิดของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน เงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิล และกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ตามค่าเป้าคะแนนของรายวิชา ประมาณร้อยละ 80 จากนักเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งถือว่าเป็นผลการเรียนที่อยู่ในระดับดี เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง วิวัฒนาการ สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกนั้นเพราะเป็นเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา ที่มีส่วนที่อาศัยความรู้และการคำนวณในเรื่องเดียว เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงยิ่งขึ้น และจะได้นำมวลความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปใช้ต่อได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อศึกษาคะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน

4. เพื่อศึกษาคะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน

4. เพื่อศึกษาคะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ประโยชน์ทางตรง ได้แก่

1.1 นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ การทดลอง การทำปฏิบัติการในเรื่องอื่น หรือรายวิชาอื่นต่อไป

1.2 นักเรียนมีความรู้และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ สูงขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. ประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่

2.1 ได้แนวทางการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ใช้ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ และเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาชีววิทยาให้ดียิ่งขึ้น

2.2 นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการเตรียมสอบเข้าในระดับอุดมศึกษาต่อไป

2.3 เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน บุคลากรทางการศึกษาและผู้ที่สนใจในการพัฒนาจัดกิจกรรมในเนื้อหา เรื่อง วิวัฒนาการ ให้เกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.4 ได้แนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ใช้ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้มาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จังหวัดชลบุรี จำนวน 3 ห้องเรียน โดยทั้ง 3 ห้องเรียนที่คละความรู้ความสามารถกัน และเป็นห้องเรียนแผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ จำนวน 109 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” ที่ผู้วิจัยได้ทำการขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการสถานศึกษา รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ และคณะครูในโรงเรียน เพื่อเข้าสอบถามความยินยอมในการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยแจ้งสิทธิ์ให้แก่ผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและนักเรียน (กลุ่มตัวอย่างอยู่ในกลุ่มผู้วิจัยอายุตั้งแต่ 12 ปี แต่ไม่ถึง 18 ปี จึงต้องมีเอกสารแสดงความสมัครใจจากผู้ปกครองตามมาตรฐาน SOPs) ในการมีอิสระสามารถเข้าร่วมหรือไม่ก็ได้

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

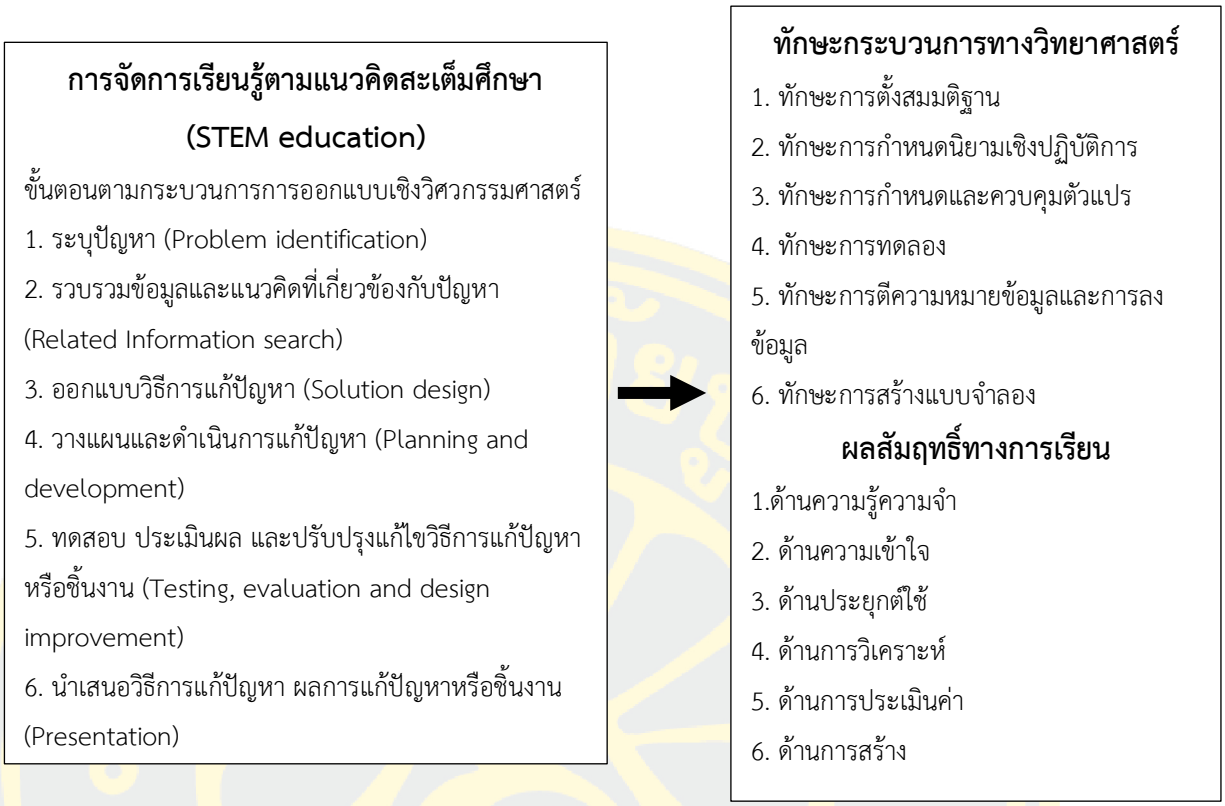
การวิจัยในครั้งนี้ใช้เนื้อหาในรายวิชา ชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วิวัฒนาการ มีเนื้อหาดังนี้ การอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต การศึกษาแนวคิดของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน เงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิล และกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ มีการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) 2 คาบ และ แบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) 2 คาบ ใช้เวลาในการสอน 14 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากการศึกษางานวิจัยและวารสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) เป็นผู้คิดค้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากนั้นทางสสวท. ได้นำมาใช้ ซึ่งทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้คือ ศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) ซึ่งเน้นความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ทฤษฎีที่สนับสนุนต่อมาคือ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เชื่อว่ามนุษย์เลือกรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและเรียนรู้จากกระบวนการที่ตนเองค้นพบ เพราะการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีดังกล่าวเน้นการบูรณาการตามสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ความสามารถ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจ รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน นั่นคือวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การบูรณาการความรู้จาก 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิดรวบยอด และทักษะที่จำเป็นสำหรับตนเอง และเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้แก้ปัญหาชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและมีเหตุผล

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เป็น 6 ขั้นตอน ตามวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ คือ

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem identification) เป็นขั้นตอนการทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้ศึกษาปัญหาที่นักเรียนค้นพบหรือสนใจ

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องศึกษาแนวคิด กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของนักเรียน จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นขั้นตอนการประยุกต์ใช้ข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด การที่นักเรียนเก็บรวมรวมข้อมูลมาแล้วนั้น นักเรียนจะต้องนำมาศึกษาและหาแนวทางหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นขั้นตอนการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา หรือสร้างวิธีการ หรือชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and design improvement) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด หลังจากที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแล้วนั้น นักเรียนจะต้องนำมาประเมินผล เพื่อหาว่ามีข้อที่ต้องปรับปรุงหรือแก้ไขแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ปรับปรุงชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป เมื่อนักเรียนปรับปรุงเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น นักเรียนจึงนำมานำเสนอหรือเผยแพร่ให้ผู้อื่นเข้าใจ และนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดต่อไป

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกฝนจนเกิดเป็นความคล่องแคล่ว เป็นกระบวนการพื้นฐานที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นในการเรียนรู้ ทั้งที่มีเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเนื้อหาวิชาอื่น ๆ กิจกรรมการเรียนรู้ที่จะทำให้เกิดทักษะ จะต้องเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจในกระบวนการในการแสวงหาความรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับตนเอง งานวิจัยฉบับนี้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 6 ทักษะ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหรือขั้นสูง ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล และทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจัดทำแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ ที่มีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีความชอบในการทดลอง แต่ยังขาดการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในอนาคตทั้งการเข้ามหาวิทยาลัย การประกอบอาชีพต่าง ๆ จะได้ทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ หรือความสามารถทั้งหมดที่สามารถวัดออกมาเป็นคะแนน หลังจากได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อันส่งผลให้ทราบว่า

ผู้เรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้หรือไม่ ซึ่งแบบทดสอบเป็นไปตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy Revised) ที่ได้รับการปรับปรุงโดยแอนเดอสันทั้ง 6 ด้าน คือ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้เนื้อหาในเรื่อง วิวัฒนาการ มีเนื้อหาดังนี้ การอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต การศึกษาแนวคิดของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน เงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิล และกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง ค่าเป้าหมายของคะแนนจากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งเป็นร้อยละ 70 ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีแบบทดสอบ 24 ข้อ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึงนักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 16.80 คะแนน และร้อยละ 70 ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ที่มีแบบทดสอบ 30 ข้อ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง นักเรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 21 คะแนน เพื่อการพัฒนาตามมาตรฐานสถานศึกษา และเพื่อประกันคุณภาพภายในที่ได้กำหนดการผ่านเกณฑ์ไว้ไม่ต่ำกว่าระดับผลการเรียน 2.00 คือ ตั้งแต่ช่วงคะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาศึกษา (STEM education) ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

- เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
- คุณภาพผู้เรียนเมื่อเรียนจบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
- สาระสำคัญรายวิชาชีววิทยาในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
- สาระชีววิทยา
- หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วิวัฒนาการ

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

- ที่มาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
- ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

- การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 14 ทักษะ
- การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- งานวิจัยในประเทศ
- งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต สำรวจตรวจสอบ ทดลอง แล้วจึงนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นผ่านทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิด จินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

คุณภาพผู้เรียนเมื่อเรียนจบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ กลไกการรักษาดุลยภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการ ที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เข้าใจในความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงและการแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือก และตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูดหรือการเขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบสร้างหรือพัฒนาผลงาน สำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่เท่าเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐานและผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้ และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง

3. มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคตมากขึ้น เช่น เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในสาระชีววิทยา เรื่องทักษะและความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมี นวัตกรรมและการแก้ปัญหา ที่เน้นการบูรณาการในสาระเคมี เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสมกับสังคมและเศรษฐกิจดิจิทัลในปัจจุบัน รวมทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค เพื่อความสอดคล้องกับความก้าวหน้าของวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน

สาระสำคัญรายวิชาชีววิทยาในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

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

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วิวัฒนาการ

จากหน่วยการเรียนรู้เรื่องวิวัฒนาการ จึงสามารถวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วิวัฒนาการ และผลการเรียนรู้ (เวลา 14 คาบเรียน ในการจัดการเรียนการสอน)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
วิวัฒนาการ	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต - อธิบายหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	15	2
	2. อธิบายและเปรียบเทียบวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน	-วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์ก - ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก - อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก - สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ - อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ	20	3

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
	3. อธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก	- พันธุศาสตร์ประชากร	- คำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก	30	4
		- ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลิล	- อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก - สืบค้นข้อมูล และสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ ในประชากรที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	15	2
	4. สืบค้นข้อมูล อธิปรายและอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต	- กำเนิดสปีชีส์	- อธิบายและยกตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับสปีชีส์ด้านต่าง ๆ - อธิบายและยกตัวอย่างการแยกเหตุการสืบพันธุ์ - อธิบายและยกตัวอย่างกำเนิดสปีชีส์	20	3
		รวม		**100**	**14**

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ที่มาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมชาย อุ่นแก้ว กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity base) หรือ การทำโครงงาน (Project base) ที่เหมาะสมกับชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การแก้ปัญหา และการสื่อสาร ซึ่งจะนำไปใช้เชื่อมโยงความรู้ในชีวิตประจำวัน และในเนื้อหาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์

เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจใน ธรรมชาติ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) และกิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities)

แซนเดอร์ (Sander, 2000) กล่าวว่า ในช่วงทศวรรษ 1990 มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The national science foundation (NSF)) ได้กำหนดคำย่อของ “Science, Mathematics, Engineering and Technology” ว่า SMET ต่อมาปี ค.ศ. 1993 มีรายงานการประเมินมาตรฐาน 18 ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของชาวอเมริกัน (Benchmarks for science literacy) และรายงานถึงความสำคัญของรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่เป็นจุดเริ่มต้นของความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ผู้เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญ

National council of teachers of mathematics กล่าวไว้ในปี ค.ศ. 2001 สหรัฐอเมริกาประกาศลงในพระราชบัญญัติให้สถานศึกษาจัดการศึกษาตามรูปแบบของสะเต็มศึกษาสำหรับผู้ที่ขาดโอกาสทางการศึกษาเป็นกลุ่มเป้าหมาย ปี ค.ศ. 2003 คาดว่า SMET ได้ถูกท้วงติงว่าไม่เหมาะสม เพราะมีความหมายว่า เขม่า (SMUT) จึงเปลี่ยนเป็น STEM เพื่อสื่อถึงความหมายใหม่ที่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

ฟราด์ยแมน (Friedman, 2005) กล่าวว่า สถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ได้จัดโครงการนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษามาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 จากสหรัฐอเมริกาสู่การศึกษาในประเทศจีนและอินเดีย และมีแนวคิดว่าสะเต็มศึกษา เป็นสัญลักษณ์ของการเปลี่ยนแปลงของการจัดการศึกษา

ศิริพร ศรีจันทะ (2562) กล่าวว่า ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ได้แก่ ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้คือ ศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal learning) เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้าง สติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสองของผู้เรียนอยู่แล้ว และทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (discovery learning)

สรุปได้ว่า ที่มาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีขึ้นมาตั้งแต่อดีต โดยพัฒนามาจากทฤษฎี Constructionism การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based learning) และการจัดการเรียนรู้แบบการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

(Scientific Problem-based) ผ่านการทำกิจกรรม (Activity base) หรือ การทำโครงงาน (Project base) ที่เหมาะสมกับชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและให้ความสำคัญกับ 4 สาขาวิชาพื้นฐาน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ และการสื่อสาร ซึ่งจะนำไปใช้เชื่อมโยงความรู้ในชีวิตประจำวัน

ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนรัก และเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัว การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถทำได้หลากหลายแนวทางทั้งในชั้นเรียน หรือนอกชั้นเรียนตามความเหมาะสม เช่น

1. การสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้เป็นแนวทางที่ทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการสำรวจตรวจสอบหรือการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจทั้งเนื้อหาและแนวคิดของแต่ละบทเรียน

2. การใช้ปัญหา หรือโครงงานเป็นฐาน แนวทางนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนสายวิชาชีพวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และวิศวกรรม

3. การบูรณาการสื่อเทคโนโลยีกับชั้นเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของวิชา ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนสามารถความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2558) กล่าวว่า เป็นความสัมพันธ์ของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทำงานร่วมกัน เพื่อเอาวิทยาศาสตร์ในรูปของคณิตศาสตร์มาจัดเป็นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมา โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้เอง ไม่ใช่เอาเครื่องมือสำเร็จรูปมาประกอบ ใช้งานสังเกต การจัดการศึกษาต้องส่งเสริมความคิด และจินตนาการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเกิดจินตนาการของสมองซีกขวา แต่อยู่ในโลกความเป็นจริงของสมองซีกซ้าย

สรุปได้ว่า ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้น ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิดตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education : STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เรื่องใหม่ แต่เป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต สะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงงานสะเต็มจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม การพลังงานการจัดการสิ่งแวดล้อม การบริการสุขภาพ โลจิสติกส์

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางใหม่ในการจัดการศึกษาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ที่เน้นในการบูรณาการการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานระดับอุดมศึกษา อาชีวศึกษาไปจนถึงการศึกษาตลอดชีวิตเพื่อให้คนไทยมีความรู้และทักษะ ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เพื่อประกอบอาชีพในด้านวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคประชาคม

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ให้ความความหมาย “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science, S) เทคโนโลยี (Technology, T) วิศวกรรมศาสตร์

(Engineering, E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics, M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้แต่ละแขนงวิชามาใช้ในการแก้ไขปัญหา ค้นคว้าไปจนถึงการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

1. วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based science teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific problem-based activities)

2. เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

3. วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

4. คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนกหรือจัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญคือ เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหวางเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เน้นท้าทายความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผน โดยใช้กระบวนการอย่างเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านเจตคติ (Attitude) ผู้สอนจะต้องสร้างให้ผู้เรียนมีความใฝ่ รู้ ใฝ่ เรียน อยากรู้ อยากเห็น อยากค้นคว้า

2. ด้านทักษะกระบวนการ (Process Skills) ฝึกให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกการสังเกต ฝึกตั้งคำถามเพื่อนามาสู่ปัญหา ฝึกตั้งสมมติฐาน ฝึกการวางแผนออกแบบการทดลอง ฝึกทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอ

3. ด้านความรู้ (Knowledge) ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้ในสิ่งที่ได้ศึกษา หลักสำคัญในการสอนโดยใช้สะเต็มศึกษา ประกอบด้วย กิจกรรม มีการบูรณาการทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผู้สอนทำการทบทวนความรู้ที่ผ่านมา เพื่อสร้างความ

สนใจนำไปสู่เนื้อหาในการสอน โดยผู้สอนทำการใช้คำถามที่กระตุ้นให้ฝึกการคิด ไม่ควรเป็นคำถามที่เป็น 2 ตัวเลือก เช่น ใช่หรือไม่ใช่ ถูกหรือผิด มีหรือไม่มี เป็นต้น การทบทวนความรู้นี้ เพื่อนำไปสู่ปัญหาหรือกิจกรรมการสอน การจัดกลุ่มผู้เรียนให้เหมาะสมกบพื้นฐานผู้เรียน โดยใช้วิธีผสมเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรม ใบกิจกรรมอาจกำหนดเป็นสถานการณ์หรือการทดลอง พร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมให้แก่ผู้เรียน ผู้สอนจะต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษาในแต่ละกลุ่ม โดยไม่ตอบคำถาม แต่ใช้คำถามขึ้นจนกระทั่งผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบ ไม่ควรอยู่กับที่เพียงตำแหน่งเดียว ผู้สอนทำหน้าที่สรุปอีกครั้ง หลังจากทุกกลุ่มนำเสนอกิจกรรมแล้ว เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น พร้อมดึงเนื้อหาเข้าสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ผู้สอนเพิ่มเติมความรู้ โดยการใช้คำถามหรือการอธิบายเพิ่มเติม ผู้สอนแจกกระดาษให้ผู้เรียนเพื่อถามถึงความรู้ที่ได้รับจากการเรียนมีอะไรบ้างที่มีประโยชน์ มีการประเมินผลจากกิจกรรมของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการความรู้จาก 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิดรวบยอด และทักษะที่จำเป็นสำหรับตนเอง และเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้แก้ปัญหาชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและมีเหตุผล พร้อมทั้งเป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต มีนักวิชาการหลายท่านกล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นมีการกำหนดแนวทางของการจัดการเรียนรู้ เป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการสอนเป็นการฝึกให้คิดและวางแผน

ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ไบยบี (Bybee, 2010) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนดังนี้

1. ระบุประเด็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เช่น

1.1 ระบุความสำคัญเพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

1.2 ตระหนักรู้แนวคิดที่สำคัญของสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

1.3 ตระหนักถึงประเด็นที่สามารถใช้ในการอธิบายมุมมอง หรือทรรศนะตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ศึกษา

2. อธิบายประเด็นโดยใช้ทรรศนะ หรือมุมมองวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เช่น

2.1 บรรยาย อธิบาย แก้ปัญหา และทานายได้อย่างเหมาะสม

2.2 บรรยาย หรือตีความปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสามารถทานายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้มุมมอง และทรรศนะจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

2.3 สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

3. การใช้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เช่น

3.1 ตีความข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์และสร้างข้อสรุป

3.2 ระบุข้อสันนิษฐาน หลักฐาน การให้เหตุผลที่อยู่เบื้องหลังข้อสรุป

National research council (NRC) (2012) กล่าวว่า จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้หลากหลาย โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เป็น 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สรุปได้ว่า ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีหลากหลายขั้นตอนให้เลือกใช้ ขึ้นอยู่กับบริบทการใช้งาน การบูรณาการ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ งานวิจัยฉบับนี้นำขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน มาเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ เพราะเป็นการจัดเรียนรู้ที่แบ่งขั้นตอนได้ชัดเจน และมีส่วนช่วยในการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำผ่านการทำกิจกรรมหรือการแก้ปัญหา โดยจะบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาทั้ง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ โดยเน้นทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนต่อหรือประกอบอาชีพในอนาคต

ข้อดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ กล่าวว่า สะเต็มศึกษาให้ประโยชน์ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพในอนาคต

3. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสูงขึ้น

4. ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างมั่นใจ

5. สสวท. ได้รูปแบบการจัดการศึกษาสะเต็มที่เชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลาย มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการผู้แทนราษฎร กล่าว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีดังนี้

1. เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นความสำคัญในสาขาที่เรียนและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีทรรศนะและความคิดที่กว้างไกล

2. ผู้เรียนมาสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงอย่างเหมาะสม

3. มีการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย

4. เกิดการพัฒนาที่หลากหลาย สอดคล้องกับแนวทางพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านปัญญา ทักษะการคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น สิ่งสำคัญคือ การมีชิ้นงานหรือได้นวัตกรรมใหม่ ซึ่งนวัตกรรมจะหมายถึง การทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยวิธีใหม่เกิดขึ้น ทั้งแนวคิด การผลิต กระบวนการ รวมทั้งการพัฒนาต่อยอดให้ได้ผลลัพธ์หรือเปลี่ยนแปลงไปในเชิงบวก ผลผลิตเพิ่มขึ้นและดีมากยิ่งขึ้น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

กู๊ด (1973) ให้ความหมายไว้ว่า การเข้าถึงความรู้หรือพัฒนาทักษะการเรียน ซึ่งโดยปกติจะพิจารณามาจากเกณฑ์คะแนนที่กำหนด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถ ความสำเร็จและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จ ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546) ให้ความหมายว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดความสำเร็จทางการเรียน หรือวัดประสบการณ์ทางการเรียนที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอน โดยวัดตามจุดมุ่งหมายของการสอนหรือวัดผลสำเร็จจากการศึกษาอบรมในโปรแกรมต่าง ๆ

ไพโรจน์ คะเชนทร์ (2556) ให้คำจำกัดความผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า คือคุณลักษณะรวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือ มวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถสมองของบุคคลว่าเรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไร ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งในโรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ รวมทั้งความรู้สึกค่านิยม จริยธรรมต่าง ๆ ก็เป็นผลมาจากการฝึกฝนด้วย

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง มวลความรู้ ความเข้าใจ หรือความสามารถทั้งหมดที่สามารถวัดออกมาเป็นคะแนน หลังจากได้รับการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา อันส่งผลให้ทราบว่าผู้เรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้หรือไม่

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นสามารถจำแนกการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเบนจามิน บลูม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยในแต่ละด้านจะมีการจำแนกระดับความสามารถจากต่ำสุดไปถึงสูงสุด ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย เริ่มจากความรู้ คือความสามารถในการเก็บรักษาประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้ ความเข้าใจเป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ เป็นต้น การนำไปใช้เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ จึงจะสามารถนำไปใช้ได้ การวิเคราะห์เป็นความสามารถในการคิดหรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน การสังเคราะห์เป็นความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย และการประเมินค่าเป็นความสามารถออกมาในรูปของ
คุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม (Bloom, 1956)

โลริน แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูม เสนอแนะว่า จุดมุ่งหมายแบบเดิมนั้นที่แบ่งออกเป็นกระบวนการทางปัญญาเรียงตามลำดับทั้ง 6 ด้าน ทำให้เกิดความเข้าใจว่าขั้นตอนไม่สามารถทับซ้อน หรือเหลื่อมล้ำกันได้ และผู้ที่จะบรรลุในขั้นที่ซับซ้อนหรือสูงขึ้น ต้องผ่านขั้นที่อยู่ในระดับต่ำกว่าทั้งหมดก่อน ซึ่งก็เป็นมาตรฐานที่เข้มเกินไป จึงมีการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธพิสัยของบลูม ได้มีพิจารณาเป็น 2 มิติ คือพิจารณาลักษณะของความรู้และพิจารณาการเรียนรู้ทางปัญญา 6 ด้านนั้น สิ่งที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิม สามารถอธิบายในประเด็นต่าง ๆ (รัฐพล ประดับเวทย์, 2560)

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัด การเรียนรู้ในภาพรวม การประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วย การประเมินความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ซึ่งความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนจะส่งผลต่อจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้ การวัดและประเมินผล ตัวผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงวัดและประเมิน 2 แนวทางคือการวัดและประเมินผลตามคู่มือ Taxonomy of educational objectives ของ Bloom ซึ่งแบบทดสอบเป็นไปตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม ที่ได้รับการปรับปรุงโดยแอนเดอสัน 6 ด้าน คือ

1. การจำ (Remembering) ใช้ความจำเพื่อสร้างหรือค้นหานิยาม ข้อเท็จจริง หรือทบทวนข้อมูลที่เรียนมาก่อนหน้านี้

2. การเข้าใจ (Understanding) สร้างความหมายจากรูปแบบการใช้หลายประเภท อาจจะเป็นข้อความ ภาพ หรือกิจกรรม เช่น การแปลความ การสร้างตัวอย่าง การจำแนก การสรุป

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) สามารถใช้เนื้อหาที่เรียนมาเพื่อนำไปปฏิบัติผ่านสื่อ เช่น แบบจำลอง การนำเสนอ การสัมภาษณ์ และการเลียนแบบ

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) แบ่งเนื้อหาหรือแนวคิดออกเป็นส่วนย่อย ระบุความเชื่อมโยงซึ่งกันและกันของแต่ละส่วน และความเชื่อมโยงต่อโครงสร้างในภาพรวม

5. การประเมินค่า (Evaluating) ใช้กฎเกณฑ์และมาตรฐานเพื่อพิจารณาผ่านการตรวจสอบและการวิจารณ์

6. ความคิดสร้างสรรค์ (Creating) รวบรวมองค์ประกอบและสร้างให้เป็นสิ่งที่สมบูรณ์เรียบเรียงให้เกิดรูปแบบหรือโครงสร้างใหม่ผ่านการสร้าง วางแผน และการผลิต

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเบนจามิน บลูม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นไปตามหลักทฤษฎีของบลูมที่ได้รับการปรับปรุงใหม่โดยแอนเดอร์สัน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่วัดเป็น 6 ด้าน คือ ด้านการจำ ด้านการเข้าใจ ด้านการประยุกต์ใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการประเมินค่า และด้านความคิดสร้างสรรค์

ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2548) ได้อธิบายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่ามี 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมากกว่าที่สร้างขึ้น โดยบุคลลใดบุคคลหนึ่งเพียงคนเดียว มีจุดมุ่งหมายในการนำไปเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนแต่ละคน หรือเปรียบเทียบระหว่างชั้นเรียน

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่ครูใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนโดยเฉพาะ คือ ใช้วัดหาความบกพร่องหรือความก้าวหน้าของระบบการเรียนการสอน ใช้ในการตัดสินเป้าหมายของหลักสูตรในแต่ละหน่วยว่าได้บรรลุตามที่คาดหวังไว้หรือไม่

ไพโรจน์ คะเชนทร์ กล่าวว่า การแบ่งประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท คือแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher made tests) และแบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized tests) ซึ่งทั้ง 2 ประเภทจะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน”

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดสอบผู้เรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective tests) ได้แก่ แบบถูก - ผิด (True-false) แบบจับคู่ (Matching) แบบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion) หรือแบบคำตอบสั้น (Short answer) และแบบเลือกตอบ (Multiple choice)

1.2 แบบอัตนัย (Essay tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (Restricted response items) และแบบไม่จำกัดความตอบ หรือตอบอย่างเสรี (Extended response items)

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้าง โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ การให้คะแนนและการแปลผล มีความเป็นปรนัย (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability)

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้จัดประเภทแบบทดสอบเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบปากเปล่า เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

2. แบบเขียนตอบ เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัด แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียง หรืออัตนัย เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเองในการแสดงทัศนคติ ความรู้สึก และความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้ เป็น

ข้อสอบที่สามารถ วัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี แต่มีข้อเสียที่การให้คะแนน ซึ่งอาจไม่เที่ยงตรง ทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2 แบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบ ที่มีคำตอบถูกใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ

3. แบบปฏิบัติ เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง เช่น การทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2546, หน้า 73-76) ได้อธิบายว่าแบบทดสอบมี 6 แบบ ดังนี้

1. แบบทดสอบอัตนัยหรือความเรียง เป็นแบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยาย

2. แบบทดสอบแบบถูกผิด แบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก และตัวเลือกดังกล่าวจะมีความหมายตรงข้ามกัน

3. แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบที่ประกอบไปด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้นักเรียนได้เติมคำหรือประโยคลงในช่องว่าง เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. แบบทดสอบแบบตอบสั้น ๆ แบบทดสอบประเภทนี้คล้ายกับแบบทดสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่แบบทดสอบจะเป็นการให้ตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคสมบูรณ์ คำตอบต้องสั้นได้ใจความ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบแบบทดสอบอัตนัย

5. แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำถามแยกจากกันเป็น 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีความสัมพันธ์กัน โดยให้นักเรียนจับคู่ให้ถูกต้อง

6. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 2 ตอน คือตอนนำหรือคำถาม กับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบไปด้วยคำตอบที่เป็นคำตอบที่ถูก และตัวเลือกที่เป็นตัวลวง นักเรียนจะต้องพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับบริบทต่าง ๆ ของครูผู้สอนที่จะนำมาใช้วัดและประเมินผลในเรื่องนั้น ๆ งานวิจัยฉบับนี้ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ เป็นแบบตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ จากแบบทดสอบในหลาย ๆ ประเภท ที่มีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งที่เลือกวิธีในการเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือกนี้นั้น เพราะว่าเป็นข้อสอบที่ดี สามารถตรวจให้คะแนนได้ง่าย รวดเร็วและมีความแม่นจำสูง ถึงว่าจะมีผู้เข้าสอบจำนวนมาก หรือจำนวนแบบทดสอบเป็นจำนวนมาก แต่ก็จะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเกต การวัด และการจำแนกประเภท เป็นต้น อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องแม่นยำ

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544) กล่าวว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา

ปวีณา ชาลีเครือ (2553) กล่าวว่า เป็นความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะด้านต่าง ๆ

American association for the advancement of science: AAS กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา และแนวความคิดของสมาคมเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The american association for the advancement of science: AAS) ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงอีก 5 ทักษะ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายจากข้อมูลและการลงข้อสรุป

สมาคมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American association for the advancement of science - AAAS) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ทั้งสิ้น 13 ทักษะ โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือ ทักษะพื้นฐานหรือทักษะเบื้องต้น (Basic science process skill) ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ทักษะขั้นบูรณาการ หรือ ทักษะเชิงซ้อน (Intergrated science process skill) ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การตีความหมายจากข้อมูลและการลงข้อสรุป

จึงสรุปได้ว่า ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากความคิด การฝึกฝนจนเกิดความคล่องแคล่ว เป็นทักษะกระบวนการพื้นฐานที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นในการเรียนรู้ ทั้งที่มีเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเนื้อหาวิชาอื่น ๆ เป็นความพยายามในการค้นคว้าสืบหาข้อมูลอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน กิจกรรมการเรียนรู้ต้องเน้นให้ผู้เรียน

เข้าใจในกระบวนการ ซึ่งสามารถใช้ในการแสวงหาความรู้ และนำไปใช้แก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างเหมาะสม โดยแบ่งเป็นทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นสูงทั้งสิ้น 14 ทักษะ และได้มีการเพิ่มทักษะที่ 14 คือทักษะการสร้างแบบจำลองขึ้นมา เนื่องจากทางสสวท.และผู้วิจัย มีความตระหนักถึงทหากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้วนั้น นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติ และเพื่อให้เกิดความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น จึงเกิดทักษะที่ 14 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (scientific modeling) คือการสร้างของสิ่งหนึ่งเพื่อแทนวัตถุ กระบวนการ ความสัมพันธ์ หรือ สถานการณ์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 14 ทักษะ

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญา กระบวนการแก้ปัญหา
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้แก่

1. ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวสัมผัส เข้าไปสัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจจะเป็นข้อมูลดิบเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง และหมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อค้นหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะ สมบัติข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วยการบ่งชี้และการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดออย่างหนึ่งหรือหลายอย่างบรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกต

ประเภทของการสังเกต

1.1 การสังเกตเชิงคุณลักษณะ (Qualitative observation) เป็นวิธีการสังเกตที่ต้องการบอกถึงรูปร่างลักษณะของสิ่งที่สังเกตและสมบัติเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ต้องบอกปริมาณ เช่น สี กลิ่น รส เสียง และความรู้สึกต่อการสัมผัสในการระบุลักษณะ ควรใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างให้มากที่สุด ในการบันทึกข้อมูลควรระบุด้วยว่าข้อมูลส่วนนั้นได้มาจากประสาทสัมผัสส่วนไหน

1.2 การสังเกตเชิงปริมาณ (Quantitative Observation) เป็นวิธีการสังเกตที่บอกรายละเอียดที่บอกปริมาณเกี่ยวข้องกับขนาด น้ำหนัก ปริมาตร ความกว้าง ความยาว มวล ปริมาณ อุณหภูมิ ค่าต่าง ๆ เป็นต้น

1.3 การสังเกตเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Observation) เป็นวิธีการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว สำหรับการเปลี่ยนแปลงของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ในการสังเกตต้องฝึกสังเกตทั้งสองอย่างควบคู่กัน เช่น นำสารเคมีชนิดหนึ่ง ละลายของเหลวสังเกตดูวามีการละลายดีหรือไม่ ถ้าละลายถ้านำไปต้มให้ร้อนแล้วให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นต้องสังเกตทั้งเชิงคุณลักษณะ และเชิงปริมาณเช่นกัน เมื่อนำข้อมูลทั้งสองระยะเปรียบเทียบกัน นำไปตีความหมายและสรุปผลในการศึกษา

1.4 การบันทึกผลการสังเกตเป็นกิจกรรมส่วนหนึ่งของการสังเกต เมื่อสังเกตทุกครั้งต้องมีการบันทึกผลการสังเกตให้ครบถ้วน เพื่อเก็บข้อมูลที่บันทึกนั้นไว้เป็นหลักฐานสำหรับอ้างอิงหรือยืนยันต่อไป การบันทึกเวลาการสังเกตต่างทำควบคู่กันไป และต้องบันทึกตามความเป็นจริง โดยไม่ใส่ความคิดเห็นผู้สังเกตลงไปด้วย การบันทึกและการสังเกต ผู้สังเกตอาจจะบันทึกเองหรือให้บุคคลอื่นช่วยบันทึกก็ได้ การบันทึกผลการสังเกตมีหลายแบบ เช่น การบันทึกลงในตารางข้อมูลเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรเขียน เป็นรูปภาพบันทึกเครื่องบันทึกเสียงการถ่ายภาพนิ่งการถ่ายภาพยนตร์ เป็นต้น กรณีเป็นการสำรวจหรือการทดลองควรทำตารางบันทึกข้อมูลไว้ก่อนการสังเกต จะทำให้เก็บข้อมูลได้รวดเร็วและตรงจุดประสงค์

2. ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง การใช้และเลือกเครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

2.1 การนับจำนวนเป็นการวัดที่ง่ายที่สุด

2.2 การวัดโดยตรง เป็นการวัดที่ใช้เครื่องมือสำหรับวัดหาปริมาณอ่านค่าได้โดยตรง

2.3 การวัดทางอ้อม เป็นการวัดแล้วนำผลมาคำนวณเพื่อหาค่าต่อไป หน่วยการวัดในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีปริมาณกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณหรือการใช้ตัวเลข (Using number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนับตัวเลขแสดงจำนวนที่ได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่า เกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับ เป็นต้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classiflying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยที่เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความต่าง และความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือนความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับวัตถุ และหมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ จะมีรูปร่าง

เช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความสูง และความยาว สัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเสปสวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึง การนำความรู้ที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำใหม่ เพื่อให้เข้าใจข้อมูลชุดนี้เป็นอย่างดี โดยอาจจะนำเสนอเป็นรูปกราฟ ตาราง แผนภาพ สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น ในการสื่อความหมายข้อมูลที่ได้จัดกระทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

6.1 ใช้ข้อความบรรยายข้อมูล หมายถึง ข้อความที่รัดกุมชัดเจนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ต้องการสื่อความหมาย

6.2 ใช้สัญลักษณ์ตัวอักษรหรือเครื่องหมายที่ตกลงกันไว้เพื่อแทนข้อความบางอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้รัดกุมสะดวกและเข้าใจตรงกัน

6.3 ใช้สมการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงผลสรุปความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งสามารถสื่อความหมายได้รัดกุมเที่ยงตรงเข้าใจง่าย

6.4 ใช้แผนภาพแสดงลักษณะหรือโครงสร้างที่สำคัญของสิ่งที่ต้องการสื่อความหมายโดยจะเว้นส่วนที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยไว้

6.5 ใช้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่สังเกตได้จากข้อมูล

6.6 ใช้แผนที่แสดงอาณาเขตหรือบริเวณพื้นที่ไว้ เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลในบริเวณพื้นที่นั้น

6.7 ใช้รูปภาพที่ได้จากการวาดหรือถ่ายเอกสารของจริงแสดงให้เห็นข้อมูลในลักษณะที่เหมือนของจริง

6.8 ใช้ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการวัดหรือการทดลองข้อมูลดังกล่าวให้เขียนลงในตารางเพื่อสะดวกในการดูแล และง่ายต่อการตีความหมายต่อไป

6.9 ใช้กราฟเสนอข้อมูลที่เป็นตัวเลข เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Intering data) หมายถึง การเพิ่มความเห็นที่ได้จากการสังเกตข้อมูลอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ช่วย การเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วยความสามารถที่แสดงให้เห็นว่า เกิดทักษะนี้คือการอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความเห็นให้กบข้อมูลโดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎและทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป หรือ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำหลักการกฎหรือทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูล ที่เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ซึ่งทำได้สองแบบคือการพยากรณ์ภายใน ขอบเขตข้อมูลที่มีอยูกับการพยากรณ์นอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การพยากรณ์ผลของข้อมูลเชิง ปริมาณ เป็นต้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation hypothesis) หมายถึง การตั้งคำถามหรือคิด คำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง เพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์ อย่างไร โดยสมมติฐานสร้างขึ้นจะอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้ หรือหมายถึง หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการ ทดลองเป็นคำตอบที่รอการพิสูจน์ สมมุติฐานได้มาโดยอาศัยการสังเกตความรู้หรือประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมุติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามีกล่าวไว้ที่เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น กับตัวแปรตาม สมมุติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อ สนับสนุนสมมุติฐานหรือคัดค้านสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมุติฐานคือ การบอก ชื่อตัวแปรต้น ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition) หมายถึง การ กำหนด และอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหรือการทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างบุคคล ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบาย ความหมาย และขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการทดลองได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้ และ กำหนดลักษณะตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดู ว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็น สาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุมหมายถึงสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

4. ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่รวมหลายทักษะขั้นพื้นฐานไว้ด้วยกัน โดยวิธีการนี้เป็นวิธีการเดียวกับที่

นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบ ตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ในการค้นคว้าหาความรู้ของธรรมชาติ เป็นทักษะทางสติปัญญา กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้นคือ

4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนจากการทดลองก่อนลงมือทดสอบ

4.2 การปฏิบัติการทดลองหมายถึงการลงมือปฏิบัติจริง และใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกตการวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลอง อาจอยู่ในรูปตาราง หรือการเขียนกราฟ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงค่าของตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระบนแกนนอน และค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง โดยเฉพาะในแต่ละแกนต้องใช้สเกลที่เหมาะสม พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของค่าของตัวแปรทั้งสองบนกราฟด้วย ในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือสามารถที่จะบอกชนิดของตัวแปร ในการทดลองว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่

5. ทักษะการแปลความหมายจากข้อมูล (Interpreting Data) หมายถึง ความจำเป็นอย่างยิ่งในการตีความหมายและลงข้อสรุป เพราะจะทำให้นักเรียนสามารถแปลผลจากข้อมูลได้อย่างถูกต้อง มีความละเอียดรอบคอบ ซึ่งเป็นทักษะหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถฝึกฝนและพัฒนาได้

ฟังค์ โอเคย์ เจนัส และสพาร์ก (อ้างถึงใน วรณทิพา รอดแรงค้า, 2551) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 10 ทักษะ ได้แก่

1. การกำหนดตัวแปร หมายถึง ตัวแปรอะไรที่สามารถบอกได้ว่าอะไรที่เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตาม หรืออะไรที่เป็นเหตุให้เกิดเหตุผลนั้น

2. การสร้างตารางข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลมานำเสนอเป็นรูปตาราง

3. การเขียนกราฟ หมายถึง ความสามารถที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น และตัวแปรตาม โดยใช้แกน x เป็นค่าของตัวแปรอิสระ และแกน y เป็นค่าของตัวแปรตาม

4. การอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ หมายถึง ความสามารถที่จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

5. การรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการกระทำและจัดเก็บข้อมูล สร้างตารางข้อมูล เขียนกราฟอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูล

6. การวิเคราะห์กระบวนการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการกำหนดชนิดของตัวแปร การควบคุมตัวแปรภายนอกสำหรับการทดลอง การบ่งชี้สมมติฐานที่จะใช้ทดสอบได้เมื่อได้รับการอธิบายจากการทดลองนั้น

7. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อเจอปัญหาก่อนการตั้งสมมติฐานต้องกำหนดก่อนว่าอะไรเป็นตัวแปรในการทดลองและจัดตัวแปรให้ถูกต้อง

8. การให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะบอกได้ว่า ตัวแปรของการทดลองนั้นถูกวัดได้อย่างไรเมื่อให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองนั้นและบอกวิธีการวัด

9. การออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อที่จะสามารถบอกบอกการทดสอบสมมติฐานที่กำหนดให้

10. การดำเนินการทดลอง หมายถึง ความสามารถที่จะตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการดำเนินการทดลอง เพื่อที่จะรวบรวมข้อมูลสำหรับพิสูจน์สมมติฐานที่มีอยู่

จึงสรุปได้ว่า ในงานวิจัยฉบับนี้ต้องการที่จะทดสอบเพื่อหาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ในรายวิชาชีววิทยา จึงเลือกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสุวัฒน์ นิยมค้า (2531) ที่ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญา กระบวนการแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็นทั้งหมด 13 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล และในปัจจุบันได้มีการเพิ่มทักษะที่ 14 นั่นคือทักษะการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้เห็นผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ทั้งหมด 14 ทักษะ เพื่อตอบสนองต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผลลัพธ์ของการจัดการเรียนรู้จะได้เป็นแบบจำลองหรือผลการทดลอง ที่นักเรียนจะสามารถเข้าใจในเนื้อหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สิรินทร กิ่งชา (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 77.07/76.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ค่าคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 75 และมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ 75 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียน มีความความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และร้อยละ 31 ของกลุ่มตัวอย่างพบว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษามีส่วนส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์การเรียน โดยมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วิชัดชณา จิตรักศิลป์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน กลุมสาระการเรียนรูวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรูโดยใชแผนการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่และพลังงาน กลุมสาระการเรียนรูวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปที่ 1 มีประสิทธิภาพ 76.56/78.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไวคือ 75/75 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ดนุพล สืบสำราญ (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยา อยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 17.24 มีพัฒนาการระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 31.03 พัฒนาการระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 32.76 และพัฒนาการระดับตน คิดเป็นร้อยละ 18.97 นักศึกษาได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ของนักศึกษา หลังการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

นัสรินทร บือซา (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีตอผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับตน ร้อย 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแกปญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นิตยา ภูผาบาง (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษา และส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผ่านการทำกิจกรรม และนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังกิจกรรมที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่ากิจกรรมที่ 1

ฐายิกา ชูสุวรรณ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสงที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง ที่เรียนภายใต้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.05

นูรีฎา ดอเลาะ (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ร้อยละ 70.27 มีพัฒนาการระดับกลาง และนักเรียนร้อยละ 29.73 มีพัฒนาการระดับสูง และนักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทักษะกระบวน การทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มาเรียม วัทนาด (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังรูปตัววี และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$)

พลศักดิ์ แสงพรมศร (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รสสุคนธ อินทฤกูร สวัสดิ์วงศชัย (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับบการใชผังมโนทัศนเรื่องแรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการใชผังมโนทัศน เรื่อง แรงและความดัน มีประสิทธิภาพ 78.97/79.25 กซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ คือ 75/75 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใชผังมโนทัศนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใชผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใชผังมโนทัศนในระดับมากที่สุด

รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์โดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.88 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 69.38 มีผู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไข จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.53 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80 พบว่านักเรียน

มีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 13.92 คิดเป็นร้อยละ 69.58 มีนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ประเมินร้อยละ 70 จำนวน 8 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 แล้วนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.92 คิดเป็นร้อยละ 79.17 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ประเมินร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05 นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี และนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05

ผ่องศรี เครือกลัด สุธี พรรณหาญ และอุษา คงทอง (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง แรงและความดันของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสูงขึ้นคือ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 19.37, 22.90, 25.43 และหลังใช้วิธีจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 27.77 คะแนน จากคะแนน

เต็ม 32 คะแนน และมีข้อแตกต่างของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานระหว่างการทำกิจกรรมครั้งที่ 1 ถึง 4 ทุกคู่ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนมีคะแนนสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี เฉลี่ยเท่ากับ 24.50 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภัทราปวีณ์ ศรีสมพันธ์ (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษามีจำนวน 2 องค์ประกอบ ได้แก่ พื้นฐานกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการคิดขั้นสูง โดยองค์ประกอบพื้นฐานกระบวนการเรียนรู้ มีจำนวน 8 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ การสังเกต การวัดการใช้ตัวเลข การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ การลงความเห็นจากข้อมูล สำหรับองค์ประกอบกระบวนการคิดขั้นสูง มีจำนวน 5 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความและลงข้อสรุป สรุปได้ว่า องค์ประกอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่สร้างขึ้น พบว่า แบบวัดจำนวน 30 มีค่า P อยู่ระหว่าง 0.300 - 0.830 ค่า r อยู่ระหว่าง 0.200 - 0.890 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.938

ณัฐธิดา นาคเสน (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน สำหรับชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปที่ 3 โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

ปรียา โคตรสาลี (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิก ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิกเรื่องสารในชีวิตประจำวันมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.63/79.61ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิก อยู่ในระดับมากที่สุด

ปราณี นันทะเสน (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนเท่ากับ 12.07, 11.21 และ 3.82 (อยู่ในระดับมาก) ตามลำดับ ในขณะที่หลังเรียนเท่ากับ 25.21, 21.07 และ 4.53 (อยู่ในระดับมากที่สุด) คิดเป็นร้อยละ 52.12, 46.80 และ 15.67 ตามลำดับโดยนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบนักไตร่ตรอง มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าแบบการเรียนรู้อื่น ๆ

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร จังหวัดสิงห์บุรี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้าหลังได้รับการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องไฟฟ้าหลังได้รับการจัดกิจกรรมแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริเพ็ญ กิจกระจ่าง (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ หลังการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเด็กปฐมวัยมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม สูงกว่าการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามคู่มือการจัดการศึกษาปฐมวัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริพร ศรีจันทะ (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า สังคมโลกในขณะนี้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านเทคโนโลยีด้านการสื่อสารซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายทอดข้อมูลใหม่ๆหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาอย่างไม่มีที่สิ้นสุด วิทยาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมเจริญก้าวหน้าเกิดการค้าที่แข่งขันกันทั่วโลก และทางด้านการจัดการศึกษา เช่นกันที่เน้นการพัฒนาให้ผู้เรียนนาความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ทักษะการคิดและทักษะอื่นๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่างๆ ในโลกปัจจุบัน การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยีการสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชาความท้าทาย และความสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า ในปัจจุบันมีการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ โดยสามารถใช้ทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะมีผลสัมฤทธิ์เปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยต่างประเทศ

บากติ (2018) ได้ทำการวิจัยเรื่อง Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ดี มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 79.33 และมีความพึงพอใจในรายวิชามากขึ้น

เลสทาลิ (2018) ได้ทำการวิจัยเรื่อง STEM - Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5 Grade ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

แอน (2014) ได้ทำการวิจัยเรื่อง The Effects of a Science-Focused STEM Intervention on Gifted Elementary Students' Science Knowledge and Skills ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความรู้ในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

เซเทียวาตี้ ได้ทำการวิจัยเรื่อง Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Learning on Student's Science Process Skills and Science Attitudes ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนที่เพิ่มมากขึ้น

ลัสเซลล (2020) ได้ทำการวิจัยเรื่อง STEM education for the twenty-first century พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มนั้นคือการบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งกลายเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนิยมนำมาใช้ เพราะ

ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมภายในชั้นเรียน และทำให้นักเรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนที่สูงขึ้น สามารถนำไปใช้ต่อยอดในอนาคต

ยาสมิน (2021) ได้ทำการวิจัยเรื่อง STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions ผลการวิจัยพบว่า การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ถูกพัฒนาโดยเริ่มจากการเรียนรู้และทำกิจกรรมในรายวิชาที่นำ STEM เข้ามาใช้ ตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้ได้กำลังคนแบบ STEM ที่สามารถคิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

สรุปได้ว่า จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ แล้วนั้น ผลการวิจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะดำเนินการทดลองแบบ One group pretest - posttest design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 248 - 249) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest - posttest design

กลุ่ม	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E	O_1	x_1	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
O_1	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
O_2	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
X_1	แทน	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จ.ชลบุรี จำนวน 3 ห้องเรียน แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนเป็นนักเรียนที่คละความรู้ความสามารถกัน จำนวนทั้งสิ้น 109 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จากประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน 3 ห้องเรียน ที่ผู้วิจัยได้ทำการขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการสถานศึกษา รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ และคณะครูในโรงเรียน เพื่อเข้าสอบถามความยินยอมในการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยแจ้งสิทธิ์ให้แก่ผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและนักเรียน (กลุ่มตัวอย่างอยู่ในกลุ่มผู้วิจัยอายุตั้งแต่ 12 ปี แต่ไม่ถึง 18 ปี จึงต้องมีเอกสารแสดงความสมัครในจากผู้ปกครองตามมาตรฐาน SOPs) ในการมีอิสระสามารถเข้าร่วมหรือไม่ก็ได้)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ
2. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ทฤษฎี และงานวิจัย เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาชีววิทยา จากหลักสูตรสถานศึกษา

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” โดยกำหนดขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง วิวัฒนาการ ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 คาบ คาบละ 50 นาที มีการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) 2 คาบ และ แบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) 2 คาบ ใช้เวลาในการสอน 14 คาบ รายละเอียดในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้ำหนักและเวลาเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สะเต็มศึกษา	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
1	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต - อธิบายหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- วิทยาศาสตร์ - เทคโนโลยี	- ทักษะการตีความและการสรุปผล - ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	15	2
2	2. อธิบายและเปรียบเทียบวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน	- วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์ก - ทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของชาลส์ ดาร์วิน	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก - อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก - สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตาม	- วิทยาศาสตร์ - เทคโนโลยี - วิศวกรรม-ศาสตร์ - คณิตศาสตร์	- ทักษะการตั้งสมมติฐาน - ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร - ทักษะการกำหนดนิยาม - ทักษะการตีความและการสรุปผล	20	3

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สะเต็มศึกษา	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
			ธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ - อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ				
3	3. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและจีโนไทป์ ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก	- พันธุศาสตร์ประชากร - ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิล	- คำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก - อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์กและระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก - สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- วิทยาศาสตร์ - เทคโนโลยี - วิศวกรรม-ศาสตร์ - คณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ - เทคโนโลยี - วิศวกรรม-ศาสตร์ - คณิตศาสตร์	- ทักษะการตั้งสมมติฐาน - ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร - ทักษะการกำหนดนิยาม - ทักษะการตีความและการสรุปผล - ทักษะการทดลอง - ทักษะการสร้างแบบจำลอง	30 15	4 2

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สะเต็มศึกษา	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
4	4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต	- กำเนิดสปีชีส์	- อธิบาย ยกตัวอย่าง แนวคิดเกี่ยวกับสปีชีส์ด้านต่าง ๆ - อธิบาย ยกตัวอย่าง แยกเหตุการสืบพันธุ์ - สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกำเนิดสปีชีส์	- วิทยาศาสตร์ - เทคโนโลยี - วิศวกรรม-ศาสตร์ - คณิตศาสตร์	- ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยาม - ทักษะการตีความและการสรุปผล	20	3
			รวม			**100**	**14**

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีการบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์วิชาคือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน พร้อมทั้งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนตามกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ คือ ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem identification) ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1.4.1 ผลการเรียนรู้

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระการเรียนรู้

1.4.5 กิจกรรมการเรียนรู้

1.4.6 อุปกรณ์/ สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.4.7 การวัดและการประเมินผล

1.4.8 บันทึกหลังการสอน

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม และรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ผลการเรียนรู้

สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ อุปกรณ์/ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และนำไปปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมของเนื้อหา และกิจกรรม โดยมีรายละเอียดเกณฑ์ ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 67-71) ดังนี้

ให้คะแนน	5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ให้คะแนน	4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ให้คะแนน	3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ให้คะแนน	2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ให้คะแนน	1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

และมีเกณฑ์การแปลความหมาย 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

กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถ้าผ่านเกณฑ์จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้น มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์จะดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเท่ากับ 4.86 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เท่ากับ .28 แปลความหมายจากเกณฑ์ว่า เหมาะสมมากที่สุดและสามารถนำไปใช้ได้

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

1.8 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบเป็นการกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง วิวัฒนาการ โดยแต่ละสถานการณ์มีคำถามแบบเลือกตอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

2.3 สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของข้อสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิวัฒนาการ ให้สอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยดำเนินการสร้างข้อสอบ 48 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 24 ข้อ ตามตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การกำหนดโครงสร้างของข้อสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องวิวัฒนาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อที่ออก	จำนวนข้อที่ใช้จริง
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	8	4
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	8	4
ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	8	4
ทักษะการทดลอง	8	4
ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อมูล	8	4
ทักษะการสร้างแบบจำลอง	8	4
รวม	**48**	**24**

2.4 สร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก (Multiple Choice) โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดและนำไปใช้ในการตอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว จำนวน 48 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 24 ข้อ

2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความเหมาะสมของสถานการณ์ที่กำหนด แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัย

สร้างขึ้น พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.80 – 1.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เท่ากับ .09 ถือว่ามีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

2.7 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว แล้วนำไปใช้ทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่มีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/11 และนำผลมาตรวจโดยให้คะแนนสำหรับข้อที่ถูก 1 คะแนน และข้อที่ผิด 0 คะแนน

2.8 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty) มีค่าเท่ากับ .40 – .80 และอำนาจจำแนก (Discrimination) ซึ่งมีค่าเท่ากับ .30 – .39 ตามตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์ค่าคะแนนที่ใช้แปลผลค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

ค่าความยากง่าย (p)			ค่าอำนาจจำแนก (r)		
ต่ำสุด	สูงสุด	แปลผล	ต่ำสุด	สูงสุด	แปลผล
0.00	0.19	ยาก	<0	0.09	ไม่ดี
0.20	0.39	ค่อนข้างยาก	0.10	0.19	ปรับปรุง
0.40	0.60	ปานกลาง	0.20	0.29	พอใช้
0.61	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.30	0.39	ดี
0.81	1.00	ง่าย	0.40	0.49	ดีมาก

2.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 24 ข้อ ที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมและความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนดไว้

2.10 นำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เลือกไว้ไปตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .77

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีสร้างแบบทดสอบ การเขียนข้อสอบกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม รายวิชาชีววิทยา

ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2563 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เรื่อง วิวัฒนาการ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อวิเคราะห์ออกข้อสอบตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แสดงการวิเคราะห์ออกข้อสอบตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จุดประสงค์การเรียนรู้	**จำนวนข้อสอบที่ออก (ข้อ)**						**รวม**	**ใช้จริง**
	ด้านความรู้ความจำ	ด้านความเข้าใจ	ด้านประยุกต์ใช้	ด้านการวิเคราะห์	ด้านการประเมินค่า	ด้านการสร้าง		
สืบค้น และอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	4 (2)	4 (2)				2 (1)	10	5
สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก			2 (1)	4 (2)			6	3
สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ			2 (1)	2 (1)		2 (1)	6	3
คำนวณและวิเคราะห์หาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก				10 (5)	10 (5)		20	10
อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก	2 (1)	4 (2)					6	3
สืบค้นข้อมูล และสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ ในประชากรที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต			2 (1)	3 (2)		1 (1)	6	4
อธิบายและยกตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของสปีชีส์ด้านต่าง ๆ		4 (2)					4	2
รวม	**6(3)**	**12(6)**	**6(3)**	**19(10)**	**10(5)**	**5(3)**	**58**	**30**

หมายเหตุ 1. ตัวเลขนอกวงเล็บ ( ) หมายถึง จำนวนข้อคำถามที่สร้าง

2. ตัวเลขในวงเล็บ ( ) หมายถึง จำนวนข้อคำถามที่ใช้จริง

3.3 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 58 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ โดยให้มีความความสัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์ในแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

3.4 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาในวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง

3.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบที่ต้องการวัด พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.60 – 1.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เท่ากับ .28 ถือว่ามีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้

3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแล้ว แล้วนำไปใช้ทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่มีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง และได้เรียนเรื่อง วิวัฒนาการ มาแล้ว คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 และนำผลมาตรวจโดยให้คะแนนสำหรับข้อที่ถูก 1 คะแนน และข้อที่ผิด 0 คะแนน

3.7 ผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ซึ่งมีค่าเท่ากับ .61 – .80 และอำนาจจำแนก ซึ่งมีค่าเท่ากับ .20 - .29 พิจารณาคัดเลือกไปใช้เป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ

3.8 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เลือกไว้ไปตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett) (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 286) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .82

3.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรม บทบาทของนักเรียนและครูผู้สอน ทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ จากนั้นบันทึกผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนไว้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เวลาทดสอบทั้งสิ้น 2 คาบเรียน

5.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 14 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

5.3 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (posttest) โดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลาทดสอบทั้งสิ้น 2 คาบเรียน

5.4 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ หลังเรียน มาวิเคราะห์สถิติและใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูปในการทดสอบค่าที (t-test)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ตามขั้นตอนดังนี้

6.1 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับก่อนเรียนโดยการทดสอบค่าที (*t-test* for dependent sample)

6.2 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการทดสอบค่าที (*t-test* for one sample)

6.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับก่อนเรียนโดยการทดสอบค่าที (*t-test* for dependent sample)

6.4 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการทดสอบค่าที (*t-test* for one sample)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (p) เป็นวิธีการนำคะแนนที่สอบได้เทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนค่าคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

$$p = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ
f แทน ค่าความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยคะแนน คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

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

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$\sum x$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n = จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

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

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum x^2$ แทน ผลรวมคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง
$(\sum x^2)$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาความเที่ยงตรง

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข) คือ

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชา

2.2 หาค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร $p = \frac{R}{n}$

เมื่อ p แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูก

n แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (D_c) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สูตร $D_c = \frac{R_u}{N_u} - \frac{R_1}{N_1}$

เมื่อ D_c แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_u แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_1 แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_u แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูง

N_1 แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำ

2.3 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett) (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 286)

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

r_{∞} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

x แทน คะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน

c แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (*t-test* dependent sample) เพื่อทดสอบแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน

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

t แทน ค่าที่ใช้พิจารณแจกแจงแบบที

D แทน ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

∑D แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน - หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคะแนนที่นำมาเปรียบเทียบ

3.2 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (*t-test* one sample) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ หลังเรียนกับเกณฑ์

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{และ } df = n\text{-}1$$

n แทน จำนวนตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 41 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ผู้วิจัยได้ทำการขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการสถานศึกษา รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและคณะครูในโรงเรียนเพื่อเข้าสอบถามความยินยอมในการเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยแจ้งสิทธิ์ให้แก่ผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและนักเรียน (กลุ่มตัวอย่างอยู่ในกลุ่มผู้วิจัยอายุตั้งแต่ 12 ปี แต่ไม่ถึง 18 ปี จึงต้องมีเอกสารแสดงความสมัครใจจากผู้ปกครองตามมาตรฐาน SOPs) ในการมีอิสระสามารถเข้าร่วมหรือไม่ก็ได้ โดยใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) มีการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) 2 คาบ และแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) 2 คาบ ใช้เวลาในการสอน 14 คาบ ผู้วิจัยจึงสามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย และขอนำเสนอข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อความหมายให้ตรงกันในการเสนอผลการวิจัย ดังนี้

t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณแจกแจงแบบที
n	แทน	จำนวนตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
D	แทน	ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
df	แทน	ระดับแห่งความเป็นอิสระ
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

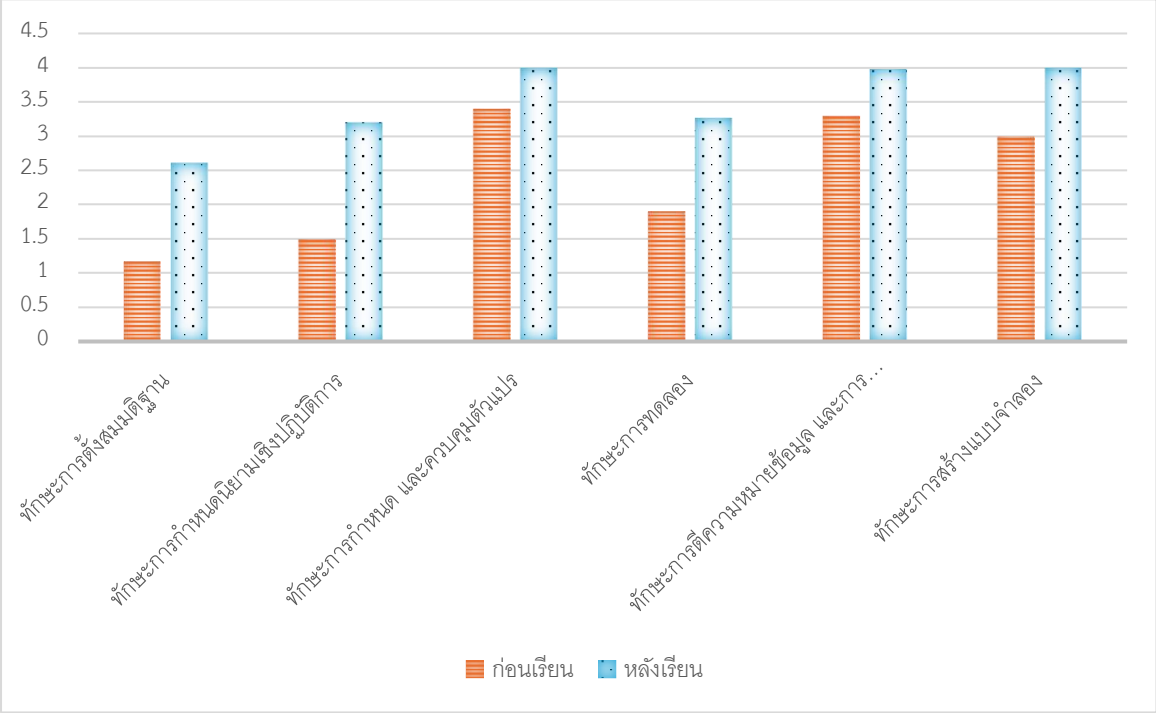
ด้านพุทธพิสัย	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			*df*	*t*	*P* (one - tailed)
			$\bar{x}$	S	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	41	4	1.17	0.40	29.25	2.61	0.49	65.25	40	16.75*	.00
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	41	4	1.50	0.60	37.50	3.20	0.68	80.00	40	14.92*	.00
ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	41	4	3.40	0.50	85.00	4.00	0.00	100	40	8.33*	.00
ทักษะการทดลอง	41	4	1.90	0.40	47.50	3.27	0.55	81.75	40	15.05*	.00
ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อมูล	41	4	3.30	0.90	82.50	3.98	0.16	99.50	40	4.98*	.00
ทักษะการสร้างแบบจำลอง	41	4	3.00	0.50	75.00	4.00	0.00	100	40	11.69*	.00
รวม	**41**	**24**	**14.27**	**0.60**	**59.46**	**21.06**	**0.31**	**87.75**	**40**	**27.94***	**.00**

*p < .05

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 14.20 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 59.30) และหลังเรียน เท่ากับ 21.12 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 87.70) เมื่อเปรียบเทียบพบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละทักษะ พบว่าทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะการสร้างแบบจำลอง และทักษะที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน

จากตารางที่ 4-1 เพื่อแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงขอแสดงเป็นแผนภูมิแท่งที่ 4-1

แผนภูมิแท่งที่ 4-1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน



ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	41	14.20	1.83	40	27.94*	.00
หลังเรียน	41	21.12	1.12	40		

*p < .05

ตารางที่ 4-2 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 14.20 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 59.30) และหลังเรียน เท่ากับ 21.12 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 87.70) เมื่อเปรียบเทียบพบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2.2 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	41	21.12	16.80	87.70	1.12	40	27.94*	.00

*p < .05

จากตารางที่ 4-3 แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเต็ม 24 คะแนน ร้อยละ 70 ของแบบทดสอบคือ 16.80 คะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เท่ากับ 21.12 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.70 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4-4 และตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังเรียน

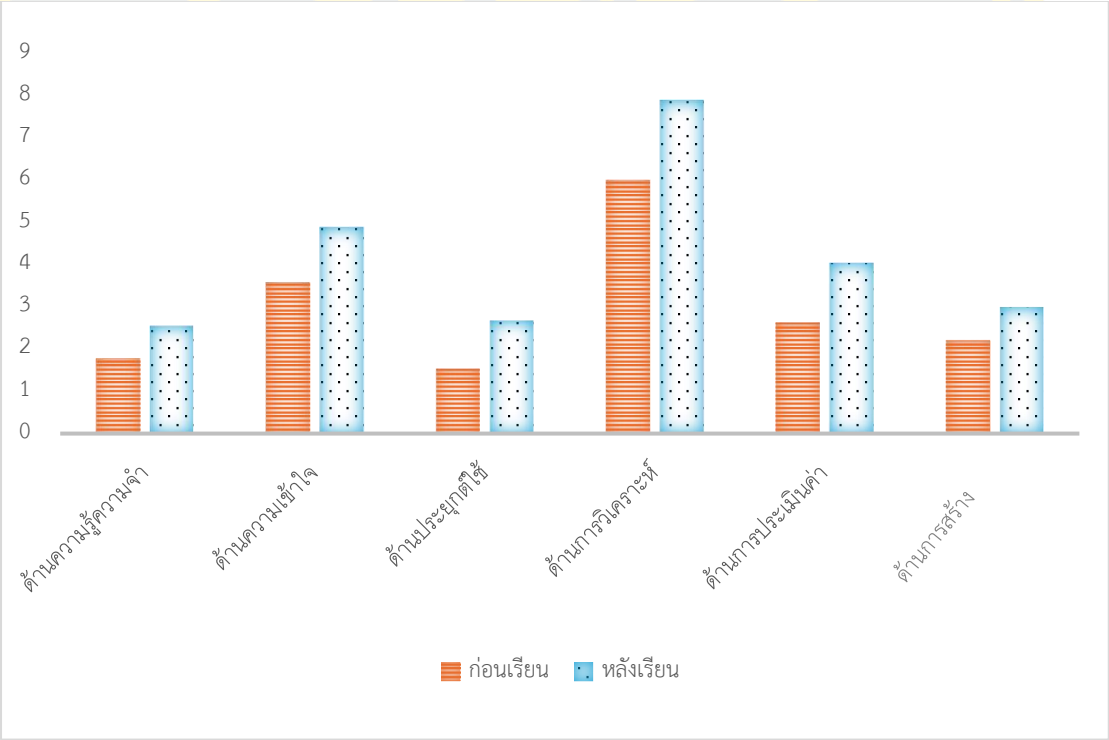
ด้านพุทธพิสัย	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			*df*	*t*	*P* (one - tailed)
			$\bar{x}$	S	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			
ด้านความรู้ความจำ	41	3	1.78	0.61	59.30	2.56	0.55	85.40	40	7.66*	.00
ด้านความเข้าใจ	41	6	3.59	0.71	59.80	4.90	0.77	81.70	40	7.79*	.00
ด้านประยุกต์ใช้	41	3	1.54	0.55	51.20	2.68	0.47	89.40	40	7.59*	.00
ด้านการวิเคราะห์	41	10	6.00	1.36	60.00	7.90	1.07	79.00	40	11.66*	.00
ด้านการประเมินค่า	41	5	2.63	0.92	52.70	4.05	0.59	81.00	40	8.64*	.00
ด้านการสร้าง	41	3	2.20	0.68	73.20	3.00	0.00	100	40	7.59*	.00
รวม	**41**	**30**	**17.73**	**0.80**	**59.40**	**25.10**	**0.57**	**86.10**	**40**	**30.50***	**.00**

*p < .05

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 17.73 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 59.40) และหลังเรียนเท่ากับ 25.1 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 86.10) เมื่อเปรียบเทียบพบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และเมื่อพิจารณาผลการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธพิสัย ตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy Revised) ได้รับการปรับปรุงโดยแอนเดอสัน (รัฐพล ประดับเวทย์, 2560) ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ, ด้านความเข้าใจ, ด้านประยุกต์ใช้, ด้านการวิเคราะห์, ด้านการประเมินค่า และด้านการสร้าง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ด้านการสร้าง ส่วนด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4-4 เพื่อแสดงให้เห็นการเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียน เรื่อง วิวัฒนาการก่อนและหลังเรียนที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงขอแสดงเป็นแผนภูมิแท่งที่ 4-2

แผนภูมิแท่งที่ 4-2 เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน



ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	S	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	41	17.73	0.80	40	30.50*	.00
หลังเรียน	41	25.10	0.57	40		

*p < .05

จากตารางที่ 4-5 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 17.73 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 59.40) และหลังเรียน เท่ากับ 25.1 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 86.10) เมื่อคะแนนของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

3.2 เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	41	25.10	21	83.67	0.57	40	30.50*	.00

*p < .05

จากตารางที่ 4-6 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ 21 คะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 25.1 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.67 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในบทนี้ ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยแบ่งเป็น 4 ข้อ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (87.70%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (83.67) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สามารถสรุปผลการวิจัยและมีประเด็นในการอภิปราย ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการวิจัยพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน เนื่องจากแบบทดสอบทักษะการตั้งสมมติฐานมีการเชื่อมโยงเนื้อหาสถานการณ์จากระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่นักเรียนอาจจะลืมไปบ้างแล้ว และเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่คละความรู้ความสามารถกัน มาจากโรงเรียนที่หลากหลายทำให้มีผลคะแนนที่น้อยที่สุด และคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและทำให้มีความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหาโดยการแสดงความคิดเห็นออกมาให้เป็นรูปธรรม เพื่อนำไปสู่เป้าหมายของการเรียนรู้ (Lou, 2011) ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนา

ทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนจะมีโอกาสนำความรู้มาพัฒนาเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาได้ (National research council 2012) จากที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่ค่อนข้างดีแล้ว จึงจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แต่จะได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจ และการแก้ปัญหาที่ดี สอดคล้องกับ จันทร์จิรา อยู่ยา (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.38 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 69.58 เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.00 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 79.17 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ที่เป็นเช่นนั้นเพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ สร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา และการหาข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำมาสู่ข้อเท็จจริงและบูรณาการกับชีวิตประจำวัน (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, ม.ป.ป.)

2. คะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (83.67) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 และผลการวิจัยพบว่าคะแนนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในด้านการสร้าง ด้านการประยุกต์ใช้ และด้านความความรู้ - ความจำ มีคะแนนเฉลี่ยสูงตามลำดับ ซึ่งเกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติร่วมกันในชั้นเรียน โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น ทำให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น ความสามารถออกมาได้เต็มที่ จึงทำให้คะแนนในด้านความคิดสร้างสรรค์สูง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนตามกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์นั้น ครูผู้สอนจะนำสถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัวมาบูรณาการในเนื้อหาวิชา

เช่น เรื่องหลักฐานทางวิวัฒนาการ ขั้นที่ 1 ครูผู้สอนให้นักเรียนดูข่าวแสงที่เกิดขึ้นทางภาคเหนือของประเทศไทยและคาดว่าจะเป็นอุกาบาตตก พร้อมทั้งยกตัวอย่างอันตรายของอุกาบาตที่ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ และทำให้เกิดสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จนมีวิวัฒนาการมาถึงปัจจุบัน ขั้นที่ 2 นักเรียนสืบค้นหาเครื่องมือในการพิสูจน์หาหลักฐานต่าง ๆ ทางวิวัฒนาการ ที่สามารถทำให้ทราบถึงวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต ขั้นที่ 3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า “หากต้องการให้ผู้อื่นได้เข้าใจในหลักฐานทางวิวัฒนาการของกลุ่มตนเองมากขึ้นหลังจากที่สืบค้นมาแล้วนั้น นักเรียนจะต้องแสดงผลออกมาเป็นแบบจำลอง เพื่ออธิบายหลักฐานของกลุ่มตนเองให้เป็นรูปธรรมและเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ผ่านเครื่องมือที่นักเรียนได้สร้างมาอย่างไร” และขั้นที่ 3 – 6 นักเรียนจะดำเนินการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ออกมาจนเกิดเป็นชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ เป็นต้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถคิดประยุกต์ได้ดี และมีความรู้ความจำที่ดีขึ้นจากการลงมือปฏิบัติและการแก้ปัญหาด้วยตนเอง เนื่องจาก ศิริพร ศรีจันทะ (2562) กล่าวว่า ทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ได้แก่ ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้คือ ศาสตราจารย์ ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal learning) เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอดหรือความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้างสติปัญญา และทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการตามสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ท้าทายความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น สอดคล้องกับ ปราณี กองจินดา (2549) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จ ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ นอกจากนั้น สิรินทร กิ่งชา (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 75 ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ 75 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการวิจัยที่เกิดขึ้น อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยที่ใกล้เคียงกัน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่นักเรียนผ่านการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลมาจากระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมาเหมือนกัน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติ โดยเริ่มจากการตั้งข้อสงสัยจากสิ่งรอบตัว เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่

เกิดขึ้น แล้วเริ่มตั้งสมมติฐาน ทำให้ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจหรืออภิปรายกันภายในกลุ่มของตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน แล้วจึงลงมือปฏิบัติหรือตอบคำถาม จึงส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านพุทธพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่ได้รับการปรับปรุงโดยแอนเดอสันของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะการสร้างแบบจำลอง (ร้อยละ 87.75) และด้านที่มีคะแนนสูงที่สุดคือ ด้านการสร้าง (คิดเป็นร้อยละ 86.10) แปลความหมายว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองที่เป็นการแสดงความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา ออกมาให้เป็นรูปธรรมหรือแบบจำลอง จึงมีผลการวิจัยที่สอดคล้องกัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมีปฏิบัติ แก้ปัญหาโดยการแสดงความคิดเห็น ความสามารถออกมาได้เต็มที่ จึงทำให้คะแนนในด้านการสร้างสูงเช่นกัน

และเมื่อศึกษาผลการวิจัยพบว่า ผลต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง วิวัฒนาการ ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดลำดับถัดมาจากการสร้างคือ ด้านความรู้ความจำ มีผลต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนเท่ากับร้อยละ 26.10 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นการพัฒนาที่อยู่ในระดับที่สูงมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูผู้สอนจะต้องเตรียมความพร้อมในเรื่องของเนื้อหา การวางแผนการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ความชอบ ความสนใจ พร้อมทั้งติดตามข่าวสารสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาบูรณาการให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่ชวนสงสัย และครูผู้สอนจะต้องเข้าใจในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นการบูรณาการความรู้จาก 4 สาขาวิชา ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และเป็นการบูรณาการจากสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นคำถามชวนสงสัยให้กับนักเรียน และเพื่อกำหนดประเด็นในการตั้งข้อสงสัย สร้างกรอบ

แนวคิด ขอบเขตของเรื่องที่นักเรียนสงสัยและหาคำตอบได้ถูกต้องตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้และส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 จากผลการวิจัยทำให้ทราบผลต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ในด้านความรู้ความจำสามารถพัฒนานักเรียนให้มีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นถึงร้อยละ 26.10 ซึ่งครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยา บุคลากรทางการศึกษา หรือผู้ที่สนใจ สามารถนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการเพิ่มคะแนนด้านความรู้ความจำของนักเรียนในเรื่อง อื่น ๆ ต่อไป

1.3 เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะสามารถทำกิจกรรมให้ครบตามขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูผู้สอนควรควบคุมเวลาหรือยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสมและความสามารถของผู้เรียน รวมทั้งอาจใช้เวลานอกห้องเรียนในการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียนหรือนักเรียนกับครูผู้สอน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านการสร้าง ด้านการประยุกต์ใช้ และด้านความความรู้ - ความจำ ตามลำดับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะมีการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เพื่อวัดและประเมินความสามารถของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ และด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ด้านการวิเคราะห์ ครูผู้สอนควรเพิ่มเวลาในขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูล และเพิ่มคำถามเพื่อกระตุ้นให้เกิดการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงขึ้น โดยทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะการสร้างแบบจำลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล ตามลำดับ และทักษะที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ครูผู้สอนควรกำหนดขอบเขตและกรอบแนวคิดของเรื่องให้ชัดเจนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมไปถึงสื่อสถานการณ์ต่าง ๆ ที่นำมาตั้งประเด็นปัญหาเพื่อนำมาสู่การตั้งสมมติฐาน ที่ครูผู้สอนจะต้องเตรียมความพร้อม

2.3 จากผลการวิจัยที่ทำให้ทราบถึงผลต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ ในด้านความรู้ความจำสามารถพัฒนานักเรียนให้มีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นถึงร้อยละ 26.10 นั้น เมื่อมีการทำวิจัยในครั้งต่อไปอาจจะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและเครื่องมือในลักษณะนี้ไปทดลองใช้ในเรื่องอื่น เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ความจำ ด้านนความคิดสร้างสรรค์ และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

บรรณานุกรม

คงกระพัน อินทรแจ้ง. (2562). การเตรียมความพร้อมของอุตสาหกรรมพื้นฐานและโครงสร้างพื้นฐานของโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรง. บทความวิจัย. *PTT Global Chemical Public Company Limited*.

จันทร์จิรา อยู่ยา. (2561). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแม่ปะวิทยาคม จังหวัดตาก*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ณัฐธิดา นาคเสน. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตรโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน สำหรับชั้นเรียนวิทยาศาสตรระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยขอนแกน.* ปีที่ 43 ฉบับที่ 2 (เมษายน – มิถุนายน 2563), หนา 31-42.

ดนุพล สืบสำราญ. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.

ฐายิกา ชูสุวรรณ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2561). *การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสงที่มีผลต่อทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และพิศาส สร้อยสุหร่ำ. (2553). *ชุดพัฒนาทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science)*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุโขทัยธรรมาธิราช.

นูรีฎา ดอเลาะ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

นัสรินทร บือซา. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีตอผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปญหาและความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5*. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิตยา ภูผาบาง. (2559). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

ปิณิดา สุวรรณพรม, เยาวเรศ ใจเย็น และ ปวริศา จรดล. (2563). การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานและแบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี.* ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2563. หน้า 52-62

ปวีณา ชาลีเครือ. (2553). *การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ.* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต

ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). พระนครศรีอยุธยา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

ปราณี นันทะแสน. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.* ปีที่ 16 ฉบับที่ 72 มกราคม – มีนาคม 2562. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปรียา โคตรสาลี. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังกราฟิก. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*. ปที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2563.

ผ่องศรี เครือกลัด สุธี พรรณหาญ และอุษา คงทอง. (2558). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่องแรงและความดันของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี*. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.

พระราชบัญญัติเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พุทธศักราช 2561. (2561, 10 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา.

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพรหมสาคร จังหวัดสิงห์บุรี. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2563.

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

ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2556). *การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563. http://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/april_june_13/pdf/aw07.pdf

ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา (Education Research).* (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร Executive Journal*. 3(2): 49-56. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภัทราปวีณ์ ศรีสมพันธ์. (2562). การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา. *วารสารวิชาการบัณฑิตและสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.* ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2546). ประมวลสาระชุดวิชา การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มาเรียม วัทนาด. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังรูปตัววี และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ*. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและ คณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปีที่ 19 (มกราคม-ธันวาคม 2556), 3-14.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2548). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัฐพล ประดับเวทย์. (2560). แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม. *วารสาร Veridian E-Journal*. มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 10 ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม); 1051-1065.

รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์. (2560*). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. วิทยานิพนธ์. คณะครุศาสตร์ มหาวิยาลัยราชภัฏสกลนคร.

รสสุคนธ อินทฤกูร สวัสดิ์วงศชัย. (2562*). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร โดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการใชผังมโนทัศน เรื่อง แรงและความดันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปที่ 5*. วิทยานิพนธ์. คณะครุศาสตร์ มหาวิยาลัยราชภภัฏสกลนคร.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุภาพวิชาการ (พว.).

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2551). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2542). การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ ฯ: สำนักพิมพ์ บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.

วิชัดชณา จิตรักศิลป์. (2560). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้\แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์. ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : เนว่าเด็ดดูเคชั่น, 2558.

ศิริเพ็ญ กิจกระจ่าง. (2562). ผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. *วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์.* ปีที่ 21 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562).

ศิริพร ศรีจันทะ. (2562). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้. *วารสารวิชาการแพรวาภาฬสินธุ์.* ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562. มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. ประโยชน์ของสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). สรุปการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562. [online]. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2567. http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2562.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2563). สรุปการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563. [online]. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2567. http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2563.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). สรุปการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2564. [online]. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2567. http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2564.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). สรุปการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565. [online]. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2567 http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2565.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2566). สรุปการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566. [online]. สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2567. http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2566.pdf.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). การจัดสาระการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มวิทยาศาสตร์. กรุงเทพ ฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). การสอบ O – NET (Ordinary national Education test) ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, https://www.niets.or.th/th/.

สิรินทร กิ่งชา. (2561). *การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนฟิสิกส์*. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา จำกัด. 192 หน้า.

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2531. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. เล่ม 1-2. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8(2), 28-38.

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). พระนครศรีอยุธยา: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). การวัดผลการศึกษา. กาฬสินธุ: ประสานการพิมพ.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมชาย อุ่นแก้ว. วิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM education). สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, http://www.kids.ru.ac.th/document/KM/STEM_by_T.Somchai-unkeaw.pdf.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการผู้แทนราษฎร. ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, http://www.pariliament.go.th/library.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่* 5. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในกาแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.*

Eastern Economic Corridor (EEC) Office. (พฤษภาคม 2564). อีอีซีโมเดลการพัฒนาทักษะบุคลากร. สืบค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2567, https://eeco.or.th/th/emagazine/48#mybook.

Ann R. (2014). The Effects of a Science-Focused STEM Intervention on Gifted Elementary Students' Science Knowledge and Skills.

American Association for the Advancement of Science. (1989). American Association for The Advancement of Science Project 2061: Science for All Americans. Washington, DC: AAAS.

Bhakti Y. B. (2018). Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills. Journal of Physics: Conference Series.

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

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision Technology and Engineering Teacher, 70(1), 30-35.

Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book.

Friedman Y. (2005). The world is flat. A brief history of the twenty-first century. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Lestari T. P. (2018). STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5th Grade. Journal of Primary Education. JPE 7 (1) (2018).

Lou, S., Tseng, K., Chang, C. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment. International Journal of Science and Mathematics Education, 23, 87–102.

National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics. (1989). Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

National Research Council [NRC]. (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.

Russell Tytler. (2020). SREM education for the twenty-first century. Integrated approaches to STEM education: An international perspective, 21-43.

Sanders, M. E. and Binderup, K. (2000). Integrating technology education across the curriculum. A monograph. Reston. VA: International Technology Education Association.

Setiawaty S. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Learning on Student's Science Process Skills and Science Attitudes.

THE STANDARD TEAM. (18 กุมภาพันธ์ 2564). เจาะยุทธศาสตร์ใหม่ EEC จุดแข็ง โอกาส และความสำเร็จ. https://thestandard.co/eec-strategies-strength-opportunity-achievement.

Yasemin Hacioğlu and Filiz Gülhan. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinkink skills and STEM perceptions. Journal of Education in Science Environment and health 7 (2), 139-155.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน	
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา ทองสอน	อดีตหัวหน้าภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน	
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์	รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยา	
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสาตรี คงเจริญสุนทร	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา)	
4. อาจารย์อุมาพร ภิรมย์ภักดิ์	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” ตำแหน่ง ครูคศ.3 วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กศ.ม. การบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมิน (สถิติ)	
5. อาจารย์ปรัชญา เปี้ยจัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ หัวหน้าหลักสูตรวิทยาลัยเทคโนโลยีทางทะเลแห่งเอเชีย วท.ม. คณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๕๙๙

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ. ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๑ มีนาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนางสาวศรัณย์พร สุดโต รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพมณี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕/๑ โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน ๔๕ คน ระหว่างวันที่ ๑๘ - ๒๒ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๗ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๗-๙๘๑๘๑๙๐ หรือ E-mail: 62910113@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๖๐๐

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ. ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๑ มีนาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนางสาวศรัณย์พร สุดโต รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๓ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพมณี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๑ โรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” จำนวน ๔๕ คน ระหว่างวันที่ ๒๕ มีนาคม - ๒๖ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๗ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๗-๙๘๑๘๑๙๐ หรือ E-mail: 62910113@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

ภาคผนวก ข

- ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ ทั้ง 4 แผน จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน
- ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด
- ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ที่ต้องการวัด
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ
- คะแนนแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน
- คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน
- ผลการวิเคราะห์ t-test ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ t-test ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ ทั้ง 4 แผน จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน

ตารางที่ ข-1 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ ทั้ง 4 แผน จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
1	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2	การเขียนสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมชัดเจนสามารถวัดได้	5	5	5	5	5	25	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
4	สาระการเรียนรู้ครบถ้วน สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ครบถ้วนทุกขั้นตอนตามวิธีสอน หรือกระบวนการ หรือเทคนิคการสอนที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
6	ระบุวิธีการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	24	4.8	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
7	ระบุเครื่องมือสำหรับการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	24	4.8	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
8	ระบุเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน	4	5	5	5	5	24	4.8	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
9	ระบุการใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.8	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
10	มีหลักฐาน อาทิ สื่อ ใบกิจกรรม ใบความรู้ เครื่องมือวัดฯ ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วน	4	5	4	5	5	23	4.6	0.54	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ ข-1 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ ทั้ง 4 แผน จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วน ผลการประเมินเฉลี่ย 5.00 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

2. การเขียนสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินเฉลี่ย 5.00 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

3. จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมชัดเจน สามารถวัดได้ ผลการประเมินเฉลี่ย 5.00 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

4. สาระการเรียนรู้ครบถ้วน สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ ได้ ผลการประเมินเฉลี่ย 5.00 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม ครบถ้วนทุกขั้นตอนตามวิธีสอน หรือกระบวนการ หรือเทคนิคการสอนที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินเฉลี่ย 4.80 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

6. ระบุวิธีการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน ผลการประเมินเฉลี่ย 4.80 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

7. ระบุเครื่องมือสำหรับการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน ผลการประเมินเฉลี่ย 4.80 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

8. ระบุเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน ผลการประเมินเฉลี่ย 4.80 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

9. ระบุการใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้สัมพันธ์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการประเมินเฉลี่ย 4.80 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

10. มีหลักฐาน อาทิ สื่อ ใบกิจกรรม ใบความรู้ เครื่องมือวัดฯ ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วน ผลการประเมินเฉลี่ย 4.60 คะแนน ถือว่าเหมาะสมมากที่สุด

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

ตารางที่ ข-2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

ข้อ	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
1	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
2	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
3	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
4	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
5	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
6	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
7	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
8	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
9	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
10	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
11	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
12	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
13	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	0	1	1	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
14	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
15	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
16	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
17	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
18	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
19	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
20	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
21	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
22	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
23	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
24	ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้

ข้อ	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
25	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
26	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
27	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
28	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
29	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
30	ทักษะการทดลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
31	ทักษะการทดลอง	1	1	0	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
32	ทักษะการทดลอง	1	1	0	1	1	4	0.8	0.44	ใช้ได้
33	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
34	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
35	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
36	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
37	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
38	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
39	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
40	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
41	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
42	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
43	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
44	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
45	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
46	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
47	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้

ข้อ	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
48	ทักษะการสร้างแบบจำลอง	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้

จากตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.09 ถือว่ามีความเหมาะสมมาก สามารถนำไปใช้ได้

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ที่ต้องการวัด

ตารางที่ ข-3 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ที่ต้องการวัด

ข้อ	ด้านพุทธพิสัย	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
1	ด้านความรู้ความจำ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
2	ด้านความรู้ความจำ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
3	ด้านความรู้ความจำ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
4	ด้านความรู้ความจำ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
5	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
6	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
7	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
8	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
9	ด้านการประเมินค่า	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
10	ด้านความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
11	ด้านการประยุกต์ใช้	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
12	ด้านการประยุกต์ใช้	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
13	ด้านความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
14	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
15	ด้านการวิเคราะห์	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
16	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
17	ด้านการประยุกต์ใช้	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
18	ด้านการประยุกต์ใช้	0	1	0	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
19	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
20	ด้านคิดสร้างสรรค์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
21	ด้านคิดสร้างสรรค์	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
22	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
23	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
24	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้

ข้อ	ด้านพุทธพิสัย	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
25	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
26	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
27	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
28	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
29	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
30	ด้านการวิเคราะห์	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
31	ด้านการวิเคราะห์	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
32	ด้านการวิเคราะห์	0	1	0	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
33	ด้านการประเมินค่า	1	0	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
34	ด้านการประเมินค่า	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
35	ด้านการประเมินค่า	0	0	1	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
36	ด้านการประเมินค่า	0	0	1	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
37	ด้านการประเมินค่า	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
38	ด้านการประเมินค่า	0	0	1	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
39	ด้านการประเมินค่า	0	0	1	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
40	ด้านการประเมินค่า	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
41	ด้านการประเมินค่า	0	0	1	1	1	3	0.60	0.54	ใช้ได้
42	ด้านการประเมินค่า	0	1	1	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
43	ด้านความรู้ความจำ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
44	ด้านความรู้ความจำ	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
45	ด้านความเข้าใจ	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
46	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
47	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
48	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
49	ด้านการประยุกต์ใช้	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
50	ด้านการประยุกต์ใช้	1	1	-1	1	1	3	0.60	0.89	ใช้ได้
51	ด้านคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1	1	4	0.80	0	ใช้ได้
52	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
53	ด้านการวิเคราะห์	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
54	ด้านการวิเคราะห์	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้

ข้อ	ด้านพุทธพิสัย	ผู้เชี่ยวชาญ (ท่านที่)					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	SD	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5				
55	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
56	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้
57	ด้านความเข้าใจ	1	1	0	1	1	4	0.80	0.44	ใช้ได้
58	ด้านความเข้าใจ	1	1	1	1	1	5	1	0	ใช้ได้

จากตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ กับด้านพุทธพิสัยตามตามหลักทฤษฎีของบลูมที่ได้รับการปรับปรุงใหม่โดยแอนเดอร์สัน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28 ซึ่งถือว่าเหมาะสมมาก สามารถนำไปใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*)
ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)	ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)	ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)
*1	0.27	0.28	17	0.51	-0.51	*33	0.20	0.21
2	0.96	-0.05	18	0.69	-0.33	34	0.80	0.83
*3	0.31	0.33	19	0.98	-0.02	35	0.78	0.81
4	0.96	-0.05	*20	0.62	0.65	*36	0.69	0.72
5	0.24	0.26	*21	0.51	0.54	*37	0.69	0.72
6	1	0	22	0.93	-0.07	38	0.76	0.79
*7	0.31	0.33	*23	0.64	0.15	*39	0.56	0.58
*8	0.42	0.44	*24	0.67	0.70	40	0.73	0.77
9	0.96	-0.05	25	0.27	-0.77	41	0.60	0.63
*10	0.31	0.33	*26	0.73	0.77	42	0.73	-0.28
*11	0.42	0.44	27	0.98	-0.02	43	0.69	0.20
*12	0.29	0.30	*28	0.53	0.56	*44	0.71	0.22
*13	0.24	0.26	*29	0.62	0.65	*45	0.20	0.21
14	0.76	0.79	30	0.60	0.63	*46	0.69	0.72
15	0.93	0.98	31	0.40	-0.11	47	0.78	0.81
16	0.78	0.81	*32	0.24	0.26	*48	0.22	0.23

หมายเหตุ ข้อที่มีเครื่องหมาย * เป็นข้อที่ผู้วิจัยเลือกมาใช้เป็นแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 ข้อ

จากตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าความยากง่าย (*p*) มีค่าอยู่ระหว่าง .27 – .96 และอำนาจจำแนก (Discrimination) มีค่าเท่ากับ -.50 – 0.83 ผู้วิจัยได้เลือกแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย (*p*) มีค่าอยู่ระหว่าง .20 – .78 และอำนาจจำแนก (*B*) มีค่าอยู่ระหว่าง .15 - .72 ได้แก่ข้อที่ 1, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 32, 33, 36, 37, 39, 44, 45, 46 และ 48 จำนวน 24 ข้อ

ทั้งนี้ การเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ พิจารณาจากความครอบคุลมของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณการทั้ง 6 ทักษะ (ทักษะละ 4 ข้อ) ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*)

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสูตรของโลเวทท์ (Lovett) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .77

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*)
ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)	ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)
*1	0.33	0.25	*30	0.49	0.60
2	0.76	0.31	*31	0.47	0.57
3	0.78	-0.12	32	0.80	-0.09
*4	0.64	0.33	33	0.56	0.52
5	1	0	34	0.47	0.42
*6	0.67	0.66	*35	0.62	0.30
*7	0.71	0.26	36	0.69	0.38
8	0.71	-0.20	*37	0.53	0.65
9	0.76	-0.15	*38	0.60	0.27
*10	0.58	0.25	39	0.69	0.38
*11	0.67	0.20	*40	0.56	0.68
12	0.76	-0.15	*41	0.56	0.22
13	0.93	-0.08	42	0.82	0.39
*14	0.76	0.31	*43	0.71	0.26
*15	0.71	0.56	44	0.96	-0.05
16	0.82	-0.06	*45	0.82	0.24
*17	0.73	0.59	*46	0.47	0.26
18	0.91	-0.11	47	0.78	0.03
19	0.91	0.04	48	0.91	-0.11
*20	0.64	0.48	49	0.73	-0.02
21	0.58	0.25	*50	0.71	0.26
22	0.91	-0.11	*51	0.31	0.23
*23	0.49	0.59	*52	0.33	0.41

ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)	ข้อ	ค่าความยากง่าย (*p*)	ค่าอำนาจจำแนก (*B*)
***24**	0.51	0.62	**53**	0.82	0.24
***25**	0.64	0.63	***54**	0.67	0.66
26	0.60	0.58	**55**	0.62	0.30
27	0.60	0.58	***56**	0.67	0.35
28	0.60	0.58	**57**	0.60	0.43
***29**	0.53	0.65	***58**	0.71	0.26

หมายเหตุ ข้อที่มีเครื่องหมาย * เป็นข้อที่ผู้วิจัยเลือกมาใช้เป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ จำนวน 30 ข้อ

จากตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าความยากง่าย (*p*) มีค่าอยู่ระหว่าง .31 – 1.00 และอำนาจจำแนก (Discrimination) มีค่าเท่ากับ -.20 – 0.66 ผู้วิจัยได้เลือกแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ จำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย (*p*) มีค่าอยู่ระหว่าง .31 – .76 และอำนาจจำแนก (*B*) มีค่าอยู่ระหว่าง .20 - .66 ได้แก่ข้อที่ 1, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17, 20, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 45, 46, 50, 51, 52, 54, 56 และ 58 จำนวน 30 ข้อ

ทั้งนี้ การเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ฉบับนี้นั้น พิจารณาจากความครอบคลุมระหว่างเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้กับด้านพุทธพิสัยตามหลักทฤษฎีของบลูม ที่ได้รับการปรับปรุงใหม่โดยแอนเดอร์สัน ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ ค่าความยากง่าย (*p*) และอำนาจจำแนก (*B*)

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสูตรของโลเวทท์ (Lovett) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .82

คะแนนแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

ตารางที่ ข-6 คะแนนแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

เลขที่	ก่อนเรียน	ร้อยละ	หลังเรียน	ร้อยละ	เลขที่	ก่อนเรียน	ร้อยละ	หลังเรียน	ร้อยละ
1	14	58.33	21	87.50	**22**	14	58.33	20	83.33
2	14	58.33	21	87.50	**23**	16	66.67	22	91.67
3	15	62.50	22	91.67	**24**	15	62.50	22	91.67
4	14	58.33	21	87.50	**25**	15	62.50	22	91.67
5	14	58.33	22	91.67	**26**	14	58.33	18	75
6	14	58.33	22	91.67	**27**	14	58.33	20	83.33
7	14	58.33	21	87.50	**28**	14	58.33	20	83.33
8	15	62.50	22	91.67	**29**	14	58.33	20	83.33
9	15	62.50	23	95.83	**30**	16	66.67	22	91.67
10	15	62.50	21	87.50	**31**	12	50	20	83.33
11	15	62.50	22	91.67	**32**	12	50	20	83.33
12	14	58.33	22	91.67	**33**	10	41.67	20	83.33
13	15	62.50	23	95.83	**34**	10	41.67	20	83.33
14	15	62.50	22	91.67	**35**	15	62.50	21	87.50
15	14	58.33	21	87.50	**36**	15	62.50	21	87.50
16	16	66.67	20	83.33	**37**	14	58.33	20	83.33
17	15	62.50	20	83.33	**38**	10	41.67	21	87.50
18	15	62.50	23	95.83	**39**	10	41.67	20	83.33
19	15	62.50	22	91.67	**40**	15	62.50	22	91.67
20	20	83.33	23	95.83	**41**	15	62.50	21	87.50
21	14	58.33	20	83.33					

จากตารางที่ ข-6 คะแนนแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) พบว่า จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 41 คน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 14.20 คะแนน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 59.15 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 21.12 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 88.01

คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน

ตารางที่ ข-7 คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

เลขที่	ก่อนเรียน	ร้อยละ	หลังเรียน	ร้อยละ	เลขที่	ก่อนเรียน	ร้อยละ	หลังเรียน	ร้อยละ
1	17	58.62	25	86.21	**22**	19	65.52	25	86.21
2	19	65.52	28	96.55	**23**	17	58.62	24	82.76
3	17	58.62	24	82.76	**24**	19	65.52	27	93.10
4	16	55.17	24	82.76	**25**	16	55.17	25	86.21
5	17	58.62	24	82.76	**26**	16	55.17	24	82.76
6	19	65.52	28	96.55	**27**	19	65.52	25	86.21
7	17	58.62	24	82.76	**28**	18	62.07	27	93.10
8	17	58.62	24	82.76	**29**	19	65.52	25	86.21
9	17	58.62	24	82.76	**30**	16	55.17	24	82.76
10	19	65.52	28	96.56	**31**	18	62.07	25	86.21
11	19	65.52	27	93.10	**32**	12	41.38	24	82.76
12	18	62.07	26	89.66	**33**	21	72.41	27	93.10
13	18	62.069	26	89.66	**34**	14	48.28	24	82.76
14	18	62.069	26	89.66	**35**	20	68.9655	25	86.21
15	19	65.52	25	86.21	**36**	20	68.97	24	82.76
16	19	65.52	28	96.55	**37**	19	65.52	23	79.31
17	17	58.62	26	89.66	**38**	16	55.17	24	82.76
18	20	68.97	27	93.10	**39**	15	51.72	24	82.76
19	17	58.62	24	82.76	**40**	17	58.62	25	86.21
20	19	65.52	25	86.21	**41**	19	65.52	25	86.21
21	18	62.07	24	82.76					

จากตารางที่ ข-7 คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ ก่อนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) พบว่า จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 41 คน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 17.73 คะแนน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 61.14 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 25.19 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 86.88

ผลการวิเคราะห์ *t-test* ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-8 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (*t-test* dependent)

Paired Samples Statistics

		Mean	*N*	*Std. Deviation*
Pair 1	ก่อนเรียน	14.20	41	1.83
	หลังเรียน	21.12	41	1.12

Paired Samples Test

		Paired Differences			*t*	*df*	*Sig.(2-tailed)*	*Sig.(1-tailed)*
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*				
Pair 1	ก่อนเรียน - หลังเรียน	6.93	1.59	0.25	27.94	40	0.00	0.00

ผลการวิเคราะห์ *t-test* ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

ตารางที่ ข-9 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการก่อนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (*t-test* dependent)

Paired Samples Statistics

		Mean	*N*	*Std. Deviation*
Pair 1	ก่อนเรียน	17.73	41	1.75
	หลังเรียน	25.20	41	1.40

Paired Samples Test

		Paired Differences			*t*	*df*	*Sig.(2-tailed)*	*Sig.(1-tailed)*
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*				
Pair 1	ก่อนเรียน - หลังเรียน	7.46	1.57	0.24	30.5010	40	0.0000	0.0000

ภาคผนวก ค

- แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ
- แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วิวัฒนาการ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว30242 ประเภทรายวิชา เพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่ 4 วิวัฒนาการ ภาคเรียนที่ 2

เรื่อง การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เวลา 3 ชั่วโมง นางสาวศรัณย์พร สุดโต

1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันเป็นลูกหลานที่มีลักษณะที่แตกต่างจากบรรพบุรุษในอดีต โดยผ่านการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมทีละเล็กทีละน้อย มีการสะสมลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะนั้น ๆ เป็นเวลานานหลายชั่วรุ่น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เรียกว่า วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

หลักฐานที่บ่งบอกว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการศึกษาได้จาก ซากดึกดำบรรพ์ กายวิภาคเปรียบเทียบ วิทยาเอ็มบริโอ ชีววิทยาโมเลกุล และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

อธิบายหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

4. จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

4.1.1 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

4.1.2 อธิบายหลักฐานและเครื่องมือต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

4.2 ด้านกระบวนการ (P)

2.2.1 การสังเกต

2.2.2 การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

4.3 ด้านเจตคติ (A)

2.3.1 ความอยากรู้อยากเห็น

2.3.2 ใฝ่เรียนรู้

2.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

2.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

2.4.2 ความสามารถในการคิด

2.4.3 ความสามารถในการแก้ไขปัญหา

5. สะเต็มศึกษา

5.1 วิทยาศาสตร์: เนื้อหาข้อมูลในเรื่องวิวัฒนาการ

5.2 เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในการออกแบบและสืบค้นเครื่องมือในการสร้างหลักฐานทางวิวัฒนาการ

5.3 วิศวกรรมศาสตร์: ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน

5.4 คณิตศาสตร์: การคำนวณในการสร้างหลักฐานทางวิวัฒนาการ

6. สาระการเรียนรู้

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน DNA จะทำให้ลักษณะของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเปลี่ยนไปจากบรรพบุรุษและสามารถถ่ายทอดลักษณะนี้ไปยังรุ่นต่อไป ทำให้ลูกหลานที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างจากบรรพบุรุษ และลูกที่คัดเลือกให้มีชีวิตอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันในระยะเวลาที่ยาวนาน เรียกการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตนี้ว่า วิวัฒนาการ (Evolution)

วิวัฒนาการ (Evolution) คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือคลี่คลายไปสู่ฐานะที่ดีขึ้นหรือเจริญขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงในทางชีววิทยาจากสิ่งที่ง่าย ๆ ไปสู่สิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องเปลี่ยน ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป และต้องใช้เวลานาน

หลักฐานที่บ่งบอกถึงการเกิดวิวัฒนาการ ได้แก่

1.) หลักฐานดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตหรือหลักฐานทางธรณีวิทยา (geological evidence) เป็นหลักฐานซากพืชซากสัตว์ในชั้นหินต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า ซากดึกดำบรรพ์หรือฟอสซิล (fossil)

2.) หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ การศึกษาเปรียบเทียบของโครงสร้างต่าง ๆ ในตัวเต็มวัย กำเนิด หน้าที่ และการทำงานของกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้แก่ Homologous structure และ Analogous structure

- Homologous structure โครงสร้างมาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน วิวัฒนาการของโครงสร้างนี้เรียกว่า Homology การที่มีจุดกำเนิดเดียวกันแสดงว่าสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันในเชิงวิวัฒนาการ (มีบรรพบุรุษร่วมกัน)

- Analogous structure โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มาจากจุดกำเนิดต่างกันแต่ทำหน้าที่เหมือนกัน เรียกวิวัฒนาการของโครงสร้างนี้ว่า Analogy ในเชิงวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้ไม่มีความสัมพันธ์กันทางบรรพบุรุษ

3.) หลักฐานจากคัพภะวิทยาเปรียบเทียบ ในบางกรณีที่ไม่สามารถ ศึกษากายวิภาคเปรียบเทียบในระยะตัวเต็มวัยได้ แต่เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอแล้ว พบว่าใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ จากการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังระยะแรก ๆ จะเห็นว่ามี อวัยวะบางส่วนที่คล้ายคลึงกัน เช่น ช่องเหงือก (gill slit) และหาง เป็นต้น ความคล้ายคลึงกันของการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอนี้ อาจเป็นไปได้ว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังเหล่านี้ ต่างมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน แต่มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างอันเป็นผลมาจากการวิวัฒนาการเพื่อให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

4.) หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล จากการศึกษาอัตราของมิวเทชั่นที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นธรรมชาติของดีเอ็นเอ พบว่าอัตราการเกิดมิวเทชั่นต่ำมาก และค่อนข้างคงที่การเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลที่เกิดขึ้นในสายของโปรตีนกินเวลาหลายล้านปี เช่น การเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนในไซโตโครมซี 1 โมเลกุลใช้เวลานานถึง 17 ล้านปี คนเริ่มแตกต่างจากลิงซีรัสเมื่อ 17 ล้านปีมาแล้ว เพราะมีกรดอะมิโนแตกต่างกัน 1 โมเลกุล ดังนั้น สิ่งมีชีวิตที่มีความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการ จะมีความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์น้อย และถ้าแตกต่างกันมากจะมีสายวิวัฒนาการแตกต่างกันมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าลิงชิมแพนซีมีความใกล้ชิดกับคนมากที่สุด

5.) หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ และภูมิประเทศ เป็นตัวกำหนดที่ทำให้ มีการกระจายของพืช และสัตว์แตกต่างกันไปโดยอยู่กับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ภูเขา ทะเลทราย ทะเลมหาสมุทรเป็นผลให้มีการแบ่งแยกและเกิดสปีชีส์ในที่สุด เช่น การเกิดสปีชีส์ของกุ้งที่ต่างกัน 6 สปีชีส์ จากเดิมที่มีเพียงสปีชีส์เดียว แต่การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนขยับของแผ่นทวีป ทำให้กุ้งเหล่านี้ถูกแยกจากกัน โดยสภาพทางภูมิศาสตร์ และต่างก็ต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเมื่อเวลาผ่านไป ลักษณะความแตกต่าง จึงเพิ่มขึ้นเรื่อยจนไม่อาจผสมพันธุ์กันได้อีก เกิดเป็นกุ้งต่างสปีชีส์ขึ้น

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้

7.1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

7.1.1 ครูผู้สอนให้นักเรียนดูข่าวแสงที่เกิดขึ้นทางภาคเหนือของประเทศไทย และคาดว่าจะเป็นอุกาบาตตก พร้อมทั้งยกตัวอย่างความอันตรายของอุกาบาตที่ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ และทำให้เกิดสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ ขึ้นตามมา และมีการวิวัฒนาการจนมาถึงปัจจุบัน

7.1.2 นักเรียนตอบคำถามจากครูผู้สอนว่า “นักเรียนพอทราบหรือไม่ว่าบรรพบุรุษของเรานั้นเป็นอย่างไร และจะทราบได้อย่างไร”

7.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

7.2.1 นักเรียนสืบค้นและสังเกตหาเครื่องมือในการพิสูจน์หาหลักฐานต่าง ๆ ทางวิวัฒนาการ ที่สามารถทำให้ทราบถึงวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต

7.2.2 นักเรียนแบ่งกลุ่ม เป็น 5 กลุ่ม ตามความสมัครใจของนักเรียน

7.2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มจับสลากกัน เพื่อสร้างเครื่องมือในการพิสูจน์หาหลักฐานทางวิวัฒนาการ เช่น การสร้างแบบจำลองหรือแผนผังอธิบาย การตรวจหาและการเทียบโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต การวัดรอยเท้า การดูเอมบริโอของสิ่งมีชีวิต และการเปรียบเทียบระยะการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต

7.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

7.3.1 นักเรียนและครูผู้สอนร่วมกันอภิปรายว่า “หากต้องการให้ผู้อื่นได้เข้าใจในหลักฐานทางวิวัฒนาการของกลุ่มตนเองมากขึ้นหลังจากที่สืบค้นมาแล้วนั้น นักเรียนจะต้องแสดงผลยกตัวอย่าง หรือสร้างออกมาเป็นแบบจำลอง เพื่ออธิบายหลักฐานของกลุ่มตนเองให้เป็นรูปธรรมและเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ผ่านเครื่องมือที่นักเรียนได้สร้างมา”

7.3.2 นักเรียนออกแบบเครื่องมือในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการของกลุ่มตนเองที่ต้องการจะสื่อสารให้เพื่อนกลุ่มอื่นและครูผู้สอน จากนั้นส่งครูผู้สอนว่าจะทำออกมาเป็นลักษณะใด ใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง

7.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

7.4.1 นักเรียนดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการของกลุ่ม

7.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

7.5.1 นักเรียนนำผลงานของตนเองมานำเสนอและอธิบายให้เพื่อนในห้องและครูผู้สอนฟัง พร้อมทั้งฟังคำแนะนำ ข้อแก้ไขและปรับปรุง

7.5.2 นักเรียนแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานตามคำแนะนำของครูผู้สอน

7.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

7.6.1 นักเรียนนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

7.6.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปเกี่ยวกับหลักฐานทางวิวัฒนาการที่ได้จากการหาโดยเครื่องมือของกลุ่มตนเอง ให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

“1.) หลักฐานดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตหรือหลักฐานทางธรณีวิทยา (geological evidence) เป็นหลักฐานซากพืชซากสัตว์ในชั้นหินต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า ซากดึกดำบรรพ์หรือฟอสซิล (fossil)

2.) หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ การศึกษาเปรียบเทียบของโครงสร้างต่าง ๆ ในตัวเต็มวัย กำเนิด หน้าที่ และการทำงานของกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้แก่ Homologous structure และ Analogous structure

3.) หลักฐานจากคัพภะวิทยาเปรียบเทียบ ในบางกรณีที่ไม่สามารถ ศึกษากายวิภาคเปรียบเทียบในระยะตัวเต็มวัยได้ แต่เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอแล้ว พบว่าใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ จากการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของสัตว์มีกระดูกสันหลังระยะแรก ๆ จะเห็นว่ามี อวัยวะบางส่วนที่คล้ายคลึงกัน เช่น ช่องเหงือก (gill slit) และหาง เป็นต้น ความคล้ายคลึงกันของการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอนี้ อาจเป็นไปได้ว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังเหล่านี้ ต่างมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน แต่มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างอันเป็นผลมาจากการวิวัฒนาการเพื่อให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

4.) หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล จากการศึกษาอัตราของมิวเทชั่นที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นธรรมชาติของดีเอ็นเอ พบว่าอัตราการเกิดมิวเทชั่นต่ำมาก และค่อนข้างคงที่การเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลที่เกิดขึ้นในสายของโปรตีนกินเวลาหลายล้านปี เช่น การเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนในไซโตโครมซี 1 โมเลกุลใช้เวลานานถึง 17 ล้านปี คนเริ่มแตกต่างจากลิงซีรัสเมื่อ 17 ล้านปีมาแล้ว เพราะมีกรดอะมิโนแตกต่างกัน 1 โมเลกุล ดังนั้น สิ่งมีชีวิตที่มีความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการ จะมีความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์น้อย และถ้าแตกต่างกันมากจะมีสายวิวัฒนาการแตกต่างกันมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าลิงชิมแพนซีมีความใกล้ชิดกับคนมากที่สุด

5.) หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ และภูมิประเทศ เป็นตัวกำหนดที่ทำให้ มีการกระจายของพืช และสัตว์แตกต่างกันไปโดยอยู่กับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ภูเขา ทะเลทราย ทะเลมหาสมุทรเป็นผลให้มีการแบ่งแยกและเกิดสปีชีส์ในที่สุด เช่น การเกิดสปีชีส์

ของกุ้งที่ต่างกัน 6 สปีชีส์ จากเดิมที่มีเพียงสปีชีส์เดียว แต่การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนขยับของแผ่นทวีป ทำให้กุ้งเหล่านี้ถูกแยกจากกัน โดยสภาพทางภูมิศาสตร์ และต่างก็ต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเมื่อเวลาผ่านไป ลักษณะความแตกต่าง จึงเพิ่มขึ้นเรื่อยจนไม่อาจผสมพันธุ์กันได้อีก เกิดเป็นกุ้งต่างสปีชีส์ขึ้น”

7.6.3 ครูผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดวิวัฒนาการว่า “วิวัฒนาการ (Evolution) คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือคลี่คลายไปสู่ฐานะที่ดีขึ้นหรือเจริญขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงในทางชีววิทยาจากสิ่งที่ง่าย ๆ ไปสู่สิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องเปลี่ยน ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป และต้องใช้เวลานาน”

8. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

8.1 อุปกรณ์สร้างเครื่องมือในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบ

8.2 แหล่งสืบค้นของนักเรียน เช่น ห้องสมุดโรงเรียน อินเตอร์เน็ต หนังสือ เป็นต้น

8.3 รูปภาพหลักฐานทางวิวัฒนาการที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมมา

8.4 แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ

9. การวัดและการประเมินผล

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (Knowledge)			
- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการ - อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต อธิบายหลักฐานต่าง ๆ ที่สนับสนุน และข้อมูลที่ใช้ในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	- ตรวจผลงานเครื่องมือที่ใช้ในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการของแต่ละกลุ่ม - ตรวจแบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- ผลงานเครื่องมือที่ใช้ในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการของแต่ละกลุ่ม - แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- นักเรียนสามารถสร้างผลงานเครื่องมือที่ใช้ในการหาหลักฐานทางวิวัฒนาการได้ถูกต้องตามที่ได้รับ และสามารถอธิบายหลักฐานทางวิวัฒนาการได้ถูกต้องครบถ้วน
ด้านกระบวนการ (Process)			
- การสังเกต - การวัด - การลงความคิดเห็นจากข้อมูล - การพยากรณ์	- ประเมินแบบประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ	- แบบประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ	- นักเรียนสามารถผ่านการประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ
ด้านคุณลักษณะ (Attitude)			
- ความอยากรู้อยากเห็น - ใฝ่เรียนรู้ - มุ่งมั่นในการทำงาน	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน			
- ความสามารถในการสื่อสาร - ความสามารถในการคิด - ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

แบบประเมินกิจกรรม STEM (ชิ้นงาน)

คำชี้แจง ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนน

เกณฑ์การประเมินมีดังนี้ คะแนนเต็ม 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์การตัดสินแบ่งเป็นระดับคุณภาพดังนี้

ระดับ 3 คะแนนรวม 15-20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ระดับ 2 คะแนนรวม 8-14 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 1 คะแนนรวม ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	**คะแนนที่ได้**				**คะแนนที่ได้**
	4	**3**	**2**	**1**	
การวางแผนกำหนดขั้นตอนในการทำงาน และการแก้ไขสถานการณ์					
การวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ					
การออกแบบเชิงวิศวกรรม					
การสืบค้น สังเกต ศึกษา ทดลอง รวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูล					
การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปความรู้					
รวมคะแนนที่ได้					
ระดับเกณฑ์การประเมินที่ได้					

ลงชื่อ ..... ครูผู้สอน

(.....)

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือหนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาครูผู้สอนและเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
3 (ดี)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือหนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
2 (พอใช้)	- นักเรียนศึกษาเนื้อหาเฉพาะในหนังสือเรียน - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
1 (ปรับปรุง)	- นักเรียนไม่ศึกษาเนื้อหา - นักเรียนไม่ปรึกษาหารือกับเพื่อน

2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3 (ดี)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 65 – 79
2 (พอใช้)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 50 – 64
1 (ปรับปรุง)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 0 - 49

3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนก่อนครูผู้สอนเข้าสอน - ตั้งใจฟังและตอบคำถามตลอดเวลา
3 (ดี)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนเมื่อครูผู้สอนเข้าสอนแล้ว - ตั้งใจฟังและตอบคำถามบางคำถาม

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
2 (พอใช้)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียน - ตั้งใจฟังแต่ไม่กล้าตอบคำถาม
1 (ปรับปรุง)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียน - ไม่ตั้งใจฟังและไม่ตอบคำถาม

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ระดับ / ประเด็น	ระดับพฤติกรรม / ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	**3 (ดี)**	**2 (พอใช้)**	**1 (ปรับปรุง)**
ความสามารถในการสื่อสาร	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องทั้งหมด	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย	ไม่สามารถอธิบายความหมายจากการมองภาพได้
ความสามารถในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบทั้งหมด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบบางส่วน	สามารถคิดวิเคราะห์ได้ แต่มีเหตุผลประกอบไม่ค่อยชัดเจน	ไม่สามารถคิดวิเคราะห์ได้ หรือไม่มีเหตุผลประกอบ
ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้ดี และถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้โดยต้องอาศัยครูหรือเพื่อนคอยแนะนำบ้าง	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ต้องคอยความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

นักเรียนทั้งหมด ..... คน ได้ทำ..... พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

นักเรียนทั้งหมด..... คน พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียนทั้งหมด..... คน

มีผลการประเมินระดับคุณภาพดีขึ้นไป ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

มีผลการประเมินต่ำกว่าระดับคุณภาพดี ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. การดำเนินการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ด้านความรู้ (K)

.....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

.....

3. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

4. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

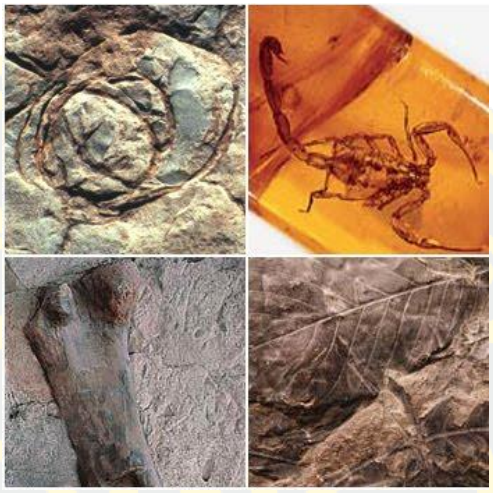
.....

. ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

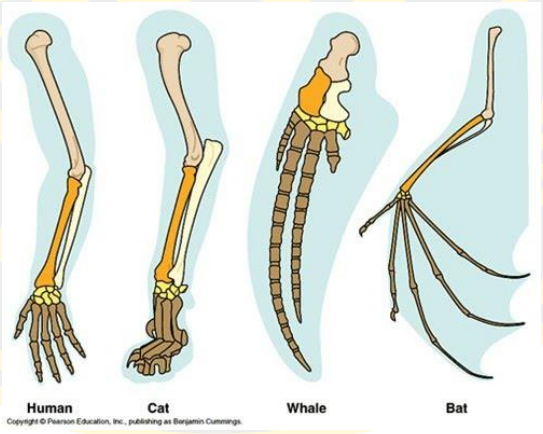
เอกสารประกอบการสอน

- รูปภาพหลักฐานทางวิวัฒนาการที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมมา



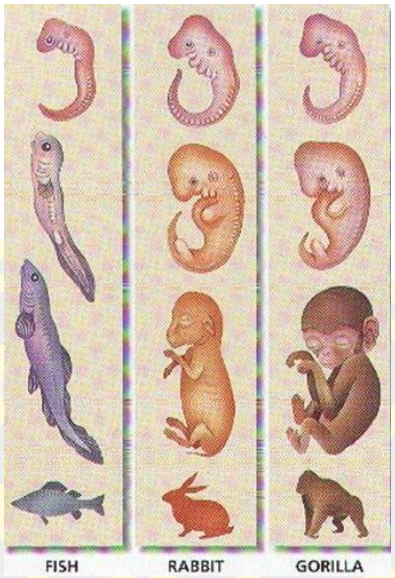
ภาพที่ 1 หลักฐานซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต

(ที่มา: https://sites.google.com/site/evolution00life/evolution-introduct)



ภาพที่ 2 หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ

(ที่มา: https://sites.google.com/site/evolution00life/evolution-introduct)



ภาพที่ 3 หลักฐานจากคัพภะวิทยาเปรียบเทียบ

(ที่มา: https://sites.google.com/site/evolution00life/evolution-introduct)

ภาพที่ 4 หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์

(ที่มา: https://sites.google.com/site/evolution00life/evolution-introduct)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว30242		ประเภทรายวิชา เพิ่มเติม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		มัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยที่ 4 วิวัฒนาการ		ภาคเรียนที่ 2
เรื่อง ทฤษฎีของลามาร์ก และ ชาลส์ ดาวิน	เวลา 2 ชั่วโมง	นางสาวศรัณย์พร สุดโต

1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่สำคัญ ได้แก่ แนวคิดของชอง ลามาร์ก และชาลส์ ดาวิน โดยลามาร์กเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการโดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ ส่วนดาร์วินเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายและเปรียบเทียบวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของชาลล์ ดาร์วิน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก

อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาวิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาวิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

4. จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

4.1.1 สืบค้นและอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก

4.1.2 สืบค้นและอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาล์ลดาวินและยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

4.2 ด้านกระบวนการ (P)

4.2.1 เปรียบเทียบแนวความคิดของชาลส์ ดาวิน และลามาร์ก

4.2.2 สร้างแบบจำลองนกฟินซ์

4.3 ด้านเจตคติ (A)

4.3.1 ใฝ่เรียนรู้

4.3.2 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

4.4.2 ความสามารถในการแก้ไขปัญหา

5. สะเต็มศึกษา

5.1 วิทยาศาสตร์: เนื้อหาข้อมูลในเรื่องวิวัฒนาการ

5.2 เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในการออกแบบและสืบค้น เรื่อง การสร้างแบบจำลองนกฟินซ์ในการกินอาหารที่แตกต่างกัน

5.3 วิศวกรรมศาสตร์: ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน

5.4 คณิตศาสตร์: การคำนวณในการสร้างแบบจำลองนกฟินซ์

6. สาระการเรียนรู้

แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของลามาร์ก

ชอง ลามาร์ก (Jean Lamarck, พ.ศ. 2287-2372) นักธรรมชาติวิทยาชาวฝรั่งเศสเป็นคนแรก ๆ ที่ได้นำเสนอแนวคิดปฏิวัติเรื่องวิวัฒนาการจากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของสิ่งมีชีวิตในยุคนั้นกับหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ในพิพิธภัณฑ์ ลามาร์กได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการที่สำคัญในสองประเด็นอันเป็นที่ถกเถียงกันอย่างแพร่หลาย

แนวคิดของลามาร์ก ประเด็นที่ 1 แนวคิดของลามาร์กประเด็นแรกกล่าวว่า สิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปมีความซับซ้อนมากขึ้นและสิ่งมีชีวิตมีความพยายามที่จะอยู่รอดในธรรมชาติซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีระไปในทิศทางนั้น “หากอวัยวะใดที่มีการใช้งานมากในการดำรงชีวิตจะมีขนาดใหญ่ ส่วนอวัยวะใดที่ไม่ใช้จะค่อย ๆ ลดขนาด อ่อนแอลง และเสื่อมไปในที่สุด” แนวคิดดังกล่าวนี้ เรียกว่า กฎการใช้และไม่ใช้ (Law of use and disuse)

แนวคิดของลามาร์ก ประเด็นที่ 2 ประเด็นที่สองมีความเกี่ยวเนื่องต่อจากประเด็นแรกที่ว่า “การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นจากการใช้และไม่ใช้นั้นจะคงอยู่ได้ และสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดลักษณะที่เกิดใหม่นี้ไปสู่รุ่นลูกได้” แนวคิดดังกล่าว เรียกว่า กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่ได้มาขณะมีชีวิตอยู่ (Law of inheritance of acquired characteristic)

ลามาร์กได้ใช้แนวคิดทั้งสองมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะของยีราฟซึ่งมีคอยาว ลามาร์กอธิบายว่าจากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ ยีราฟในอดีตจะมีคอสั้นแต่เนื่องจากอาหารขาดแคลนไม่พอกิน จึงต้องกินใบไม้จากต้นไม้สูงแทนหญ้า และเนื่องจากยืดคออย่างเดียวนั้นยังไม่พอจึงต้องมีการเขย่งขาเพิ่มด้วย จึงทำให้ยีราฟมีคอและขาที่ยาวขึ้น ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปนี้สามารถถ่ายทอดสู่รุ่นลูกหลานยีราฟรุ่นต่อมา

ในสัตว์พวกงูที่เราจะไม่เห็นขาของมัน แต่หลักฐานจากการศึกษาโครงกระดูก พบว่ายังมีส่วนของกระดูกที่สันนิษฐานว่าเป็นขาหลงเหลืออยู่ ซึ่งลามาร์กอธิบายว่า งูจะอาศัยอยู่ในพงหญ้ารกจึงใช้การเลื้อยพาให้ตัวเคลื่อนไป จึงไม่ต้องใช้ขาและการเลื้อยทำให้ลำตัวยาวขึ้น เมื่อขาไม่ได้ใช้จึงค่อย ๆ ลดเล็กลงจนหายไป ลักษณะนี้ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ เราจึงเห็นว่างูรุ่นต่อมานั้นไม่มีขา

จากแนวคิดของลามาร์ก ท่านเห็นด้วยหรือไม่ เพราะอะไร และจะมีวิธีการอย่างไรในการทดลองเพื่อพิสูจน์แนวคิดของลามาร์ก คำถามเหล่านี้เกิดขึ้นหลังจากลามาร์กได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตออกมา นักวิทยาศาสตร์สมัยนั้นดูจะไม่ค่อยยอมรับแนวคิดของลามาร์กเพราะไม่สามารถพิสูจน์ได้ในทุกกรณี เช่นในการทดลองของออกัส ไวส์มาน (August Weisman, พ.ศ. 2377-2457) ได้ทดลองตัดหางหนู 20 รุ่นให้สั้นลง แต่ปรากฏว่าหนูรุ่นที่ 21 ก็ยังคงมีหาง ไวส์มานจึงได้เสนอแนวคิดค้านลามาร์กว่า ลักษณะที่ถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้นั้นต้องเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ไม่ใช่เซลล์ร่างกาย หรือหากทฤษฎีของลามาร์กถูกต้อง ทำไมจึงยังมีสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่ไม่ซับซ้อนเจริญอยู่ในสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีบางสถานการณ์ที่แนวคิดของลามาร์กดูเหมือนจะถูกต้อง เช่น การเกิดมะเร็งบางชนิดที่สามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้ โดยเฉพาะการค้นพบการถ่ายทอดลักษณะไปยังลูกหลานโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรม ซึ่งพบเป็นครั้งแรกในข้าวโพดและเรียกว่า epigenetics จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าไปมากในปัจจุบัน ทำให้แนวคิดของลามาร์กที่แต่ก่อนดูเหมือนจะหมดความหมายทางวิชาการกลับมาคงอยู่และท้าทายต่อการพิสูจน์ต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาร์วิน

แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการที่ดูจะเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นของชาลส์ ดาวิน (Charles Darwin, พ.ศ. 2352 - 2428) นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษ ปีที่ดาร์วินเกิดอยู่ในช่วงรัชสมัยของรัชกาลที่ 3 และในอีก 50 ปีต่อมา ดาร์วินได้ตีพิมพ์หนังสือเรื่อง กำเนิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตโดยการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (The Origin of Species by Means of Natural Selection) ที่เขย่าวงการวิทยาศาสตร์และกระทบความเชื่อชาวตะวันตก จนได้รับการวิพากษ์วิจารณ์อย่างแพร่หลาย

ในปี พ.ศ. 2374 ดาร์วินซึ่งมีอายุเพียง 22 ปี ได้รับการฝากฝังโดยศาสตราจารย์จอห์น เฮนส-โลว์ (John Henslow) ให้เดินทางไปกับเรือหลวงบีเกิ้ล (H.M.S. Beagle) ในฐานะนักธรรมชาติวิทยาประจำเรือ การเดินทางครั้งนี้เป็นโครงการของราชนาวีอังกฤษ ซึ่งมีเป้าหมายในการเดินทางเพื่อสำรวจภูมิประเทศบริเวณชายฝั่งทะเลของทวีปอเมริกาใต้และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งยังไม่มีใครเคยไปสำรวจมาก่อน ในระหว่างการเดินทางดาร์วินได้สังเกตเห็นความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน รวมไปถึงวิถีความเป็นอยู่ที่แตกต่างกันออกไปของกลุ่มคนในที่ต่าง ๆ นอกจากนี้ระหว่างการรอนแรมอยู่ในเรือดาร์วินยังได้ศึกษาแนวคิดของญาติผู้ใหญ่ชื่อ ชาร์ลส์ ไลแอลล์ (Charles Lyell, พ.ศ. 2340-2518) จากหนังสือเรื่อง หลักธรณีวิทยา (The Principles of Geology) ที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป แม้ว่าจะโลกจะเกิดขึ้นมานานหลายพันล้านปีก็ตาม การเปลี่ยนแปลงนี้ก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งนี่เองนับเป็นการจุดประกายความสงสัยของดาร์วินว่า สิ่งมีชีวิตเองก็น่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกับเปลือกโลก ในปี พ.ศ.2378 เรือหลวงบีเกิ้ลเดินทางมาถึงหมู่เกาะกาลาปากอส ซึ่งเป็นหมู่เกาะที่อยู่ห่างจากแผ่นดินทวีปอเมริกาใต้ไปทางตะวันตกประมาณ 900 กิโลเมตร ที่หมู่เกาะนี้ดาร์วินได้พบสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์หลากชนิดที่ไม่เคยพบจากที่ใดมาก่อน เขาได้สังเกตนกฟินช์ (finch) ที่พบแพร่กระจายอยู่ตามหมู่เกาะต่าง ๆ ถึง 14 ชนิด ในขณะที่บนแผ่นดินใหญ่เขาพบเพียง 1 ชนิด

ดาร์วินพบว่านกฟินช์แต่ละชนิดมีขนาดและรูปร่างของจงอยปากที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมแก่การที่จะใช้กินอาหารแต่ละประเภท ตามสภาพแวดล้อมของเกาะนั้น ๆ ดาร์วินเชื่อว่าบรรพบุรุษของนกฟินช์บนเกาะกาลาปากอสน่าจะสืบเชื้อสายมาจากนกฟินช์บนแผ่นดินใหญ่ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาจนทำให้หมู่เกาะแยกออกจากแผ่นดินใหญ่ ทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรมของบรรพบุรุษนกฟินช์ เมื่อเวลายิ่งผ่านยาวนานขึ้นทำให้เกิดวิวัฒนาการกลายเป็นนกฟินช์สปีชีส์ใหม่ขึ้น ภายหลังจากการเดินทางกับเรือหลวงบีเกิ้ลยาวนานถึง 5 ปี เมื่อเดินทางกลับมาถึงประเทศอังกฤษ ดาร์วินจึงได้เริ่มศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่เขาได้บันทึกและเก็บรวบรวบข้อมูลมายาวนานตลอดการเดินทาง รวมถึงการอ่านบทความของโทมัส มัลทัส (Thomas Malthus, พ.ศ. 2309-2377) จากข้อมูลข้างต้นนี้เองทำให้ดาร์วินเริ่มเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่เขาคิดว่าสิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายตามธรรมชาติ และปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ปริมาณอาหารและน้ำที่จำกัด ทำให้สิ่งมีชีวิตตัวที่เหมาะสมเท่านั้นที่จะมีชีวิตอยู่รอด (survival of the fittest) และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นไปสู่ลูกหลาน แนวคิดของดาร์วินดังกล่าว เรียกว่า ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Theory of natural selection)

ในเวลาต่อมามีนักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษอีกคนหนึ่งคือ อัลเฟรด รัสเซล วอลเลซ (Alfred Russel Wallace, พ.ศ. 2366 - 2456) ผู้ศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตแถบหมู่เกาะอินโดนีเซีย

เขาได้เขียนจดหมายเล่าให้ดาร์วินฟังถึงแนวคิดเรื่องทฤษฎีวิวัฒนาการของเขาเองซึ่งตรงกับแนวคิดของดาร์วินในเรื่องของกลไกของวิวัฒนาการที่เกิดจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ในปี พ.ศ.2401 ทั้งสองจึงได้นำเสนอผลงานดังกล่าวนี้ในที่ประชุมวิทยาศาสตร์ และในปี พ.ศ.2402 ดาร์วินก็ได้ตีพิมพ์หนังสือ เรื่อง กำเนิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตโดยการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (The Origin of Species by Means of Natural Selection) ซึ่งแม้ในเนื้อหาจะขัดต่อความเชื่อของชาวตะวันตกอย่างรุนแรง เพราะดาร์วินแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงมาจากบรรพบุรุษ และนำไปสู่ความคิดที่ว่ามนุษย์เองก็ไม่ได้มีหน้าตาอย่างที่เห็นในปัจจุบันมาตั้งแต่แรกเริ่ม แต่เนื่องด้วยข้อมูลและหลักฐานประกอบที่เป็นไปตามระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ทำให้สิ่งที่ดาร์วินเสนอได้รับความสนใจและเป็นที่ถกเถียงกันอย่างกว้างขวางเช่นกัน

แอร์นสต์ ไมเออร์ (Ernst Mayr, พ.ศ. 2447-2548) นักชีววิทยาวิวัฒนาการชาวเยอรมัน ได้วิเคราะห์และสรุปทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วินที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ The Origin of Species by Means of Natural Selection โดยสามารถสรุปทฤษฎีของดาร์วิน ดังนี้

1.) สิ่งมีชีวิตย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในสปีชีส์เดียวกัน เรียกความแตกต่างนี้ว่าการแปรผัน (variation)

2.) สิ่งมีชีวิตมีจำนวนประชากรแต่ละสปีชีส์ในแต่ละรุ่นมีจำนวนเกือบคงที่ เพราะมีสิ่งมีชีวิตจำนวนหนึ่งตายไป

3.) สิ่งมีชีวิตต้องมีการต่อสู้เพื่อความอยู่รอด หากลักษณะที่แปรผันของสิ่งมีชีวิตนั้นเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตนั้นจะสามารถดำรงชีวิตอยู่และถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังลูกหลาน

4.) สิ่งมีชีวิตตัวที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่สุดจะอยู่รอด และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ ทำให้เกิดความแตกต่างไปจากสปีชีส์เดิมมากขึ้นจนในที่สุดเกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่

ช่วงเวลาหลังจากที่ดาร์วินได้ออกหนังสือ The Origin of Species มีผู้ยอมรับและเชื่อใน Darwinism อย่างมาก ผู้ที่สนับสนุนแนวคิดของดาร์วินที่สำคัญได้แก่ ที เอช ฮักซ์เลย์ (T.H. Huxley) เฮอร์เบิร์ท สเปนเซอร์ (Herbert Spencer) จอร์จ โรแมนส์ (George Romans) แอร์นสต์ เฮคเคล (Ernst Haeckel) และ ออกัส ไวส์มาน (August Weisman) ซึ่งยุคที่ความเชื่อใน Darwinism รุ่งเรืองนั้นเรียกว่ายุคโรแมนติค อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2403 - 2446

ไม่นานหลังจากการเสนอทฤษฎีของดาร์วิน ก็มีผู้ค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์เลื้อยคลานที่มีขนและปีกเหมือนนก สัตว์ชนิดนี้ได้ชื่อว่า อาร์คีออปเทอริก (Archaeopteryx เป็นภาษากรีกแปลว่าปีกโบราณ) ซึ่งมีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างไดโนเสาร์และนกปัจจุบัน ข้อเท็จจริงนี้พิสูจน์ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสัตว์เลื้อยคลานน่าจะเป็นบรรพบุรุษของนก และทฤษฎีของดาร์วินถูกต้อง ที่ว่าสิ่งมีชีวิตมีกำเนิดจากบรรพบุรุษดึกดำบรรพ์ ไม่ได้เกิดขึ้นมามีหน้าตาเหมือนในปัจจุบันโดยทันที

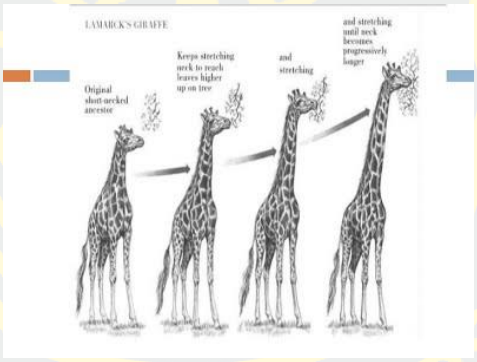
แม้ว่าดาร์วินและนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ จะสังเกตเห็นความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ แต่ดาร์วินก็ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าความหลากหลายนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร จนกระทั่งเกรเกอร์ เมนเดล (Gregor Mendel, พ.ศ.2365 - 2427) พระชาวออสเตรีย ที่เมืองบรึน (Brno) ปัจจุบันอยู่ในสาธารณรัฐเช็ค ซึ่งเริ่มทำการทดลองผสมพันธุ์ถั่วในช่วงปี พ.ศ. 2399-2406 และเมลเดลได้พบว่ามีการถ่ายทอดลักษณะของรุ่นพ่อแม่ผ่านไปยังลูกด้วยสัดส่วนที่คงที่ และเขายังทำนายว่าน่าจะมีบางสิ่งบางอย่างที่สามารถส่งผ่านลักษณะของบรรพบุรุษไปยังลูกหลานได้ ซึ่งนี่เองนับเป็นจุดเริ่มต้นอันนำมาสู่การเปิดเผยเรื่องสารพันธุกรรม

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้

7.1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

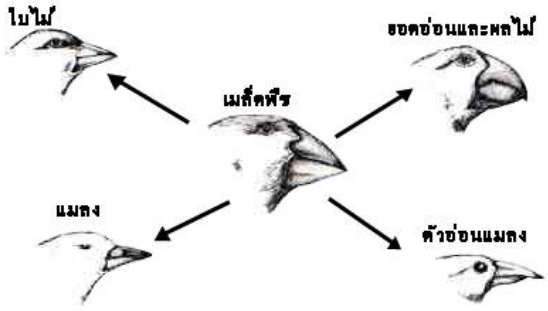
7.1.1 นักเรียนสังเกตภาพ



ภาพที่ 5 วิวัฒนาการของยีราฟคอยาวตามทฤษฎีของลามาร์ก

(ที่มา: https://www.slideshare.net/trcastro1/darwins-theory-final)

7.1.2 นักเรียนสังเกตภาพ



ภาพที่ 6 จงอยปากของนกฟินช์ที่แตกต่างกันตามความเหมะสมในการกินอาหาร

(ที่มา: https://il.mahidol.ac.th/e-media/150charles-darwin/Less3_2_4.html)

7.1.3 นักเรียนอภิปรายจากสถานการณ์กับครูผู้สอนว่า “จากการที่ได้สังเกตภาพยีราฟและนกฟินช์นั้น นักเรียนเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง”

7.1.4 ครูผู้สอนแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ตามที่นักเรียนเลือกระหว่างยีราฟหรือนกฟินช์

7.1.5 ครูผู้สอนให้นักเรียนลองสังเกตอาหารนกที่ครูผู้สอนจัดเตรียมมา ได้แก่ ใบไม้ แมลง ตัวอ่อนแมง ผลไม้ ถั่ว และตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “หากนักเรียนเป็นนก แล้วมีอาหารที่แตกต่างกันดังนี้ นักเรียนต้องมีการปรับหรือวิวัฒนาการตัวเองเพื่อกินอาหารต่างชนิดกันหรือไม่”

7.1.6 นักเรียนลองกัดตัวอย่างที่ครูผู้สอนเตรียมมา แล้วให้เพื่อสังเกตว่าใช้ฟันหรือวิธีการเคี้ยว การกินแบบเดียวกันหรือไม่

7.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

7.2.1 นักเรียนทั้งห้องแบ่งเป็น 5 กลุ่ม โดยวิธีการจับสลาก จะมีกลุ่มของใบไม้ แมลง ตัวอ่อนแมลง ผลไม้ และถั่ว ตามลักษณะการกินของนก

7.2.2 นักเรียนสืบค้นและรวบรวมเกี่ยวกับวิธีการกินอาหารที่กลุ่มตนเองจับได้ของนก เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายให้เพื่อนหรือครูผู้สอนเข้าใจมากยิ่งขึ้น

7.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

7.3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบแบบจำลองปากของนกฟินช์ของตนเอง โดยจดบันทึกและดำเนินตามกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์

7.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

7.4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งงานและดำเนินกิจกรรมของกลุ่มตนเอง จากข้อมูลที่ได้สืบค้นมา โดยมีครูผู้สอนเป็นที่ปรึกษา

7.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

7.5.1 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองที่ได้สืบค้นมาให้ครูผู้สอนและเพื่อนในห้องฟัง

7.5.2 ครูผู้สอนและเพื่อนในห้องให้คำแนะนำ ข้อเสนอต่าง ๆ

7.5.3 นักเรียนนำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาปรับปรุงงานของกลุ่มตนเอง

7.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

7.6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

7.6.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเปรียบเทียบเกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ และความเป็นจริงที่ค้นพบในปัจจุปัน ถึงความเป็นไปได้ของทฤษฎีของลามาร์ก และดาร์วิน พร้อมทั้งจดบันทึกลงในสมุดบันทึก

7.6.3 ครูผู้สอนสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปรียบเทียบทฤษฎีของลามาร์ก และดาร์วิน ว่า “วิวัฒนาการของลามาร์ก มีใจความสำคัญคือ

1.) สิ่งมีชีวิตและส่วนต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตมีความโน้มเอียงที่จะมีขนาดเพิ่มขึ้น

2.) การเกิดอวัยวะใหม่มีผลมาจากความต้องการใหม่ในการดำรงชีวิต

3.) อวัยวะใดที่ถูกใช้อยู่เสมอ มีความโน้มเอียงที่จะมีการเจริญและมีขนาดเพิ่มขึ้น อวัยวะใดไม่ค่อยได้ใช้จะเสื่อมหายไป ซึ่งพัฒนาไปเป็นกฎการใช้และไม่ใช้ (Law of Use and Disuse)

4.) การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ประการข้างต้น สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ เรียกว่ากฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ (Law of Inheritance of Acquired Characteristics) อันเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะมากขึ้นตามระยะเวลา

ดาร์วิน และวอลเลซได้เสนอทฤษฎีการเกิดสปีชีส์ใหม่อันเนื่องมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (theory of natural selection) มีสาระสำคัญ ดังนี้

1.) สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันย่อมแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เรียกว่า variation

2.) สิ่งมีชีวิตมีลูกหลานจำนวนมากตามลำดับเรขาคณิต แต่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดก็มี จำนวนเกือบคงที่

3.) สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องมีการต่อสู้เพื่อความอยู่รอด (struggle of existence) โดยลักษณะ ที่แปรผันบางลักษณะ ที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมย่อมดำรงชีวิตอยู่ได้ และสืบพันธุ์ถ่ายทอดไปยังลูกหลาน

4.) สิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้นที่อยู่รอด(survival the fittest) และดำรง เผ่าพันธุ์ของตนไว้และทำให้เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติเกิดความแตกต่าง ไปจากสปีชีส์เดิมมากขึ้นจนเกิดสปีชีส์ใหม่ สิ่งมีชีวิตที่จะอยู่รอดไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงที่สุด แต่เป็นสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากที่สุด ในกรณียีราฟคอยาวนั้น อธิบายตามทฤษฎีของดาร์วินได้ว่า ยีราฟมี บรรพบุรุษ ที่คอสั้นแต่เกิดมี variation ที่มีคอยาวขึ้น ซึ่งสามารถหาอาหาร พวกใบไม้ได้ดี กว่าตัวพวกคอสั้น และถ่ายทอดลักษณะ คอยาวไปให้ลูกหลาน ได้ ส่วนพวกคอสั้นหาอาหารได้ไม่ดีหรือแย่งอาหาร สู้พวกคอยาวไม่ได้ในที่สุดก็จะตายไป จึงทำให้ ในปัจจุบันมีแต่ยีราฟคอยาวเท่านั้น”

8. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อที่นักเรียนนำมานำเสนอ

8.2 แหล่งสืบค้นของนักเรียน เช่น ห้องสมุดโรงเรียนบ้านบึง “อุตสาหกรรมนุเคราะห์” อินเตอร์เน็ต เป็นต้น

8.3 แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ

9. การวัดและการประเมินผล

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (Knowledge)			
- สืบค้นและอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก - สืบค้นและอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน และยกตัวอย่างวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ	- ตรวจชิ้นงานแบบจำลองนกฟินซ์ของกลุ่มตนเอง - ตรวจแบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ - ประเมินแบบประเมินกิจกรรม STEM	- ชิ้นงานนำเสนอแบบจำลองนกฟินซ์ของกลุ่มตนเอง - แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ - แบบประเมินกิจกรรม STEM	- นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองนกฟินซ์ของกลุ่มตนเอง - นักเรียนสามารถผ่านการประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ
ด้านกระบวนการ (Process)			
- เปรียบเทียบแนวความคิดของชาลส์ ดาร์วิน และลามาร์ก - สร้างแบบจำลองนกฟินซ์	- ตรวจสมุดบันทึกข้อมูลที่ได้สืบค้นในการสร้างแบบจำลอง	- สมุดสมุดบันทึกข้อมูลที่ได้สืบค้นในการสร้างแบบจำลอง	- นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง
ด้านคุณลักษณะ (Attitude)			
- ใฝ่เรียนรู้ - มุ่งมั่นในการทำงาน	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน			
- ความสามารถในการสื่อสาร - ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

แบบประเมินกิจกรรม STEM

คำชี้แจง ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนน

เกณฑ์การประเมินมีดังนี้ คะแนนเต็ม 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์การตัดสินแบ่งเป็นระดับคุณภาพดังนี้

ระดับ 3 คะแนนรวม 15-20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ระดับ 2 คะแนนรวม 8-14 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 1 คะแนนรวม ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	**คะแนนที่ได้**				**คะแนนที่ได้**
	4	**3**	**2**	**1**	
การวางแผนกำหนดขั้นตอนในการทำงาน และการแก้ไขสถานการณ์					
การวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ					
การออกแบบเชิงวิศวกรรม					
การสืบค้น สังเกต ศึกษา ทดลอง รวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูล					
การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปความรู้					
รวมคะแนนที่ได้					
ระดับเกณฑ์การประเมินที่ได้					

ลงชื่อ ..... ครูผู้สอน

(.....)

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือ หนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาครูผู้สอนและเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
3 (ดี)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือ หนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
2 (พอใช้)	- นักเรียนศึกษาเนื้อหาเฉพาะในหนังสือเรียน - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
1 (ปรับปรุง)	- นักเรียนไม่ศึกษาเนื้อหา - นักเรียนไม่ปรึกษาหารือกับเพื่อน

2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3 (ดี)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 65 – 79
2 (พอใช้)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 50 – 64
1 (ปรับปรุง)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 0 - 49

3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนก่อนครูผู้สอนเข้าสอน - ตั้งใจฟังและตอบคำถามตลอดเวลา
3 (ดี)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนเมื่อครูผู้สอนเข้าสอนแล้ว - ตั้งใจฟังและตอบคำถามบางคำถาม
2 (พอใช้)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน

	และอุปกรณ์การเรียน - ตั้งใจฟังแต่ไม่กล้าตอบคำถาม
1 (ปรับปรุง)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียน - ไม่ตั้งใจฟังและไม่ตอบคำถาม

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ระดับ / ประเด็น	ระดับพฤติกรรม / ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	**3 (ดี)**	**2 (พอใช้)**	**1 (ปรับปรุง)**
ความสามารถในการสื่อสาร	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องทั้งหมด	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย	ไม่สามารถอธิบายความหมายจากการมองภาพได้
ความสามารถในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบทั้งหมด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบบางส่วน	สามารถคิดวิเคราะห์ได้ แต่มีเหตุผลประกอบไม่ค่อยชัดเจน	ไม่สามารถคิดวิเคราะห์ได้ หรือไม่มีเหตุผลประกอบ
ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้ดี และถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้โดยต้องอาศัยครูหรือเพื่อนคอยแนะนำบ้าง	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ต้องคอยความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

นักเรียนทั้งหมด ..... คน ได้ทำ..... พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

นักเรียนทั้งหมด..... คน พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียนทั้งหมด..... คน

มีผลการประเมินระดับคุณภาพดีขึ้นไป ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

มีผลการประเมินต่ำกว่าระดับคุณภาพดี ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. การดำเนินการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ด้านความรู้ (K)

.....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

.....

3. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

4. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

. ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว30242 ประเภทรายวิชา เพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่ 4 วิวัฒนาการ ภาคเรียนที่ 2

เรื่อง พันธุศาสตร์ประชากร เวลา 6 ชั่วโมง นางสาวศรัณย์พร สุดโต

1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

พันธุศาสตร์ประชากรเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิชาพันธุศาสตร์ (genetics) โดยศึกษาถึงโครงสร้างการเปลี่ยนแปลง รวมถึงวิวัฒนาการทางด้านพันธุกรรมในระดับประชากร โดยเน้นศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลง ความถี่ยีนและความถี่จีโนไทป์เป็นหลัก ทั้งยังศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่เหล่านี้ภายในประชากร โดยทั่วไปคำว่าประชากรมักจะหมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่รวมกันในพื้นที่หนึ่ง ๆ และมีการใช้แหล่งพันธุกรรมร่วมกัน (gene pool) โดยที่สัตว์แต่ละตัวต้องมีคุณสมบัติดังนี้ สามารถสืบพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ (species) ได้โดยลูกที่คลอดออกมาต้องไม่เป็นหมัน สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี และมีโครงสร้างทางพันธุกรรมหลากหลายทั้งในด้าน เพศ อายุ และสถานะ เช่น ตั้งท้อง

2. ผลการเรียนรู้

อธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและจีโนไทป์ ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

คำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากร โดยใช้หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

สืบค้นข้อมูล และสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ ในประชากรที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

4. จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

4.1.1 สามารถคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

4.1.2 อธิบายหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก

4.2 ด้านกระบวนการ (P)

4.2.1 การคำนวณ

4.3 ด้านเจตคติ (A)

4.3.1 ความอยากรู้อยากเห็น

4.3.2 ใฝ่เรียนรู้

4.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.4.1 ความสามารถในการคิด

4.4.2 ความสามารถในการแก้ไขปัญหา

5. สะเต็มศึกษา

5.1 วิทยาศาสตร์: เนื้อหาข้อมูลในเรื่องวิวัฒนาการ

5.2 เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในการออกแบบและสืบค้นเครื่องมือในการหาพันธุศาสตร์ประชากร

5.3 วิศวกรรมศาสตร์: ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน

5.4 คณิตศาสตร์: การคำนวณในการหาพันธุศาสตร์ประชากร

6. สาระการเรียนรู้

ประชากร หมายถึง กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่รวมกันในพื้นที่หนึ่ง โดยสมาชิกในประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถสืบพันธุ์ระหว่างกันได้ และให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน ในประชากรหนึ่งจะประกอบด้วยสมาชิกที่มียีนควบคุมลักษณะต่าง ๆ จำนวนมาก ยีนทั้งหมดที่มีอยู่ในประชากรในช่วงเวลาหนึ่งเรียกว่า ยีนพูล (genepool) ซึ่งประกอบด้วย อัลลิล (allele) ทุกแอลลีลจากทุกยีนของสมาชิกทุกตัวในประชากรนั้น ดังนั้นพันธุศาสตร์ประชากร เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน (gene frequency) หรือการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิล (allele frequency) ที่เป็นองค์ประกอบทางพันธุกรรมของประชากร และปัจจัยที่ทำให้ความถี่ของอัลลิลเปลี่ยนแปลง

หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก และความสมดุลของประชากร

จากหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ประชากรจะอยู่ในสภาพสมดุล เมื่ออยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังนี้

1.) เป็นประชากรขนาดใหญ่ มีการจัดคู่ผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating)

2.) ยีนที่ควบคุมลักษณะที่ศึกษา มีตำแหน่งอยู่บนออโตโซม (autosome)

3.) ไม่มีมิวเทชัน (no mutation) คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของยีน จากอัลลิลหนึ่งไปอีกอัลลิลหนึ่ง

4.) ไม่มีการอพยพ (no migration) คือ ไม่มีการย้ายถิ่นฐานของสมาชิก จากประชากรหนึ่งไปยังอีกประชากรหนึ่ง

5.) ไม่มีการคัดเลือก (no selection) คือ ทุกจีโนไทป์ในประชากรมีความสามารถในการอยู่รอด ผสมพันธุ์ และผลิตลูกหลานได้เท่าๆ กัน

6.) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสดำเนินไปอย่างปกติ คือเซลล์สืบพันธุ์ทุกเซลล์ที่ผลิตได้ สามารถทำหน้าที่ได้

ซึ่งถ้าประชากรใดอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเหล่านี้ ประชากรดังกล่าวจะมีความถี่อัลลิลและความถี่จีโนไทป์คงที่ในทุกรุ่น ลักษณะนี้เรียกว่าสมดุลของประชากร เมื่อพิจารณาข้อกำหนดที่ทำให้ประชากรอยู่ในสภาพสมดุล ซึ่งเห็นได้ว่าสภาพสมดุลน่าจะเกิดขึ้นได้ยาก โดยเฉพาะในกรณีของประชากรธรรมชาติ เนื่องจากประชากรเหล่านี้อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงเกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ รวมทั้งมีมิวเทชันซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และในกรณีที่มีประชากรธรรมชาติหลายกลุ่มประชากร อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียงกัน จะพบว่ามีการอพยพของสมาชิกระหว่างประชากรเหล่านั้นเสมอ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาประชากรธรรมชาติพบว่าประชากรโดยส่วนใหญ่อยู่ในสภาพสมดุล ทั้งนี้สาเหตุหลักเป็นเพราะอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น มิวเทชัน การอพยพ และการคัดเลือกมีผลค่อนข้างน้อย ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่อัลลิล และความถี่จีโนไทป์ในระยะเวลาอันสั้น การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่อาจเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยนี้ จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การหาความถี่ของอัลลิลในประชากร สิ่งมีชีวิตที่เป็นดิพลอยในแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเพียง 2 ชุด และแต่ละยีนจะมี 2 อัลลิล ดังนั้น ถ้าเรารู้จำนวนจีโนไทป์แต่ละชนิดของประชากร จะสามารถหาความถี่ของจีโนไทป์ (genotype frequency) และความถี่ของอัลลิลในประชากรได้จากตัวอย่างดังนี้ในกลุ่มประชากรไม้ดอกชนิดหนึ่งที่ลักษณะสีดอกถูกควบคุมโดย ยีน 2 อัลลิล คือ R ควบคุมลักษณะดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่น และ r ควบคุมลักษณะดอกสีขาวซึ่งเป็นลักษณะด้อย ในประชากรไม้ดอก 1,000 ต้น มีดอกสีขาว 40 ต้น และดอกสีแดง 960 ต้น โดยกำหนดให้เป็นดอกสีแดงที่มีจีโนไทป์ RR 640 ต้น และดอกสีแดงมีจีโนไทป์ Rr 320 ต้น ดังนั้น ในประชากรไม้ดอกนี้จะมีความถี่ของอัลลิล R = 0.8 และความถี่ของอัลลิล r = 0.2

จี เอช ฮาร์ดี (G.H. Hardy) และ ดับเบิลยู ไวน์เบิร์ก (W. Weinberg) ได้ศึกษายีนพูลของประชากร และได้แสนอทฤษฎีของฮาร์ดีไวน์เบิร์ก (Hardy – WeinbergTheorem) ขึ้นโดยกล่าวว่า ความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ในยีนพูลของประชากร จะมีค่าคงที่ในทุก ๆ รุ่น ถ้าไม่มีปัจจัยบางอย่างมาเกี่ยวข้องเช่น มิวเทชัน การคัดเลือกโดยธรรมชาติ การอพยพ แรนดอมจีเนติกดริฟท์ (random genetic drift) และการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน (gene flow) เป็นต้น จากตัวอย่างประชากรไม้ดอกใน พบว่ายีนพูลของประชากรรุ่นพ่อแม่นั้น มีความถี่ของอัลลิล R = 0.8 และ r = 0.2 ถ้าสมาชิกทุกต้นในประชากรมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่า ๆ กันแล้วเซลล์สืบพันธุ์เพศ ผู้ และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียที่มีอัลลิล R มีความถี่ = 0.8 และ r มีความถี่ = 0.2 เมื่อมีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์ประชากรไม้ดอกในรุ่นลูกจะมีจีโนไทป์ RR = 0.64, 2Rr = 0.32 และ rr = 0.04 จากความถี่ของจีโนไทป์ในรุ่นลูกดังกล่าว แสดงว่าความถี่ของอัลลิลในรุ่นลูกมีความถี่ของอัลลิล R = 0.8 และ r = 0.2 นั่นคือ ประชากรไม้ดอกในรุ่นลูกยังคงมีความถี่ของจีโนไทป์ และความถี่ของอัลลิลเหมือนประชากรในรุ่นพ่อแม่ หรืออาจกล่าวได้ว่ายีนพูลของประชากรอยู่ในภาวะสมดุลของ ฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก (Hardy – Weinberg Equilibrium หรือ HWE)

การนำหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก มาใช้ในงานพันธุศาสตร์ประชากร

เนื่องจากสภาพสมดุลของประชากรตามหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ประชากรที่อยู่ในสภาพสมดุลจะมีความถี่อัลลิลและความถี่จีโนไทป์คงที่ รวมทั้งยังสามารถนำข้อมูลความถี่อัลลิลมาใช้คำนวณหาความถี่จีโนไทป์ต่าง ๆ ได้ ดังนั้น จึงมีการนำหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์กมาประยุกต์ใช้ในงานพันธุศาสตร์ประชากรอย่างแพร่หลาย กรณีใกล้ตัวเรา เช่น การประมาณความถี่จีโนไทป์ต่าง ๆ ของลักษณะหมู่เลือด การที่ประชากรมนุษย์มีสภาพสมดุลของหมู่เลือดได้ เนื่องจากไม่มีผลกระทบจากการคัดเลือกที่ชัดเจนระหว่างคนที่มีหมู่เลือดต่างกัน กล่าวคือ คนหมู่เลือดต่าง ๆ มีความสามารถในการอยู่รอด และแต่งงานมีลูกหลานได้ในจำนวนที่ไม่แตกต่างกัน รวมทั้งการเลือกคู่แต่งงานมักไม่เจาะจงหมู่เลือดใดหมู่เลือดหนึ่งเป็นพิเศษ ดังนั้นเมื่อทราบความถี่จีโนไทป์ที่เป็นลักษณะด้อยจะสามารถนำไปใช้คำนวณความถี่ของแอลลีลด้อยได้ทันที

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้

7.1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

7.1.1 ครูผู้สอนยกตัวอย่างสถานการณ์ การเข้าแถวหรือการจองผ่านระบบเพื่อฉีดวัคซีนของรัฐบาลผ่านระบบหมอพร้อม พร้อมทั้งให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าหากต้องการทราบว่าประชากรที่ยังไม่ได้ฉีดวัคซีนในแน่ละพื้นที่มีจำนวนเท่าใด จะสามารถทำด้วยวิธีใดได้บ้าง

7.1.2 ครูผู้สอนลองตั้งสถานการณ์ว่า หากต้องการสำรวจว่าประชากรในโรงเรียนมีใครที่ฉีดวัคซีนแล้วบ้าง จะสำรวจได้อย่างไร ให้นักเรียนลองสืบค้น

7.2.3 ครูผู้สอนแนะนำให้นักเรียนรู้จักหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

7.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

7.2.1 ครูผู้สอนแบ่งกลุ่มนักเรียนตามเลขที่ที่ลงท้าย ได้ออกมาเป็น 10 กลุ่ม เท่า ๆ กัน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเลือกว่าจะสำรวจสิ่งมีชีวิตชนิดใด และใช้ขนาดพื้นที่เท่าใด

7.2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มปรึกษากันถึงเรื่องที่จะทำ พร้อมทั้งสืบค้นเกี่ยวกับวิธีคิดอุปกรณ์ใดการสำรวจ และวิธีการคำนวณ

7.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

7.3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการสำรวจ และออกแบบเครื่องมือในการวัด จากนั้นจดบันทึกกระบวนการที่ได้ทำไว้โดยละเอียด

7.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

7.4.1 นักเรียนนำอุปกรณ์ในการสำรวจ ออกไปสำรวจพื้นที่ที่นักเรียนเลือก

7.4.2 นักเรียนบันทึกผลการสำรวจ

7.4.3 นักเรียนนำผลออกมาคำนวณตามแนวคิดของฮาร์ดี้ - ไวน์เบิร์ก

7.4.4 นักเรียนรวบรวมข้อมูล และสรุปผล จัดทำเป็นรูปเล่ม

7.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

7.5.1 นักเรียนนำเสนอรูปเล่มและเครื่องมือที่ใช้ให้ครูผู้สอนและเพื่อนในห้องตรวจ เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะ

7.5.2 นักเรียนนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงรูปเล่มของตนเอง

7.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

7.6.1 นักเรียนนำเสนอรูปเล่มหน้าชั้นเรียน

7.6.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาที่พบในการทำ

7.6.3 นักเรียนและครูผู้สอนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดของฮาร์ดี – ไวน์เบิก และสรุปหลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ประชากรจะอยู่ในสภาพสมดุล เมื่ออยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังนี้

1.) เป็นประชากรขนาดใหญ่ มีการจัดคู่ผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating)

2.) ยีนที่ควบคุมลักษณะที่ศึกษา มีตำแหน่งอยู่บนออโตโซม (autosome)

3.) ไม่มีมิวเทชัน (no mutation) คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของยีน จากอัลลิลหนึ่งไปเป็นอีกอัลลิลหนึ่ง

4.) ไม่มีการอพยพ (no migration) คือ ไม่มีการย้ายถิ่นฐานของสมาชิก จากประชากรหนึ่งไปยังอีกประชากรหนึ่ง

5.) ไม่มีการคัดเลือก (no selection) คือ ทุกจีโนไทป์ในประชากรมีความสามารถในการอยู่รอด ผสมพันธุ์ และผลิตลูกหลานได้เท่า ๆ กัน

6.) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสดำเนินไปอย่างปกติ คือเซลล์สืบพันธุ์ทุกเซลล์ สามารถทำหน้าที่ได้

8. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

8.1 วัสดุอุปกรณ์ในการจัดทำเครื่องมือในการวัดประชากร เช่น เชือกฟาง ตลับเมตร เป็นต้น

8.2 แหล่งสืบค้น เช่น ห้องสมุดโรงเรียน หนังสือเรียนสสวท. อินเตอร์เน็ต เป็นต้น

9. การวัดและการประเมินผล

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (Knowledge)			
- สามารถคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก - อธิบายหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก และระบุเงื่อนไขสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก	- ตรวจรูปเล่มการสำรวจประชากร - ตรวจแบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- รูปเล่มการสำรวจประชากร - แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- นักเรียนสามารถคำนวณหาความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก ของประชากรที่สำรวจได้
ด้านกระบวนการ (Process)			
- การคำนวณ	- ตรวจสมุดบันทึกการทำงานและการออกแบบกิจกรรมของนักเรียน - ประเมินแบบประเมินกิจกรรม STEM	- สมุดบันทึกการทำงานและการออกแบบกิจกรรม - แบบประเมินกิจกรรม STEM	- นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง - นักเรียนสามารถผ่านการประเมินกิจกรรม STEM
ด้านคุณลักษณะ (Attitude)			
- ความอยากรู้อยากเห็น - ใฝ่เรียนรู้	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน			
- ความสามารถในการคิด - ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ลงชื่อ .....

(.....)

แบบประเมินกิจกรรม STEM

คำชี้แจง ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนน

เกณฑ์การประเมินมีดังนี้ คะแนนเต็ม 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์การตัดสินแบ่งเป็นระดับคุณภาพดังนี้

ระดับ 3 คะแนนรวม 15-20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ระดับ 2 คะแนนรวม 8-14 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 1 คะแนนรวม ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	**คะแนนที่ได้**				**คะแนนที่ได้**
	4	**3**	**2**	**1**	
การวางแผนกำหนดขั้นตอนในการทำงาน และการแก้ไขสถานการณ์					
การวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ					
การออกแบบเชิงวิศวกรรม					
การสืบค้น สังเกต ศึกษา ทดลอง รวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูล					
การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปความรู้					
รวมคะแนนที่ได้					
ระดับเกณฑ์การประเมินที่ได้					

ลงชื่อ ..... ครูผู้สอน

(.....)

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือ หนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาครูผู้สอนและเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
3 (ดี)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือ หนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
2 (พอใช้)	- นักเรียนศึกษาเนื้อหาเฉพาะในหนังสือเรียน - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
1 (ปรับปรุง)	- นักเรียนไม่ศึกษาเนื้อหา - นักเรียนไม่ปรึกษาหารือกับเพื่อน

2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3 (ดี)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 65 – 79
2 (พอใช้)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 50 – 64
1 (ปรับปรุง)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 0 - 49

3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนก่อนครูผู้สอนเข้าสอน - ตั้งใจฟังและตอบคำถามตลอดเวลา
3 (ดี)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนเมื่อครูผู้สอนเข้าสอนแล้ว - ตั้งใจฟังและตอบคำถามบางคำถาม
2 (พอใช้)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน

	และอุปกรณ์การเรียน - ตั้งใจฟังแต่ไม่กล้าตอบคำถาม
1 (ปรับปรุง)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียน - ไม่ตั้งใจฟังและไม่ตอบคำถาม

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ระดับ / ประเด็น	ระดับพฤติกรรม / ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	**3 (ดี)**	**2 (พอใช้)**	**1 (ปรับปรุง)**
ความสามารถในการสื่อสาร	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องทั้งหมด	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย	ไม่สามารถอธิบายความหมายจากการมองภาพได้
ความสามารถในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบทั้งหมด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบบางส่วน	สามารถคิดวิเคราะห์ได้ แต่มีเหตุผลประกอบไม่ค่อยชัดเจน	ไม่สามารถคิดวิเคราะห์ได้ หรือไม่มีเหตุผลประกอบ
ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้ดี และถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้โดยต้องอาศัยครูหรือเพื่อนคอยแนะนำบ้าง	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ต้องคอยความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

นักเรียนทั้งหมด ..... คน ได้ทำ..... พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

นักเรียนทั้งหมด..... คน พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียนทั้งหมด..... คน

มีผลการประเมินระดับคุณภาพดีขึ้นไป ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

มีผลการประเมินต่ำกว่าระดับคุณภาพดี ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. การดำเนินการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ด้านความรู้ (K)

.....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

.....

3. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

4. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

. ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว30242 ประเภทรายวิชา เพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่ 4 วิวัฒนาการ ภาคเรียนที่ 2

เรื่อง กำเนิดสปีชีส์ใหม่ เวลา 3 ชั่วโมง นางสาวศรัณย์พร สุดโต

---

1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ประชากรในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่อัลลิลในประชากร ได้แก่ เจเนติกดริฟท์แบบสุ่ม การถ่ายเทยีน การผสมแบบไม่สุ่ม มิวเทชัน และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยปัจจัยดังกล่าว ทำให้ยีนพูลในประชากรเปลี่ยนแปลง หรือเกิดวิวัฒนาการและทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ขึ้น สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันจะมีกลไกในการป้องกันการผสมพันธุ์ต่างสปีชีส์ สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่เป็นผลมาจากการแยกกันทางการสืบพันธุ์ ซึ่งมี 2 แนวทาง คือ กำเนิดสปีชีส์แบบแอลโลพาทริก และกำเนิดสปีชีส์แบบซิมพาทริก

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายและยกตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับความสปีชีส์ด้านต่าง ๆ

อธิบายและยกตัวอย่าง การแยกเหตุการสืบพันธุ์

อธิบายและยกตัวอย่างกำเนิดสปีชีส์

4. จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

4.1.1 อธิบายและยกตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับความสปีชีส์ด้านต่าง ๆ

4.1.2 อธิบายและยกตัวอย่าง การแยกเหตุการณ์สืบพันธุ์

4.1.3 อธิบายและยกตัวอย่างกำเนิดสปีชีส์

4.2 ด้านกระบวนการ (P)

4.2.1 การสังเกต

4.2.1 การลงความเห็นจากข้อมูล

4.3 ด้านเจตคติ (A)

4.3.1 ความอยากรู้อยากเห็น

4.3.2 ใฝ่เรียนรู้

4.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

4.4.2 ความสามารถในการคิด

4.4.3 ความสามารถในการแก้ไขปัญหา

5. สะเต็มศึกษา

5.1 วิทยาศาสตร์

5.2 คณิตศาสตร์

5.3 วิศวกรรมศาสตร์

6. สาระการเรียนรู้

การเกิดสปีชีส์ หรือ การเกิดชนิด (อังกฤษ: speciation) เป็นกระบวนการทางวิวัฒนาการที่กลุ่มประชากรสิ่งมีชีวิตวิวัฒนาการเป็นสปีชีส์ต่างกัน นักชีววิทยาชาวอเมริกันออเรเตอร์ เอฟ. คุก (Orator F. Cook) ได้บัญญัติคำภาษาอังกฤษว่า speciation ในปี 1906 โดยหมายการแยกสายพันธุ์แบบ cladogenesis (วิวัฒนาการแบบแยกสาย) ไม่ใช่ anagenesis (วิวัฒนาการแบบสายตรง) หรือ phyletic evolution ซึ่งเป็นวิวัฒนาการแบบในสายพันธุ์ชาร์ล ดาร์วินเป็นบุคคลแรกที่กล่าวถึงบทบาทของการคัดเลือกโดยธรรมชาติต่อการเกิดสปีชีส์ใหม่ในหนังสือปี 1859 ของเขาคือ กำเนิดสปีชีส์ (The Origin of Species) เขายังได้ระบุการคัดเลือกทางเพศ (sexual selection) ว่าเป็นกลไกหนึ่งที่เป็นไปได้แต่ก็พบปัญหา มีการเกิดสปีชีส์ตามภูมิภาค 4 ประเภทในธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับระดับที่กลุ่มประชากรที่กำลังเกิดสปีชีส์อยู่แยกจากกัน คือ การเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณ (allopatric speciation) การเกิดสปีชีส์รอบบริเวณ (peripatric speciation) การเกิดสปีชีส์ข้างบริเวณ (parapatric speciation) และการเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณ (sympatric speciation)

การเปรียบเทียบการเกิดสปีชีส์แบบต่าง ๆ รวมทั้ง allopatric speciation, peripatric speciation, parapatric speciation และ sympatric speciation (แถวแรก) กลุ่มประชากรเริ่มต้น (แถวสอง) ขั้นแรกของการเกิดสปีชีส์ (แถวสาม) การแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ (แถวสี่) สปีชีส์ใหม่หลังเกิดดุลยภาพ แม้รูปแบบการเกิดสปีชีส์ที่กล่าวถึงทั้งหมดจะมีจริง ๆ ตามธรรมชาติ แต่นักวิทยาศาสตร์ก็ยังไม่เห็นพ้องร่วมกันว่า กลไกไหนสำคัญโดยเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความ

หลากหลายทางชีวภาพ ตัวอย่างที่แสดงการเกิดสปีชีส์ตามธรรมชาติอย่างหนึ่งก็คือ ความหลากหลายทางชีวภาพของปลาน้ำเค็ม *Gasterosteus aculeatus* (three-spined stickleback) ที่หลังจากยุคน้ำแข็งสุดท้าย ได้เกิดสปีชีส์เป็นปลาน้ำจืดหลายกลุ่มในแหล่งน้ำที่อยู่เป็นเอกเทศในที่ต่าง ๆ ภายใน 10,000 ยุคปลาตามที่ประเมิน ปลาได้เกิดความแตกต่างทางโครงสร้างมากกว่าที่เห็นแม้ในปลาสกุลต่าง ๆ กัน โครงสร้างรวมทั้งครีบ จำนวนหรือขนาดของ dermal plate ขากรรไกร และสี

การเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณ (allopatric speciation) ในช่วงการเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณ (allopatric speciation จากคำกรีกว่า allos แปลว่า อื่น และ patra แปลว่า ปิตุภูมิ) กลุ่มประชากรหนึ่งจะแยกออกเป็นสองกลุ่มที่อยู่แยกจากกันโดยภูมิภาค เช่นการแยกที่อยู่เนื่องจากการเกิดภูเขา กลุ่มประชากรที่แยกจากกันก็จะเกิดการเบนออกทางจีโนไทป์หรือทางฟีโนไทป์ เพราะอยู่ใต้แรงกดดันคัดเลือกที่ต่างกัน เกิดการเปลี่ยนความถี่ยีนอย่างไม่เจาะจงที่เป็นอิสระจากกันและกัน และมีการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นต่างกัน แม้เมื่อกลุ่มทั้งสองกลับมารวมกันอีก แต่ก็ได้วิวัฒนาการจนกระทั่งได้แยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ (reproductive isolation) และไม่สามารถแลกเปลี่ยนยีนกันได้อีก Island genetics เป็นคำที่ใช้หมายถึงความโน้มเอียงในการมีลักษณะสืบสายพันธุ์ที่แปลก ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการมีกองยีนที่เล็กและอยู่แยกต่างหาก ตัวอย่างรวมทั้งสภาพแคระในเกาะ (insular dwarfism) และความเปลี่ยนแปลงที่สุดโต่งดังที่พบในกลุ่มเกาะที่มีชื่อเสียงรวมทั้งเกาะโกโมโด ในเรื่องนี้ หมู่เกาะกาลาปาโกสเด่นเป็นพิเศษเพราะมีอิทธิพลต่อแนวคิดของดาร์วิน เมื่อเขาอยู่ที่นั่นเป็นเวลา 5 สัปดาห์ เขาได้ยินว่าเต่ากาลาปาโกสต่าง ๆ สามารถระบุได้ตามเกาะ และก็ได้สังเกตว่า นกฟินช์ต่างกันไปตามเกาะ แต่ต้องใช้เวลาอีก 9 อาทิตย์ก่อนที่เขาจะพิจารณาว่า ตามข้อมูลเช่นนี้ สปีชีส์สามารถเปลี่ยนไปได้ เมื่อเขากลับไปยังประเทศอังกฤษ แนวคิดทางวิวัฒนาการของเขาก็ยิ่งลึกขึ้นหลังจากมีผู้ชำนาญการที่บอกเขาว่า สัตว์เหล่านั้นเป็นสัตว์ต่างสปีชีส์ ไม่ใช่เพียงแค่มีลักษณะต่างกัน และนกกาลาปาโกสที่ต่างกันล้วนแต่เป็นสปีชีส์ต่าง ๆ ของนกฟินช์ แม้นกจะไม่ค่อยสำคัญต่อดาร์วิน แต่งานวิจัยต่อมาได้แสดงว่านกที่ปัจจุบันเรียกว่า นกฟินช์ของดาร์วิน เป็นตัวอย่างคลาสสิกของการแผ่ปรับตัวทางวิวัฒนาการ

การเกิดสปีชีส์รอบบริเวณ (peripatric speciation) นการเกิดสปีชีส์รอบบริเวณ (peripatric speciation) ซึ่งเป็นรูปแบบย่อยของการเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณ สปีชีส์ใหม่ ๆ จะเกิดขึ้นจากกลุ่มประชากรรอบ ๆ ที่เล็กกว่าและอยู่แยกต่างหาก ซึ่งมีการขัดขวางไม่ให้แลกเปลี่ยนยีนกับกลุ่มประชากรหลัก มันสัมพันธ์กับแนวคิดของปรากฏการณ์ผู้ก่อตั้ง (founder effect) เพราะกลุ่มประชากรเล็ก ๆ มักจะเกิดคอคอดประชากร (population bottleneck) การเปลี่ยนความถี่ยีนอย่างไม่เจาะจงบ่อยครั้งเสนอว่ามีบทบาทสำคัญต่อการเกิดสปีชีส์รอบบริเวณ

การเกิดสปีชีส์ข้างบริเวณ (parapatric speciation) ในการเกิดสปีชีส์แบบนี้ จะมีการแยกออกเป็นบางส่วนเท่านั้นของกลุ่มประชากรสองกลุ่มเพราะเหตุของภูมิภาค สิ่งมีชีวิตแต่ละหน่วยของสปีชีส์ทั้งสองอาจมาเจอกันหรือข้ามเปลี่ยนที่อยู่เป็นบางครั้งบางคราว แต่ความเหมาะสมที่ลดลงของ

เฮเทอโรไซโกต (heterozygote) ก็จะทำให้เกิดการคัดเลือกพฤติกรรมหรือกลไกที่ป้องกันไม่ให้ผสมพันธุ์กันระหว่างสายพันธุ์ การเกิดสปีชีส์แบบนี้มักจะจำลองเป็นความต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่สืบต่อกันภายในแหล่งที่อยู่ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็น “แหล่งเดียว” โดยเป็นเหตุหนึ่งของการคัดเลือกโดยธรรมชาติและไม่ใช่เป็นผลของการแยกแหล่งที่อยู่เป็นเอกเทศเหมือนกับในการเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณและรอบบริเวณ การเกิดสปีชีส์แบบนี้อาจสัมพันธ์กับการคัดเลือกที่ขึ้นอยู่กับภูมิภาพที่ต่างกัน แม้จะมี Gene flow ระหว่างกลุ่มประชากรสองกลุ่ม แต่การคัดเลือกที่ต่างกันอย่างสำคัญอาจขัดขวางการผสมรวมยีนเข้าด้วยกัน และในที่สุด สปีชีส์ที่ต่างกันก็จะพัฒนาเกิดขึ้นความแตกต่างของแหล่งที่อยู่อาจสำคัญต่อการพัฒนาเกิดขึ้นของการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ มากกว่าเวลาที่แยกจากกัน

ยกตัวอย่างเช่น จิ้งเหลนน้อยหางยาวพันธุ์ *Darevskia rudis*, D. *valentini* และ D. *portschinskii* สามารถผสมพันธุ์สร้างลูกผสมในโซนลูกผสม (hybrid zone) ของตน ๆ แต่การสร้างลูกผสมระหว่างจิ้งเหลน D. *portschinskii* และ D. *rudis* ซึ่งแยกสายพันธุ์ก่อนกว่าแต่อยู่ในแหล่งที่อยู่ซึ่งคล้ายกัน จะมีผลดีกว่าการสร้างลูกผสมระหว่าง D. *valentini* กับสปีชีส์สองอย่างอื่น ๆ ซึ่งความจริงแยกสายพันธุ์ทีหลังแต่อยู่ในที่อยู่ซึ่งภูมิอากาศต่างกัน นักนิเวศวิทยาจะพูดถึงการเกิดสปีชีส์แบบ parapatric และ peripatric ตามการมีวิถีชีวิตเฉพาะนิเวศน์ (ecological niche) คือจะต้องมีวิถีชีวิตเฉพาะที่เป็นไปได้เพื่อที่สปีชีส์ใหม่จะอยู่รอดได้ Ring species เช่น นกนางนวล (Larus) ได้อ้างว่าแสดงการเกิดสปีชีส์ที่กำลังเป็นไปอยู่ แม้สถานการณ์จริง ๆ อาจซับซ้อนกว่าตามที่ว่า ส่วนหญ้า *Anthoxanthum odoratum* อาจกำลังเกิดสปีชีส์เช่นนี้ในบริเวณที่เหมืองได้สร้างมลภาวะ

การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณ (Sympatric speciation) การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณ (Sympatric speciation) หมายถึงการเกิดสปีชีส์ลูกหลานสองสปีชีส์หรือมากกว่านั้น จากสปีชีส์บรรพบุรุษเดียวโดยทั้งหมดอยู่ในภูมิภาคเดียวกัน ตัวอย่างที่อ้างบ่อยครั้งที่สุดก็คือ แมลงที่กลายมาอาศัยพืชต่าง ๆ กันแม้อยู่ในบริเวณเดียวกัน อย่างไรก็ดี การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณมีจริง ๆ หรือไม่ ก็ยังเป็นเรื่องที่ยังไม่ชัดเจน

ตัวอย่างที่ดีที่สุดก็คือปลาหมอสีในแอฟริกาตะวันออก ซึ่งอยู่ในทะเลสาบริฟต์แวล์ลีย์ โดยเฉพาะทะเลสาบวิกตอเรีย ทะเลสาบมาลาวี และทะเลสาบแทนกันยีกา โดยได้ค้นพบแล้วกว่า 800 สปีชีส์ และโดยการประเมินบางงาน อาจมีถึง 1,600 สปีชีส์ในแถบนั้น วิวัฒนาการของปลาอ้างว่าเป็นตัวอย่างของทั้งการคัดเลือกโดยธรรมชาติและการคัดเลือกทางเพศ

งานศึกษาแสดงว่า การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณอาจได้เกิดขึ้นในซาลาแมนเดอร์ถ้ำเทนเนสซี (Gyrinophilus palleucus) การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณโดยอาศัยปัจจัยจากระบบนิเวศ ยังอาจอธิบายความหลากหลายอย่างไม่น่าเชื่อของสัตว์พวกกุ้งกั้งปูที่อยู่ในระดับความลึกต่าง ๆ ของทะเลสาบไบคาลในไซบีเรีย

Budding speciation (การเกิดสปีชีส์แบบแตกหน่อ) ยังได้เสนอว่าเป็นรูปแบบโดยเฉพาะหนึ่ง ๆ ของการเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณที่กลุ่มเล็ก ๆ ของประชากรได้แยกเป็นเอกเทศจากกลุ่มบรรพบุรุษเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเลือกผสมพันธุ์ในพวกของตนเอง การเกิดสปีชีส์เช่นนี้จะผลักดันโดยประโยชน์ต่าง ๆ ที่มารวมกันจากการผสมพันธุ์ภายในกลุ่มหลายอย่าง เช่น การแสดงออกของฟีโนไทป์แบบด้อยที่มีประโยชน์เป็นต้น การรวมประโยชน์ที่ลดความแตกต่างของความเหมาะสมเนื่องจากการรวมกันใหม่ของยีน (recombination load) และลดราคาของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

แมลงวันฮอว์ธอร์น (*Rhagoletis pomonella*) หรือเรียกอีกอย่างว่า แมลงวันหนอนแอปเปิล
ดูเหมือนกำลังจะเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณ เพราะกลุ่มประชากรต่าง ๆ ของแมลงวันกินผลไม้ที่แตกต่างกัน กลุ่มประชากรโดยเฉพาะได้เกิดในอเมริกาเหนือในคริสต์ศตวรรษที่ 19 สักช่วงหนึ่งหลังจากมีการนำแอปเปิลซึ่งไม่ใช่พืชพื้นที่เข้ามาปลูก กลุ่มที่กินแอปเปิลปกติจะกินแต่แอปเปิล และไม่กินอาหารของบรรพบุรุษคือผลฮอว์ธอร์น (สกุล Crataegus) และกลุ่มที่กินฮอว์ธอร์นปกติก็จะไม่กินแอปเปิล หลักฐานบางอย่าง รวมทั้งการมีโลคัส allozyme ที่ต่างกัน 6 ตำแหน่งจาก 13 ตำแหน่ง การโตช้ากว่าตามฤดูของแมลงที่กินผลฮอว์ธอร์นและโตใช้เวลานานกว่าแมลงวันที่กินแอปเปิล และการไม่ผสมพันธุ์กันระหว่างสายพันธุ์ (นักวิจัยได้พบอัตราลูกผสมที่ 4-6%) ล้วนแต่ชี้ว่า การเกิดสปีชีส์ร่วมบริเวณกำลังเกิดขึ้น

การเสริมแรง (Reinforcement) หรือเรียกอีกอย่างว่า ปรากฏการณ์วอลเลซ (Wallace effect) เป็นกระบวนการที่การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะเพิ่มการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ (reproductive isolation) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อกลุ่มประชากรสองกลุ่มของสปีชีส์เดียวกันแยกจากกันแล้วกลับมาอยู่ร่วมกันอีก ถ้าการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ได้เกิดอย่างสมบูรณ์แบบ พวกมันก็จะได้กลายเป็นสองสปีชีส์ที่เข้ากันไม่ได้แล้ว แต่ถ้ายังไม่สมบูรณ์ การผสมพันธุ์ระหว่างกลุ่มก็จะสร้างลูกผสมซึ่งอาจจะสืบทอดสายพันธุ์ต่อไปได้หรือไม่ได้ ถ้าสืบทอดสายพันธุ์ต่อไปไม่ได้ หรือว่าได้แต่มีความเหมาะสมน้อยกว่าบรรพบุรุษ ก็จะทำให้แยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์เพิ่มขึ้น และดังนั้น จึงจัดได้ว่าการเกิดสปีชีส์ได้สำเร็จแล้ว (ดังในกรณีม้าและลา)

เหตุผลในเรื่องนี้ก็คือว่า ถ้าพ่อแม่ของลูกผสมต่างก็มีลักษณะสืบสายพันธุ์ที่คัดเลือกโดยธรรมชาติเพื่อให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมบางอย่าง ลูกผสมก็จะมีลักษณะจากทั้งพ่อแม่ และดังนั้น จึงไม่เหมาะสมกับวิถีชีวิตเฉพาะนิเวศน์ทั้งสองเท่ากับพ่อแม่ ความเหมาะสมที่ต่ำกว่าของลูกผสมก็จะทำให้เกิดการคัดเลือกให้ผสมพันธุ์กับสัตว์ที่มีลักษณะบางอย่างคล้ายตนมากกว่า (assortative mating) ซึ่งก็จะจำกัดลักษณะลูกผสมไปในตัว เป็นปรากฏการณ์ที่บางครั้งเรียกว่า ปรากฏการณ์วอลเลซ ตามนักชีววิทยาวิวัฒนาการอัลเฟรด รัสเซล วอลเลซ ผู้เสนอในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 ว่า นี่อาจเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดสปีชีส์ ในนัยตรงข้าม ถ้าลูกผสมเหมาะสมมากกว่าพ่อแม่ กลุ่มทั้งสองก็จะ

รวมกันเป็นสปีชีส์เดียวกันอีกภายในบริเวณที่อยู่ร่วมกัน การเสริมแรงให้แยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์จำเป็นสำหรับการเกิดสปีชีส์ทั้งแบบข้างบริเวณ (parapatric) และแบบร่วมบริเวณ (sympatric) เพราะถ้าไม่มีการเสริมแรง โซนลูกผสม (hybrid zone) ซึ่งเป็นเขตทางภูมิภาคที่สปีชีส์เดียวกันแต่มีรูปแบบต่าง ๆ กันอยู่ร่วมกันก็จะไม่กลายเป็นเขตแบ่งสปีชีส์ที่ต่างกัน โซนลูกผสมเป็นเขตที่กลุ่มประชากรที่เบนออกจากกันมาเจอกันแล้วผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ ลูกผสมจะสามัญมากในเขตเช่นนี้ แต่ถ้าไม่มีการเสริมแรง สปีชีส์ทั้งสองก็จะผสมพันธุ์กันอย่างไม่เลือก การเสริมแรงอาจทำขึ้นในการทดลองดังจะกล่าวต่อไป

การเกิดสปีชีส์เหตุนิเวศน์ (ecological speciation) และการเกิดสปีชีส์ขนาน การคัดเลือกทางนิเวศน์ก็คือ “ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ กับสิ่งแวดล้อมเมื่อหาทรัพยากร”การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะมีบทบาทต่อกระบวนการเกิดสปีชีส์ โดยที่ “ภายใต้การเกิดสปีชีส์เหตุนิเวศน์ (ecological speciation) กลุ่มประชากรในสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน หรือกลุ่มประชากรที่หาประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน จะประสบกับแรงกดดันคัดเลือกโดยธรรมชาติที่ต่างกัน เป็นแรงกดดันต่อลักษณะสืบสายพันธุ์ซึ่งทำให้วิวัฒนาการเป็นการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ไม่ว่าจะโดยตรงหรือโดยอ้อม” หลักฐานของบทบาทที่ระบบนิเวศมีต่อกระบวนการเกิดสปีชีส์ก็มีอยู่ งานศึกษาในปลาเหล็กใน (วงศ์ Gasterosteidae) สนับสนุนการเกิดสปีชีส์โดยเป็นผลข้างเคียงของความกดดันทางนิเวศน์ ส่วนการเกิดสปีชีส์แบบขนาน (parallel speciation) เป็น “การแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ซึ่งได้วิวัฒนาการขึ้นอย่างซ้ำ ๆ ระหว่างกลุ่มประชากรต่างหาก ๆ ที่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน ในระดับที่สูงกว่ากลุ่มประชากรต่างหาก ๆ ที่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมคล้าย ๆ กัน” หลักฐานยืนยันแล้วว่า การเกิดสปีชีส์เหตุนิเวศน์มีจริง ๆ โดยหลักฐานโดยมาก “สะสมจากงานศึกษาบนลงล่าง (top-down) ของการปรับตัวและการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์”

การคัดเลือกทางเพศ เป็นเรื่องที่ยอมรับอย่างกว้างขวางว่า การคัดเลือกทางเพศ (sexual selection) อาจเป็นตัวขับการเกิดสปีชีส์ในสิ่งมีชีวิตหลายเคลด โดยเกิดต่างหากจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติอย่างไรก็ดี คำว่า การเกิดสปีชีส์ ในบริบทนี้ มักจะใช้ในสองความหมายที่ไม่ได้แยกขาดจากกัน ความหมายแรกหมายถึงการเกิด

สปีชีส์ใหม่ ซึ่งก็คือ การแตกสายพันธุ์ของสปีชีส์ที่มีอยู่แล้วออกเป็นสองสปีชีส์ หรือการแตกหน่อของสปีชีส์ใหม่จากสปีชีส์บรรพบุรุษ ทั้งสองผลักดันโดย “ความนิยมทางแฟชั่น” คือการชอบใจลักษณะในเพศตรงกันข้ามที่ไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติทางการปรับตัว ความหมายที่สองหมายถึงความโน้มเอียงที่มีอย่างกว้างขวางของสัตว์มีเพศ ในการแบ่งกลุ่มออกเป็นสปีชีส์ที่กำหนดได้อย่างชัดเจน แทนที่จะเป็นฟีโนไทป์ที่ต่างแบบแต่สืบเนื่องกันทั้งโดยเวลาและพื้นที่ ซึ่งเป็นผลที่สมเหตุผลมากกว่าในการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เป็นเรื่องที่ชาร์ล ดาร์วินเข้าใจว่าเป็นปัญหา และได้เขียนไว้ในหนังสือ กำเนิด

สปีชีส์ (On the Origin of Species) ภายใต้หัวข้อ “ปัญหาของทฤษฎี (Difficulties with the Theory)” มีการเสนอสมมติฐานหลายอย่างว่าการเลือกคู่ (mate choice) อาจมีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาที่ดาร์วินกล่าวไว้

การเกิดสปีชีส์โดยทำขึ้น สปีชีส์ใหม่ได้สร้างขึ้นโดยวิธิการทางสัตวบาล แต่การเริ่มสร้างสปีชีส์อย่างนี้ก็ยังมีจุดเริ่มต้นและวิธีเริ่มต้นที่ไม่ชัดเจน บ่อยครั้ง สัตว์เลี้ยงที่สืบสายมาจากสัตว์ป่าก็ยังสามารถผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ และมีลูกที่สืบพันธ์ต่อไปได้ เหมือนกับวัวควายที่เลี้ยง ซึ่งสามารถพิจารณาว่าเป็นสปีชีส์เดียวกันกับวัวป่า กระทิงป่า จามรีป่า เป็นต้น หรือแกะเลี้ยงที่ยังสามารถผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์กับแกะป่า เช่น *Ovis aries musimon* การสร้างสปีชีส์ใหม่ในห้องปฏิบัติการที่บันทึกไว้ดีที่สุดก็คือที่ทำในปลายคริสต์ทศวรรษ 1980 นักวิชาการคู่หนึ่ง (William R. Rice และ George W. Salt) ได้เลี้ยงแมลงวันทอง (Drosophila melanogaster) โดยใช้วงกตที่แบ่งเป็นแหล่งที่อยู่โดยมีทางเลือก 3 อย่าง คือ มืด/สว่าง บน/ล่าง มีกลิ่น acetaldehyde/เอทานอล แมลงวันแต่ละยุคจะใส่ไว้ในวงกต และแมลงวันที่ออกมาจากทางออก 2 ทางออกใน 8 ก็จะจับให้ผสมพันธุ์กันในกลุ่มของตน หลังจาก 35 ชั่วยุค กลุ่มสองกลุ่มนี้และลูก ๆ ได้แยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์เพราะชอบแหล่งที่อยู่โดยเฉพาะ ๆ อย่างมีกำลัง จะผสมพันธุ์ภายในบริเวณที่อยู่ที่ตนชอบใจเท่านั้น และไม่ผสมพันธุ์กับแมลงวันซึ่งชอบที่อยู่อื่น ประวัติของการสร้างสปีชีส์เช่นนี้ได้บรรยายไว้ในงานปี 1993

งานปี 1989 ได้ใช้การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อแสดงว่า การแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์สามารถวิวัฒนาการขึ้นในแมลงวัน *Drosophila pseudoobscura* หลายชั่วยุคแมลง หลังจากใส่พวกมันในสื่อที่ต่างกัน คือ สื่อที่สมบูรณ์ด้วยแป้งหรือด้วยมอลโทส ซึ่งเป็นงานที่ทำซ้ำได้ง่าย ๆ กับแมลงวันประเภทอื่น ๆ และอาหารอื่น ๆ งานวิจัยปี 2005 ได้แสดงว่า วิวัฒนาการเป็นการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ที่รวดเร็วเช่นนี้ อาจเป็นเค้าที่หลงเหลืออยู่ของเหตุการณ์ติดเชื้อแบคทีเรีย Wolbachia ของแมลงวัน อีกนัยหนึ่ง ผลที่พบเหล่านี้เข้ากับไอเดียว่า สัตว์มีเพศโดยธรรมชาติจะไม่อยากสืบพันธุ์กับสัตว์อื่นที่มีรูปปรากฏและพฤติกรรมต่างจากปกติ เพราะเสี่ยงสูงมากว่า ลักษณะเบี่ยงเบนเช่นนี้เกิดจากการปรับตัวไม่ดีที่สืบทอดได้ ดังนั้น ถ้าสัตว์มีเพศ ผู้ไม่สามารถพยากรณ์ทิศทางของการคัดเลือกโดยธรรมชาติในอนาคตได้ ได้รับการวางเงื่อนไขให้สร้างลูกหลานซึ่งเหมาะสมที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ มันก็จะเลี่ยงคู่สืบพันธุ์ที่มีนิสัยหรือรูปร่างแปลก ๆ ดังนั้น สัตว์มีเพศจึงมักจัดกลุ่มตัวเองเข้าเป็นสปีชีส์ที่แยกเป็นเอกเทศทางการสืบพันธุ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ยีน มีการพบยีนเกี่ยวกับการเกิดสปีชีส์น้อยมาก ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเสริมแรงในระยะหลัง ของการเกิดสปีชีส์ ในปี 2008 มีการรายงานยีนการเกิดสปีชีส์ที่เป็นเหตุของการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ คือทำให้ลูกผสมกับสปีชีส์ที่เกี่ยวข้องกันเป็นหมัน ลำดับการเกิดสปีชีส์ของกลุ่ม 3 กลุ่มที่มาจากบรรพบุรุษเดียวกันอาจไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถรู้ได้ กลุ่มสปีชีส์สามอย่างเช่นนี้จะเรียกว่า trichotomy

การเกิดสปีชีส์ผ่าน polyploidization Polyploidy คือการมีโครโมโซมมากกว่าคู่ เป็นกลไกที่ทำให้เกิดสปีชีส์อย่างรวดเร็วแม้อยู่ร่วมกัน เพราะลูกของสิ่งมีชีวิตเช่นนี้ เช่นที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่าง tetraploid และ diploid บ่อยครั้งมีผลเป็นลูกแบบ triploid ที่เป็นหมัน อย่างไรก็ดี polyploid ทั้งหมดก็ไม่ได้แยกเอกเทศทางเพศจากพืชที่เป็นพ่อแม่ และ gene flow ก็ยังอาจเกิดขึ้น เช่น ผ่านการผสมพันธุ์ระหว่าง triploid hybrid และ diploid ที่ให้ลูกแบบ tetraploid, หรือการผสมพันธุ์ระหว่างเซลล์สืบพันธุ์แบบ meiotically unreduced จาก diploid กับเซลล์สืบพันธุ์จาก tetraploid มีการเสนอว่า พืชจำนวนมากและสัตว์โดยมากเคยเกิด polyploid ขึ้นในประวัติวิวัฒนาการของตน ๆ การสืบพันธุ์ของสปีชีส์แบบ polyploid ที่อยู่รอดได้มักจะเป็นแบบไม่อาศัยเพศผ่าน parthenogenesis หรือ apomixis และแม้จะยังไม่ทราบเหตุผล สิ่งมีชีวิตที่ไม่สืบพันธุ์ทางเพศก็มักจะเป็น polyploid มีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกรณีที่เป็น polyploid แต่โดยมากก็จะตายก่อนเกิด

การเกิดสปีชีส์โดยลูกผสม ลูกผสมระหว่างสองสปีชีส์บางครั้งมีฟีโนไทป์พิเศษ ซึ่งอาจมีความเหมาะสมดีกว่าพ่อแม่ และดังนั้น การคัดเลือกโดยธรรมชาติก็อาจคัดเลือกสิ่งมีชีวิตเช่นนั้น ถ้าเกิดการแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ ก็อาจทำให้เกิดสปีชีส์ใหม่ แต่การแยกเอกเทศทางการสืบพันธุ์ระหว่างลูกผสมกับสปีชีส์พ่อแม่ก็เป็นเรื่องยากมาก และดังนั้น จึงพิจารณาว่าเกิดน้อยมาก โดยมีเป็ดแมลลาร์ดที่เชื่อว่ามาจากการเกิดสปีชีส์โดยลูกผสม

การเกิดลูกผสมเป็นวิธีการเกิดสปีชีส์ที่สำคัญในพืช เพราะ polyploid เกิดในพืชมากกว่าในสัตว์ polyploidy สำคัญในลูกผสมก็เพราะทำให้ผสมพันธุ์ได้ คือเพราะมีโครโมโซมสองเซต แต่ละเซตจึงสามารถจับคู่กับโครโมโซมที่เหมือนกันในช่วงไมโอซิส สิ่งมีชีวิตแบบ Polyploid ยังมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่า ซึ่งช่วยให้หลีกเลี่ยงเหตุการณ์ inbreeding depression คือความเหมาะสมที่ลดลงเนื่องจากผสมพันธุ์ในสายพันธุ์ภายในกลุ่มประชากรเล็ก ๆ

การเกิดลูกผสมโดยไม่เปลี่ยนจำนวนโครโมโซมเรียกว่า homoploid hybrid speciation ซึ่งพิจารณาว่ามีน้อยมาก แต่ก็พบในผีเสื้อสกุล *Heliconius* และในต้นทานตะวัน การเกิดสปีชีส์ที่เปลี่ยนจำนวนโครโมโซมคือ polyploid speciation เป็นปรากฏการณ์ที่สามัญกว่า โดยเฉพาะในพืช

การย้ายตำแหน่งของยีน (Gene transposition) นักพันธุศาสตร์ชาวยูเครน-อเมริกัน Theodosius Dobzhansky ผู้ศึกษาแมลงวันทองในยุคต้น ๆ ของงานวิจัยเกี่ยวกับยีนในคริสต์ทศวรรษ 1930 คาดว่า ส่วนของโครโมโซมที่เปลี่ยนตำแหน่งไปยังอีกที่หนึ่ง อาจทำให้สิ่งมีชีวิตแยกออกเป็นสองสปีชีส์ เขาได้แสดงรายละเอียดว่า ส่วนของโครโมโซมจะเปลี่ยนที่ไปได้อย่างไรภายในจีโนม แต่ส่วนที่เคลื่อนไปได้เช่นนี้ ก็สามารถทำให้ลูกผสมระหว่างสายพันธุ์เป็นหมัน ซึ่งสร้างแรงกดดันเพื่อเกิดสปีชีส์ใหม่

คาร์ปิเชงโก (Karpechenko : พ.ศ. 2471) ได้ทดลองผสมผักกาดแดง หรือ Radish (2n = 18) กับกะหล่ำปลี (2n = 18) ปรากฏว่าได้ลูกผสม F_1 เป็นหมัน เพราะมีเซลล์สืบพันธุ์ผิดปกติ แต่ใน

บางโอกาส F_1 จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่มีการลดจำนวนชุดโครโมโซม (2n = 18) และเมื่อมาผสมกันจะได้ลูกผสมรุ่น F_2 ซึ่งมีโครโมโซม 4n = 36 และไม่เป็นหมัน จึงจัดเป็นสปีชีส์ใหม่

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้

7.1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

7.1.1 ครูผู้สอนยกตัวอย่างสถานการณ์โดยให้นักเรียนดูข่าวสัตว์ที่มีหน้าตาแปลกและเพิ่งได้รับการค้นพบ “อะจี๋ยยย!! นี่คือ 12 สัตว์สายพันธุ์ใหม่ที่เพิ่งถูกค้นพบ แปลกประหลาดจนไม่คิดว่าจะมีอยู่จริง” (https://www.catdumb.com/creepiest-looking-new-species-777/)

7.1.2 นักเรียนร่วมกันคิดว่าว่า “นอกจากที่เราเคยเรียนมาแล้วนั้น สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นใหม่เหล่านี้ เหตุใดจึงมีรูปร่างหน้าตาเปลี่ยนไปจากเดิม”

7.1.3 นักเรียนตอบคำถามกับครูผู้สอนว่า “นักเรียนคิดว่ามีสิ่งมีชีวิตใดที่มีวิวัฒนาการยาวนานที่สุด”

7.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

7.2.1 ครูให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละ 3 – 4 คน ให้นักเรียนเลือกสืบคนวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มากลุ่มละ 1 ชนิด และบอกแนวคิดของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้นว่าตรงตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ท่านใด อย่างไร (สิ่งมีชีวิตจะไม่ซ้ำกันภายในห้อง)

7.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

7.3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้สืบค้นมาวางแผนออกแบบการนำเสนอ โดยจะนำเสนอเป็นสื่ออิเลกทรอนิก หรือเป็นสื่ออื่น ๆ โดยมีความยาวในการนำเสนอกลุ่มละไม่ต่ำกว่า 7 นาที

7.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

7.4.1 นักเรียนดำเนินการจับทำวิวัฒนาหารของสิ่งมีชีวิตที่กลุ่มตนเองเลือก โดยจดบันทึกขึ้นตอนต่าง ๆ พร้อมทั้งปัญหาที่พบไว้โดยละเอียด

7.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

7.5.1 นักเรียนนำผลงานที่ทำมาปรึกษาครูผู้สอนและเพื่อนในห้อง เพื่อฟังข้อเสนอแนะ หากมีข้อปรับปรุงก็ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

7.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

7.6.1 นักเรียนนำเสนอสื่อของตนเองหน้าชั้นเรียน

7.6.2 นักเรียนสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ

8. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

8.1 อุปกรณ์สร้างสื่อตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบ

8.2 แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ

8.3 แหล่งสืบค้น เช่น ห้องสมุดโรงเรียน อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

9. การวัดและการประเมินผล

รายการ	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (Knowledge)			
- อธิบายและยกตัวอย่างแนวคิดเกี่ยวกับความสปีชีส์ด้านต่าง ๆ - อธิบายและยกตัวอย่าง การแยกเหตุการณ์สืบพันธุ์ - อธิบายและยกตัวอย่างกำเนิดสปีชีส์	- ตรวจสื่อที่นักเรียนนำเสนอ - ตรวจข้อสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- สื่อของนักเรียน - แบบทดสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ	- นักเรียนสามารถอธิบายสื่อทางวิวัฒนาการที่กลุ่มตนเองได้จัดทำ ได้ถูกต้องครบถ้วนตรงตามเนื้อหา และแนวคิด - นักเรียนสามารถทำข้อสอบท้ายหน่วย เรื่อง วิวัฒนาการ ได้ถูกต้องร้อยละ 70
ด้านกระบวนการ (Process)			
- การสังเกต - การลงความเห็นจากข้อมูล	- ประเมินแบบประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ	- แบบประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ	- นักเรียนสามารถผ่านการประเมินกิจกรรม STEM หัวข้อหลักฐานทางวิวัฒนาการ
ด้านคุณลักษณะ (Attitude)			
- ความอยากรู้อยากเห็น - ใฝ่เรียนรู้ - มุ่งมั่นในการทำงาน	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนร้อยละ 80 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน			
- ความสามารถในการสื่อสาร - ความสามารถในการคิด - ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- นักเรียนร้อยละ 80 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ลงชื่อ .....

(.....)

แบบประเมินกิจกรรม STEM

คำชี้แจง ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนน

เกณฑ์การประเมินมีดังนี้ คะแนนเต็ม 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์การตัดสินแบ่งเป็นระดับคุณภาพดังนี้

ระดับ 3 คะแนนรวม 15-20 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ระดับ 2 คะแนนรวม 8-14 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 1 คะแนนรวม ต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

กลุ่มที่ .....

รายการประเมิน	**คะแนนที่ได้**				**คะแนนที่ได้**
	4	**3**	**2**	**1**	
การวางแผนกำหนดขั้นตอนในการทำงาน และการแก้ไขสถานการณ์					
การวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ					
การออกแบบเชิงวิศวกรรม					
การสืบค้น สังเกต ศึกษา ทดลอง รวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูล					
การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปความรู้					
รวมคะแนนที่ได้					
ระดับเกณฑ์การประเมินที่ได้					

ลงชื่อ ..... ครูผู้สอน

(.....)

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือหนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาครูผู้สอนและเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
3 (ดี)	- นักเรียนศึกษาในเนื้อหาโดยค้นหาจากหลายแหล่งที่มา ทั้งหนังสือหนังสือเรียน อินเตอร์เน็ต และอื่น ๆ - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
2 (พอใช้)	- นักเรียนศึกษาเนื้อหาเฉพาะในหนังสือเรียน - นักเรียนปรึกษาเพื่อนในเรื่องของเนื้อหา
1 (ปรับปรุง)	- นักเรียนไม่ศึกษาเนื้อหา - นักเรียนไม่ปรึกษาหารือกับเพื่อน

2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3 (ดี)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 65 – 79
2 (พอใช้)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 50 – 64
1 (ปรับปรุง)	- ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ร้อยละ 0 - 49

3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนก่อนครูผู้สอนเข้าสอน - ตั้งใจฟังและตอบคำถามตลอดเวลา
3 (ดี)	- มีการเตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียนเมื่อครูผู้สอนเข้าสอนแล้ว - ตั้งใจฟังและตอบคำถามบางคำถาม
2 (พอใช้)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน

	และอุปกรณ์การเรียน - ตั้งใจฟังแต่ไม่กล้าตอบคำถาม
1 (ปรับปรุง)	- ครูผู้สอนต้องบอกให้เตรียมสมุด หนังสือ เอกสารประกอบการเรียน และอุปกรณ์การเรียน - ไม่ตั้งใจฟังและไม่ตอบคำถาม

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ระดับ / ประเด็น	ระดับพฤติกรรม / ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	**3 (ดี)**	**2 (พอใช้)**	**1 (ปรับปรุง)**
ความสามารถในการสื่อสาร	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องทั้งหมด	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถอธิบายความหมายได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย	ไม่สามารถอธิบายความหมายจากการมองภาพได้
ความสามารถในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบทั้งหมด	สามารถคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผลประกอบบางส่วน	สามารถคิดวิเคราะห์ได้ แต่มีเหตุผลประกอบไม่ค่อยชัดเจน	ไม่สามารถคิดวิเคราะห์ได้ หรือไม่มีเหตุผลประกอบ
ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้ดี และถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์	สามารถแก้ไขปัญหาได้โดยต้องอาศัยครูหรือเพื่อนคอยแนะนำบ้าง	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ต้องคอยความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น

เกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คะแนน	**ระดับคุณภาพ**
11 - 12 คะแนน	ดีมาก
8 - 10 คะแนน	ดี
5 - 7 คะแนน	พอใช้
น้อยกว่า 5 คะแนน	ปรับปรุง

บันทึกผลหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

นักเรียนทั้งหมด ..... คน ได้ทำ..... พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

นักเรียนทั้งหมด..... คน พบว่า

มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ .....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียนทั้งหมด..... คน

มีผลการประเมินระดับคุณภาพดีขึ้นไป ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

มีผลการประเมินต่ำกว่าระดับคุณภาพดี ..... คน คิดเป็นร้อยละ.....

2. การดำเนินการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ด้านความรู้ (K)

.....

ด้านทักษะและกระบวนการ (P)

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

.....

3. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

4. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

. ลงชื่อ .....

(นางสาวศรัณย์พร สุดโต)

แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว และ x ลงในกระดาษคำตอบ

1 ผลการศึกษาพันธุกรรมของแมวน้ำช้างซีกโลกเหนือ (*Mirounga angustirostris*) ทำให้นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าในอดีตเคยเกิดปรากฏการณ์คอขวดขึ้นกับแมวน้ำช้างซีกโลกเหนือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานนี้หมายความว่าอย่างไร

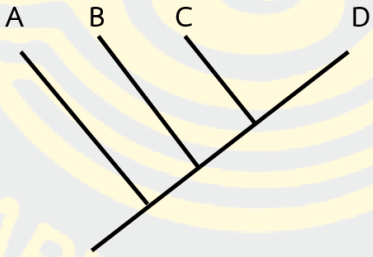
ก. แมวน้ำช้างซีกโลกเหนือมีการแปรผันทางพันธุกรรม สูงมาก เนื่องจากมิวเทชัน

ข. แมวน้ำช้างซีกโลกเหนือมีการแปรผันทางพันธุกรรม สูงมาก เนื่องจากผลการถ่ายเทเคลื่อนย้ายยีน

ค. แมวน้ำช้างซีกโลกเหนือมีการแปรผันทางพันธุกรรมต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ง. แมวน้ำช้างซีกโลกเหนือมีการแปรผันทางพันธุกรรมต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากประชากรเคยลดลงอย่างมากในอดีต

2



จากแผนภาพแสดงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต A, B, C และ D หากนักเรียนต้องการตั้งสมมติฐานควรเป็นไปตามข้อใด

ก. A เป็นบรรพบุรุษของ B, C และ D

ข. A, B และ C มีวิวัฒนาการมากจาก D

ค. A, B, C และ D มีบรรพบุรุษร่วมกัน

ง. A มีวิวัฒนาการไปเป็น B, C และ D ตามลำดับ

3 ในอดีตมีลิง 2 ชนิดที่ได้รับการจำแนกให้อยู่ในจีนัสเดียวกันแต่เป็นคนละสปีชีส์ และทั้งสองสปีชีส์อาศัยอยู่คนละพื้นที่กัน ต่อมาพบว่าลิงทั้งสองชนิดควรจัดเป็นสปีชีส์เดียวกันหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปใหม่นี้น่าจะเป็นหลักฐานในข้อใด

ก. พบซากดึกดำบรรพ์ของทั้งสองชนิดอยู่ในชั้นหินที่มีอายุเท่ากัน

ข. เมื่อนำมาเลี้ยงในพื้นที่เดียวกันทั้งสองชนิดสามารถอาศัยอยู่ร่วมกันได้

ค. ทั้งสองชนิดสามารถผสมพันธุ์กันได้ในธรรมชาติและให้กำเนิดลูกที่ไม่เป็นหมัน

ง. เมื่อศึกษาลักษณะภายนอกโดยละเอียดแล้วพบว่ามีความเหมือนกันมากจนควรจัดเป็นสปีชีส์เดียวกัน

4 การที่แมวน้ำช้างทางซีกโลกเหนือเคยถูกล่าจนทำให้มีจำนวนลดลงจนเกือบสูญพันธุ์ ต่อมาได้รับการอนุรักษ์จึงสามารถเพิ่มจำนวนประชากรได้มากขึ้น แต่ประชากรที่เพิ่มขึ้นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ กรณีดังกล่าวน่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยในข้อใด

ก. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ข. ปรากฏการณ์ผู้ก่อตั้ง

ค. ปรากฏการณ์คอขวด

ง. การถ่ายเทยีน

5 “ความแปรผัน ย่อมจะต้องมีบางลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะดังกล่าวย่อมจะดำรงชีวิตได้ดีและสามารถสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นต่อไป” ข้อความนี้สอดคล้องกับหลักการใด

ก. กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของฌอง ลามาร์ก

ข. หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

ค. แนวคิดการเกิดวิวัฒนาการของลามาร์ก

ง. ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาลส์ ดาร์วิน

6 “ในอนาคต มนุษย์อาจมีสัดส่วนศีรษะโตขึ้น แต่แขนขาจะลีบเล็กลงเพราะมนุษย์ใช้ความคิดมากและมีเครื่องทุ่นแรงหลายชนิดทำงานแทน” คำกล่าวนี้สอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของใคร

ก. การต่อสู้เพื่อยังชีวิตของ Wallace

ข. กฎแห่งการใช้และไม่ใช้ของ Lamarck

ค. การแปรผันเพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ของ De Vries

ง. กฎของการคัดเลือกโดยธรรมชาติของ Darwin

7 “*Hyla ornate* และ *Hyla chrysoscelis* เป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ซึ่งพบในบริเวณเดียวกัน มีลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกันมากเพียงแต่มีเสียงร้องและจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน” **จากข้อมูล** สามารถสันนิษฐานได้ว่ากลไกที่ป้องกันการผสมพันธุ์ระหว่างทั้งสองสปีชีส์น่าจะเป็นกลไกใด

ก. ถิ่นที่อยู่อาศัย
ข. พฤติกรรมการสืบพันธุ์ (การส่งเสียงร้อง)
ค. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์
ง. สรีรวิทยาของสัตว์

8 ข้อใดคือสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มนุษย์สปีชีส์ *Australopithecus afarensis* มีวิวัฒนาการจนเป็นมนุษย์ปัจจุบัน

ก. มนุษย์มีวิวัฒนาการระดับจุลภาค
ข. มนุษย์มีวิวัฒนาการแบบแตกแขนง
ค. มนุษย์มีวิวัฒนาการให้ขากรรไกรยื่นยาวมากขึ้น
ง. มนุษย์มีวิวัฒนาการจนเป็นมนุษย์ในจีนัสโฮโมแล้วจึง เริ่มรู้จักใช้เครื่องมือ

9 ข้อใดให้คำจำกัดความของคำว่าซากดึกดำบรรพ์ได้เหมาะสมที่สุด

ก. ซากของสิ่งมีชีวิตที่ตาย
ข. ซากของสิ่งมีชีวิตที่แข็งตัว
ค. ซากของสิ่งมีชีวิตที่สูญหาย
ง. ซากของสิ่งมีชีวิตที่ไม่ถูกย่อยสลาย

10 ข้อใดให้คำจำกัดความของคำว่าสปีชีส์ (Species) ได้เหมาะสมที่สุด

ก. กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มี Gene pool ของประชากรมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน
ข. กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ร่วมในประชากรเดียวกัน
ค. กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนกัน
ง. กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีแหล่งที่อยู่อาศัยอย่างเดียวกัน

11 ข้อใดกล่าวถึงสาระสำคัญของทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ*ไม่ถูกต้อง*

ก. สิ่งมีชีวิตแต่ละตัวมีความสามารถในการอยู่รอดเท่ากัน
ข. สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดมาต้องแก่งแย่งสิ่งจำเป็นเพื่อการอยู่รอด
ค. สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมจะสามารถสืบพันธุ์เพิ่มจำนวน ลูกหลานต่อไปได้
ง. สิ่งมีชีวิตแต่ละตัวมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะไปยังลูกหลานได้แตกต่างกัน

12 ข้อใดกล่าวถึงความหมายของวิวัฒนาการได้ถูกต้องที่สุด

ก. กระบวนการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปเป็นสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่ง

ข. กระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือคลี่คลายไปสู่สภาวะที่ดีขึ้นหรือเจริญขึ้น

ค. กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้ระยะเวลานาน

ง. กระบวนการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมไปจากเดิม

13 ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับทฤษฎี use and disuse ของ ลาร์มาร์ก

ก. สิ่งมีชีวิตต้องดิ้นรนต่อสู้เพื่อเอาชีวิตรอดและสืบพันธุ์ต่อไป

ข. ลักษณะใด ๆ ที่เกิดขึ้นในรุ่นพ่อแม่ จะสามารถถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้

ค. เมื่อมีการใช้งานอวัยวะใดมาก อวัยวะนั้นก็จะใหญ่และแข็งแรงขึ้น เช่น กล้ามเนื้อ อวัยวะใดหากไม่ได้ใช้งานก็จะหดเล็กลง เช่น ไส้ติ่ง

ง. สิ่งมีชีวิตสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ แต่จะไม่สูญพันธุ์ไป

14 ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการคัดเลือกในทางวิวัฒนาการ

ก. ลักษณะที่ดีของปลาทับทิมได้มาจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลานิลสายพันธุ์ต่าง ๆ

ข. ข้าวพันธุ์ กข 6 เกิดจากการใช้รังสีแกมมาชักนำให้เกิดมิวเทชันในข้าวขาวดอกมะลิ 105

ค. นกมีการปรับตัวทางพันธุกรรมจนกระทั่งได้ลักษณะปากที่เหมาะสมกับอาหารชนิดต่าง ๆ

ง. ถูกทุกข้อ

15 ข้อใดถูกต้องเมื่อกล่าวถึงการอยู่รอดของสมาชิกประชากรสิ่งมีชีวิต จากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ก. การอยู่รอดเป็นผลจากการต่อสู้ดิ้นรนเพื่อให้อยู่รอดของสมาชิกแต่ละตัว

ข. สมาชิกทุกตัวที่อยู่รอดจะมีความสามารถในการให้กำเนิดลูกหลานได้เท่ากัน

ค. การคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้การอยู่รอดของสมาชิกในประชากรเกิดขึ้นอย่างสุ่ม

ง. โอกาสในการอยู่รอดของสมาชิกแต่ละตัวไม่เท่ากันเพราะมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน

16 ข้อใดเป็นกลไกการแยกกันทางการสืบพันธุ์หลังระยะไซโกต

ก. การผสมพันธุ์ระหว่างม้ากับลาจะได้ล่อซึ่งเป็นหมัน

ข. งูบางชนิดตัวเมียใช้ฟีโรโมนดึงดูดให้ตัวผู้มาผสมพันธุ์

ค. นก 2 สปีชีส์อาศัยและผสมพันธุ์ในป่าที่แตกต่างกัน

ง. แมลงหวี่ 2 ชนิด มีช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ที่แตกต่างกัน

17 นักวิทยาศาสตร์ศึกษาปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แมลงวันได้รับมีผลต่ออัตราการตายของแมลงวันหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงแมลงวันออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารเหมือนกันแต่ได้รับปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แตกต่างหลังจากเลี้ยงแมลงวันได้ 1 สัปดาห์ ตัวแปรต้นในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. ปริมาณของดี.ดี.ที.

ข. ปริมาณของอาหาร

ค. อัตราการตายของแมลงวัน

ง. ชนิดและจำนวนของแมลงวัน

18 นักวิทยาศาสตร์ศึกษาปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แมลงวันได้รับมีผลต่ออัตราการตายของแมลงวันหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงแมลงวันออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารเหมือนกันแต่ได้รับปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แตกต่างหลังจากเลี้ยงแมลงวันได้ 1 สัปดาห์ ตัวแปรตามในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. ปริมาณของดี.ดี.ที.

ข. ปริมาณของอาหาร

ค. อัตราการตายของแมลงวัน

ง. ชนิดและจำนวนของแมลงวัน

19 นักวิทยาศาสตร์ศึกษาปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แมลงวันได้รับมีผลต่ออัตราการตายของแมลงวันหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงแมลงวันออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารเหมือนกันแต่ได้รับปริมาณของดี.ดี.ที. ที่แตกต่างหลังจากเลี้ยงแมลงวันได้ 1 สัปดาห์ ตัวแปรควบคุมในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. ปริมาณของดี.ดี.ที.

ข. ปริมาณของอาหาร

ค. อัตราการตายของแมลงวัน

ง. ชนิดและจำนวนของแมลงวัน

20 นักวิจัยศึกษาสายพันธุ์พลาสโมเดียมที่มีผลต่อการต้านยารักษาโรคมาลาเรียหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงพลาสโมเดียมออกเป็น 5 กลุ่ม (คนละสายพันธุ์) แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน และนำพลาสโมเดียมแต่ละสายพันธุ์ไปทดลองกับยารักษาโรคมาลาเรีย ตัวแปรต้น ในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. การต้านยารักษาโรคมาลาเรีย
ข. สายพันธุ์ของพลาสโมเดียม
ค. ปริมาณของอาหาร
ง. สภาพแวดล้อม

21 นักวิจัยศึกษาสายพันธุ์พลาสโมเดียมที่มีผลต่อการต้านยารักษาโรคมาลาเรียหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงพลาสโมเดียมออกเป็น 5 กลุ่ม (คนละสายพันธุ์) แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน และนำพลาสโมเดียมแต่ละสายพันธุ์ไปทดลองกับยารักษาโรคมาลาเรีย ตัวแปรตาม ในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. การต้านยารักษาโรคมาลาเรีย
ข. สายพันธุ์ของพลาสโมเดียม
ค. ปริมาณของอาหาร
ง. สภาพแวดล้อม

22 นักวิจัยศึกษาสายพันธุ์พลาสโมเดียมที่มีผลต่อการต้านยารักษาโรคมาลาเรียหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองเลี้ยงพลาสโมเดียมออกเป็น 5 กลุ่ม (คนละสายพันธุ์) แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน และนำพลาสโมเดียมแต่ละสายพันธุ์ไปทดลองกับยารักษาโรคมาลาเรีย ตัวแปรควบคุม ในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. สายพันธุ์ของพลาสโมเดียม
ข. สภาพแวดล้อม
ค. ปริมาณของอาหาร
ง. ถูกทั้ง ข และ ค

23 นักวิจัยพันธุ์ข้าวต้องการหาคำตอบว่า รังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมา รังสีชนิดใดมีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ชักนำให้เกิดมิวเทชันกลายเป็นข้าวพันธุ์ กข 6 ได้ดีกว่ากัน
ตัวแปรต้น ในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. ชนิดของรังสี (แอลฟา, บีตา, แกมมา)
ข. เกิดมิวเทชันเป็นข้าวพันธุ์ กข 6
ค. ขนาดของต้นข้าว
ง. ปริมาณของน้ำที่ได้รับ

24 นักวิจัยพันธุ์ข้าวต้องการหาคำตอบว่า รังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมา รังสีชนิดใดมีผลทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ชักนำให้เกิดมิวเทชันกลายเป็นข้าวพันธุ์ กข 6 ได้ดีกว่ากัน
ตัวแปรตาม ในการทดลองครั้งนี้คืออะไร

ก. ชนิดของรังสี (แอลฟา ,บีตา ,แกมมา)
ข. เกิดมิวเทชันเป็นข้าวพันธุ์ กข 6
ค. ขนาดของต้นข้าว
ง. ปริมาณของน้ำที่ได้รับ

25 เอมอรทำการทดลองสุ่มนับประชากรแมลงปอสปีชีส์เดียวกัน 3 สายพันธุ์ คือ C และ D ได้ผลดังตาราง

สถานที่	**จำนวน (ตัว)**			
	สุ่มมา	**C**	**D**	**E**
เชียงใหม่	100	45	35	30
ชลบุรี	100	90	10	0

เอมอรต้องการทราบอะไรจากการทดลองครั้งนี้

ก. แมลงปอสปีชีส์ E มีจำนวนมากกว่าสปีชีส์ C และ D
ข. แมลงปอสปีชีส์ D มีโอกาสขยายพันธุ์ได้มากกว่าสปีชีส์ C
ค. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
ง. จำนวนของสิ่งมีชีวิตมีผลการเกิดมิวเทชัน

26 จากสถิติการทดลองสุ่มประชากรในอำเภอหนึ่ง ซึ่งอยู่ในสมดุลฮาร์ดี– ไวน์เบิร์ก มีจำนวนทั้งหมด 10,000 คน มีผู้ป่วยที่เป็นโรคซิสติกไฟโบรซิส ซึ่งเป็นโรคพันธุกรรมแบบยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย 4 คน จะมีผลการทดลองประชากรประมาณกี่คนที่เป็นพาหะของโรค

ก. 250 คน ข. 350 คน

ค. 392 คน ง. 420 คน

27 ประชากรกระต่ายมีสีดำพันธุ์แท้ (AA) เพศผู้ 30 ตัว สีดำพันธุ์ไม่แท้ (Aa) เพศเมีย 30 ตัว ส่วนสีขาวพันธุ์แท้ (aa) มี 20 คู่ เมื่อปล่อยให้ผสมพันธุ์อย่างอิสระ โอกาสที่จะได้กระต่ายสีขาวในรุ่นถัดไปมีประมาณร้อยละเท่าใด

ก. 20% ข. 30%

ค. 40% ง. 50%

28 สุดาเฝ้าทดลองหาอัตราการตายของมดที่มีต่อดี.ดี.ที. พบว่าในเวลา 3 วัน อัตราการตายของมดลดลงไปจากวันแรก จากข้อมูลนี้นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับมดในอีก 3 วันข้างหน้า

ก. อัตราการตายของมดเพิ่มขึ้น

ข. อัตราการตายของมดลดลง

ค. จำนวนประชากรมดคงที่

ง. หากได้รับดี.ดี.ที. อีกครั้งประชากรมดจะยังคงที่

29 ในการศึกษาปริมาณของดี.ดี.ที. ที่มีผลต่ออัตราการตายของแมลงวัน ขั้นตอนแรกควรปฏิบัติอย่างไร

ก. นำแมลงวันมาเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม

ข. นำแมลงวันมาทดลองกับปริมาณของดี.ดี.ที.ที่แตกต่างกันไป

ค. ปรับเปลี่ยนปริมาณของดี.ดี.ที.ให้เหมาะสมกับแมลงวัน

ง. การวางแผนและตั้งสมมุติฐานของการศึกษาในครั้งนี้

30 การมีนิ้วเกินเป็นลักษณะเด่น ถ้าความถี่ของแอลลีลที่ทำให้แสดงลักษณะนิ้วเกินมีค่าเท่ากับ 0.8 ดังนั้นความถี่แอลลีลที่ทำให้แสดงนิ้วปกติ ในประชากรจะมีค่าเท่าใด

ก. 0.20 ข. 0.40

ค. 0.32 ง. 0.64

31 ธนาได้ทำการทดลองกินอาหารของนกฟินซ์แต่ละประเภท โดยนำปากคีบแบบต่าง ๆ (ได้แก่ ปากคีบแบบแหลมตรง ปากคีบแบบแบน ปากคีบแบบแหลมงอ และที่หนีบหลอด) แทนลักษณะจงอยปากของนกฟินซ์แต่ละประเภท ได้ผลดังตาราง

ปากคีบ	เมล็ดข้าว	เมล็ดทานตะวัน	ถั่วลิสง	ขนม
ปลายแหลม	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้
ปลายแบน	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้
ปลายแหลมงอ	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้
ที่หนีบหลอดทดลอง	ไม่ได้	ได้	ได้	ได้

การทดลองของธนาสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

ก. นกฟินซ์ที่ปากแหลม แบนและงอ จะกินอาหารพวกเมล็ดพืช หนอน หรืออาหารที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก

ข. นกฟินซ์ที่มีปากใหญ่ ปากไม่แหลม จะกินอาหารที่ค่อนข่างจะใหญ่ ไม่สามารถกินอาหารชิ้นเล็กๆ ได้ อย่างเมล็ดข้าว

ค. การกินอาหารของนกฟินซ์แต่ละประเภทมีความเหมือนและคล้ายกันมาก

ง. ถูกทั้ง ก และ ข

32 จากข้อมูลในตาราง ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

สิ่งมีชีวิต	มนุษย์	ลิงซีรัส	หนู	ไก่	กบ
จำนวนกรดอะมิโนที่แตกต่างกัน	0	8	27	42	67

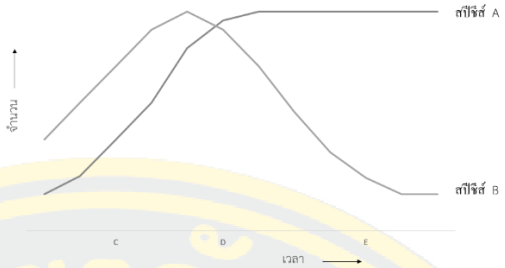
ก. มนุษย์มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุดกับกบ

ข. มนุษย์มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุดกับไก่

ค. มนุษย์มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุดกับหนู

ง. มนุษย์มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุดกับลิงซีรัส

33



ข้อมูลจากกราฟแสดงให้เห็นว่าอย่างไร

ก. สิ่งแวดล้อมช่วง C D เหมาะกับการเพิ่มจำนวนของสปีชีส์ B

ข. สิ่งแวดล้อมช่วง D E เหมาะกับการเพิ่มจำนวนของสปีชีส์ A

ค. สภาพแวดล้อมที่กำหนดให้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่

ง. ทั้งข้อ ก และ ข ถูก

34 จากตาราง ประชากรคู่ใดอยู่ในสมดุลฮาร์ดี– ไวน์เบิร์ก

ประชากร	ร้อยละของจีโนไทป์		
	AA	Aa	aa
A	100	-	-
B	74	18	8
C	64	32	4
D	50	-	50

ก. กลุ่ม A และ C

ข. กลุ่ม A และ D

ค. กลุ่ม B และ C

ง. กลุ่ม C และ D

35 จากตารางข้อใดกล่าวถูกต้อง

ลักษณะ	ความสูง	ลักษณะนิ้วเท้า
Mesohippus	24 นิ้ว	
Merychippus	40 นิ้ว	
Pliohippus	43 นิ้ว	
Equus	50 นิ้ว	

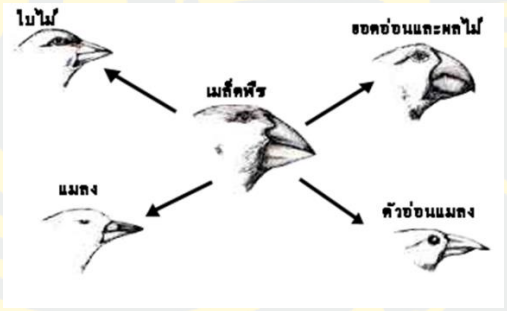
ก. *Mesohippus* และ *Merychippus* มีวิวัฒนาการต่างกันมากที่สุด

ข. *Mesohippus* และ *Pliohippus* มีวิวัฒนาการใกล้เคียงกันมากที่สุด

ค. *Merychippus* มีวิวัฒนาการที่มีความซับซ้อนมากที่สุด

ง. *Equu* มีวิวัฒนาการที่ใกล้เคียงกับม้าในปัจจุบันมากที่สุด

36



จากภาพลักษณะจงอยปากของนกฟินช์สปีชีส์ต่าง ๆ ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. นกฟินช์มีลักษณะจงอยปากหลายแบบ เนื่องจากหลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์

ข. นกฟินช์แต่ละสปีชีส์เลือกชนิดของอาหารตามความต้องการ

ค. ขนาดและลักษณะของจงอยปากไม่สัมพันธ์กับชนิดของอาหาร

ง. ถูกทั้ง ก และ ค

37 สุ่มนับประชากรผีเสื้อ สปีชีส์เดียวกัน 2 สายพันธุ์ คือ A และ B ได้ผลดังตาราง

สถานที่	จำนวน (ตัว)		
	สุ่มมา	A	B
เขาใหญ่	500	54	446
เขาเขียว	100	95	5

ข้อใดคือข้อสรุปที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาข้อมูลที่มีอยู่

ก. ลักษณะความแปรผันมีผลต่อการอยู่รอดและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ข. ความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อสปีชีส์นี้

ค. สถานที่ทั้งสองแห่งมีความหลากหลายทางชีวภาพต่างกัน

ง. การปรับตัวของผีเสื้อ ทำให้ผู้ล่าซึ่งเป็นตัวคัดเลือกจับมันกินได้น้อยลง

38

สภาพจีโนไทป์	กลุ่มประชากร			
	A	B	C	D
A_1A_1	0.49	0.40	0.25	0.50
A_2A_2	0.42	0.40	0.50	0.20
A_3A_3	0.09	0.20	0.25	0.30

จากตารางความถี่ของจีโนไทป์ของประชากร 4 ประชากร ประชากรในข้อใดอยู่นสภาวะสมดุลฮาร์ดีไวน์เบิร์ก

ก. A และ B ข. C และ D

ค. A และ C ง. B และ D

39 ประชากรของแมลงวันบ้าน มีอัตราการตายสูงถึง 95 % เมื่อถูกฉีด ดี.ดี.ที. ในครั้งแรกหลังจากใช้ยาติดต่อกันมา 5 ปี พบว่าแมลงวันรุ่นสุดท้ายมีความต้านทาน ดี.ดี.ที. ที่สูงมาก ตามทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ สามารถอธิบายได้ว่า

ก. แมลงวันมีการดิ้นร้นต่อสู้เพื่อความอยู่รอดตลอดเวลาถึงจะสู้ฤทธิ์ยาได้

ข. แมลงวันรุ่นหลังๆ มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีกว่ารุ่นแรกเริ่ม

ค. แมลงวันแต่ละตัวมีความแตกต่างกันแปรผันในการต้านทานต่อ ดี.ดี.ที.

ง. แมลงวันรุ่นพ่อแม่แรกเริ่มอ่อนแอจึงตายง่าย

40 มีผู้ทำนายว่า 50 ล้านปี มนุษย์เรามีรูปร่างคล้าย E.T. คือ มีหัวโต สมองใหญ่ แขน และขาลีบเล็ก นักเรียนสามารถใช้ความรู้เรื่องวิวัฒนาการอธิบายได้อย่างไร

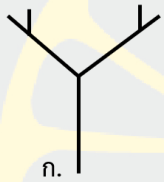
ก. เป็นไปตามกฎการใช้และไม่ใช้

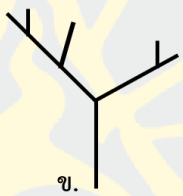
ข. ย่อมเกิดขึ้นได้หากลักษณะดังกล่าวดีเด่นและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของยีนในธรรมชาติ

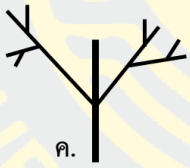
ค. เป็นไปไม่ได้เพราะมนุษย์มาถึงจุดอิ่มตัวของวิวัฒนาการแล้ว

ง. อาจเป็นการวิวัฒนาการของมนุษย์โลกอื่น ซึ่งยากที่จะเกิดขึ้นในโลกของเรา

41 ในเชิงวิวัฒนาการ การแตกแขนงของลำต้นตามแบบจำลองไดอะแกรม หมายเลขใดที่แสดงว่าเป็นพืชวิวัฒนาการขั้นสูง

ก. 

ข. 

ค. 

ง.

42 ถ้าใช้โครงสร้างของพืชในหลักการศึกษาวิวัฒนาการ ลำดับสายวิวัฒนาการข้อใดถูกต้อง

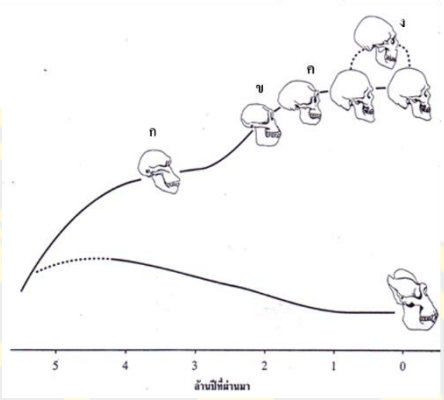
ก. จอก ⟶ หญ้าถอดปล้อง ⟶ สนสามใบ ⟶ ปรง

ข. ลิเวอร์เวิร์ต ⟶ หวายทะนอย ⟶ เฟิร์น ⟶ สนสองใบ

ค. สาหร่ายสีเขียว ⟶ ผักแว่น ⟶ ตีนตุ๊กแก ⟶ หญ้าคา

ง. สาหร่ายหางกระรอก ⟶ มอส ⟶ เฟิน ⟶ สนฉัตร

43 ข้อใดเป็นภาพแบบจำลองกะโหลกของ “Lucy” เป็นบรรพบุรุษที่สำคัญของมนุษย์ปัจจุบัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Australopithecus afarensis*



ก. ก ข. ข

ค. ค ง. ง

44 จงเรียงลำดับทิศทางพัฒนาการจากพืชชั้นต่ำไปสู่พืชชั้นสูง

(A) เฟิร์น (B) สนสามใบ (C) ข้าวดอกฤษี

(D) พู่ระหง (E) กล้วยไม้ (F) ช้องนางคลี่

(G) หญ้าถอดปล้อง (H) หวายทะนอย

ก. A ⟶ F ⟶G ⟶H ⟶B ⟶D⟶C⟶ B

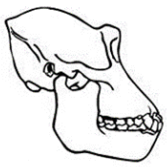
ข. F ⟶ G ⟶C ⟶A ⟶E ⟶ B⟶H⟶D

ค. A ⟶ C ⟶F⟶H ⟶G ⟶ E⟶D⟶ B

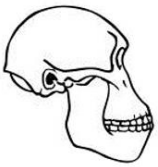
ง. C ⟶ H ⟶F⟶G ⟶A ⟶ B⟶D⟶ E

45 แบบจำลองโครงกระดูกของ มนุษย์ปักกิ่ง เป็นมนุษย์ที่มีการล่าสัตว์ การออกหาอาหารกันเป็นกลุ่ม ๆ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Homo erectus pekinensis* ตรงกับข้อใด

ก.

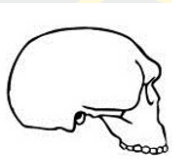


ข.



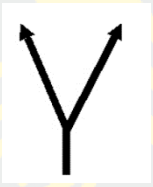
ค.

ง.

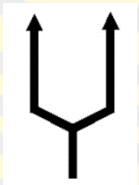


46 นกและค้างคาว เป็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่สิ่งมีชีวิตสองกลุ่มที่ไม่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน มีวิวัฒนาการจนได้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน สามารถนำมาเขียนแผนภาพตาม ข้อใด

ก.



ข.



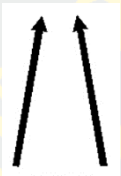
ค.

ง.

47 จิงโจ้และหนู เป็นการวิวัฒนาการ โดยการแตกแยกมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน สามารถนำมาเขียนแผนภาพตามข้อใด

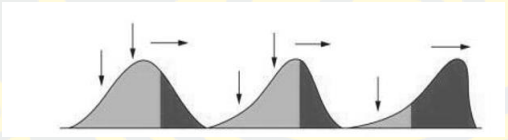
ก.

ข.

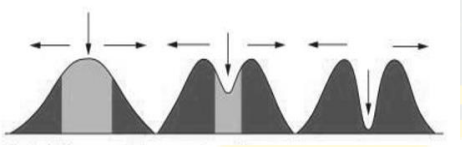
ค. 

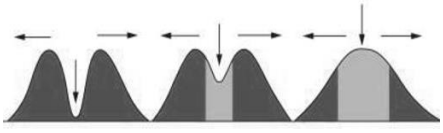
ง.

48 การเลือกที่มีเสถียรภาพเป็นประเภทของการคัดเลือกโดยธรรมชาติที่เอื้อต่อบุคคลทั่วไปในประชากร เพื่อผลักดันให้ประชากรไปสู่ค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐาน ตัวอย่างเช่น น้ำหนักแรกเกิดในมนุษย์แสดงให้เห็นว่าการเลือกมีเสถียรภาพ โดยทารกที่มีน้ำหนักแรกเกิดเท่ากับค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะรอดชีวิตมากกว่าทารกที่ตัวเล็กหรือใหญ่เกินไป สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟตรงกับข้อใด

ก. 

ข.

ค. 

ง. 

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว และ x ลงในกระดาษคำตอบ

1 สิ่งมีชีวิตชนิดใด จัดเป็นหลักฐานทางวิวัฒนาการที่ยังมีชีวิตอยู่

ก. แปะก๊วย
ข. ไดโนเสาร์
ค. ไทโลไบต์
ง. สุนัข

2 หากต้องการเปรียบเทียบร้อยละของลำดับกรดอะมิโนที่เหมือนกันในสายฮีโมโกลบินระหว่าง มนุษย์ ลิงรีซัส หนู ไก่ กบ และปลาปากกลม พบว่าไก่มีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการใกล้เคียงกับสิ่งมีชีวิตใดน้อยที่สุด

ก. ลิงรีซัส
ข. หนู
ค. กบ
ง. ปลาปากกลม

3 หลักฐานชนิดใดที่มีโครงสร้างมาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน

ก. Heterogous structure
ข. Homologous structure
ค. Analogous structure
ง. Monologous structure

4 ข้อใดกล่าวถึง Homologous structure ได้ถูกต้องที่สุด

ก. โครงสร้างมาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่ทำหน้าที่ต่างกัน
ข. โครงสร้างมาจากจุดกำเนิดเดียวกันและทำหน้าที่เดียวกัน
ค. โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มาจากจุดกำเนิดต่างกันแต่ทำหน้าที่เหมือนกัน
ง. โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มาจากจุดกำเนิดต่างกันและทำหน้าที่ต่างกัน

5 เมื่อพืชหรือสัตว์ตายลงมักถูกย่อยสลายจนไม่มีซากที่สมบูรณ์เหลืออยู่ แต่ในบางครั้งซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะยังคงเหลืออยู่ในรูปของ หลักฐานทางวิวัฒนาการชนิดใด

ก. หลักฐานซากดึกดำบรรพ์

ข. หลักฐานทางชีววิทยาโมเลกุล

ค. หลักฐานทางเอมบริโอ

ง. หลักฐานกายวิภาคเปรียบเทียบ

6 จากการศึกษาแมลงปอ ผีเสื้อ หลักฐานในข้อใดเหมาะสมที่จะบอกว่าแมลงที่กล่าวมานั้นมีวิวัฒนาการมาจากต้นกำเนิดเดียวกัน

ก. หลักฐานจากร่องรอยของอวัยวะ

ข. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์

ค. หลักฐานจากการเจริญของเอมบริโอ

ง. หลักฐานทางกายวิภาคเปรียบเทียบ

7 นักวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ชั้นของหินตะกอนในการหาอายุของซากดึกดำบรรพ์ได้ เพราะเหตุใด

ก. หินตะกอนเป็นหินชั้นบนสุดของชั้นดิน ทำให้สามารถพบซากดึกดำบรรพ์ได้มาก

ข. หินตะกอนเกิดจากการทับถมของตะกอนหรือวัตถุที่เกิดจากการผุพังของหิน ซึ่งมักจะพบซากดึกดำบรรพ์อยู่มากกว่าหินชนิดอื่น

ค. หินตะกอนมีความอ่อนนุ่มมาก เพราะมี $CaCO_3$

ง. หินตะกอนประกอบไปด้วย หินปูน หินทราย หินดินดาน ซึ่งสามารถหาได้ง่าย ทำให้ง่ายต่อการค้นหาซากดึกดำบรรพ์

8

```
human_cytc      ATGGGTGATGTTGAGAAAGGCAAGAAGATTTTTATTATGAAGTGTTCCCAGTGCCACACC
chimp_cytc      ATGGGTGATGTTGAGAAAGGCAAGAAGATTTTTATTATGAAGTGTTCCCAGTGCCATACC
                ************************************************************ ***

human_cytc      GTTGAAAAGGGAGGCAAGCACAAGACTGGGCCAAATCTCCATGGTCTCTTTGGGCGGAAG
chimp_cytc      GTTGAAAAGGGAGGCAAGCACAAGACTGGGCCAAATCTCCATGGTCTCTTCGGGCGGAAG
                ************************************************** *********

human_cytc      ACAGGTCAGGCCCCTGGATACTCTTACACAGCCGCCAATAAGAACAAAGGCATCATCTGG
chimp_cytc      ACAGGTCAGGCCCCTGGATATTCTTACACAGCCGCCAATAAGAACAAAGGCATCATCTGG
                ******************** ****************************************

human_cytc      GGAGAGGATACACTGATGGAGTATTTGGAGAATCCCAAGAAGTACATCCCTGGAACAAAA
chimp_cytc      GGAGAGGATACACTGATGGAGTATTTGGAGAATCCCAAGAAGTACATCCCTGGAACAAAA
                ************************************************************

human_cytc      ATGATCTTTGTCGGCATTAAGAAGAAGGAAGAAAGGGCAGACTTAATAGCTTATCTCAAA
chimp_cytc      ATGATATTTGTCGGCATTAAGAAGAAGGAAGAAAGGGCAGACTTAATAGCTTATCTCAAA
                ***** ********************************************************

human_cytc      AAAGCTACTAATGAGTAA
chimp_cytc      AAAGCTACTAATGAGTAA
                ******************
```

จากภาพ ความต่างของลำดับเบสใน Cytochrom C ของมนุษย์ และลิงชิมแพนซี ซึ่งมีเบสต่างกันเพียง 4 ตัว จาก 318 เบส จะสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และลิงชิมแพนซีได้อย่างไร

ก. มนุษย์และลิงมีความมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันในเชิงวิวัฒนาการ

ข. มนุษย์และลิงชิมแพนซีมีความสัมพันธ์ใกล้กันในเชิงสรีรวิทยา

ค. มนุษย์และลิงมีความไม่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันในเชิงวิวัฒนาการ

ง. มนุษย์และลิงชิมแพนซีไม่มีความสัมพันธ์ใกล้กันในเชิงสรีรวิทยา

9 หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ และจะต้องคำนวณหาเวลาที่สิ่งมีชีวิต มีวิวัฒนาการแยกออกจากบรรพบุรุษ นักเรียนจะพิจารณาหาจากสิ่งใด เพราะเหตุ

ก. กรดอะมิโน เพราะอัตราการเกิดวิวัฒนาการระดับโมเลกุลจะค่อนข้างจะไม่คงที่สำหรับโปรตีนแต่ละชนิด เช่น ฮีโมโกลบินอัตราการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน 1 โมเลกุลต่อ 5.8 ล้านปี

ข. กรดอะมิโน เพราะอัตราการเกิดวิวัฒนาการระดับโมเลกุลจะค่อนข้างคงที่สำหรับโปรตีนแต่ละชนิด เช่น ในไมโทคอนเดรียมีอัตราการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน 1 โมเลกุลต่อ 20 ล้านปี

ค. ชั้นหินตะกอน เพราะสิ่งมีชีวิตในแต่ละชั้นหินจะมีความซับซ้อนของโครงสร้างที่แตกต่างกัน

ง. ชั้นหินตะกอน เพราะสิ่งมีชีวิตจากซากดึก
ดำบรรพ์ที่มีอายุน้อยกว่าจะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมีลักษณะใกล้เคียงกับสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปัจจุบันมากกว่า

10 ด.ช.แฟ้มตั้งคำถามกับคุณครูโบ หลังจากดูการ์ตูนว่า “อูฐกับลามะเป็นพี่น้องกันใช่หรือไม่” เนื่องจากมีลักษณะรูปร่างหน้าตาที่คล้ายคลึงกันหากนักเรียนเป็นคุณครูโบจะตอบคำถาม ด.ช.แฟ้ม อย่างไรให้ถูกต้องที่สุด โดยให้เหตุผลจากหลักฐานทางวิวัฒนาการที่ถูกค้นพบแล้ว

ก. เป็น เพราะซากดึกดำบรรพ์ของอูฐและลามะแสดงถึงการเป็นหลักฐานของการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์

ข. เป็น เพราะซากดึกดำบรรพ์ของอูฐและลามะ
ถูกขุดค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ในเวลาใกล้เคียงกัน

ค. ไม่เป็น เพราะยังมีหลักฐานยืนยันจากวิทยาศาสตร์เพียงท่านเดียว

ง. ไม่เป็น เพราะอดีตทวีปเอเชียและอเมริกาเคยเชื่อมติดกัน

11 ปัจจุบันโรคใดที่เป็นไปตามกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก

ก. โรคกะเพาะ
ข. โรคมะเร็ง
ค. โรคปอดบวม
ง. ไข้หวัด

12 ข้อใดสนับสนุนกฎการใช้และไม่ใช้ของลามาร์ก

ก. ผู้ชายไม่ต้องให้นมลูกจึงไม่มีต่อมน้ำนม
ข. กิ้งกือเดินเร็วกว่าตะขาบจึงมีขาจำนวนมากกว่า
ค. ค้างคาวรับฟังเสียงด้วยระบบโซนาร์จึงไม่มีใบหู
ง. คนที่ฝึกว่ายน้ำมาตั้งแต่เด็กเมื่อโตขึ้นจะมีไหล่กว้าง

13 หากนักเรียนต้องออกแบบนกน้ำ ซึ่งเป็นไปตามกฎการใช้และการไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. นกที่หากินบนบก ไม่มีแผ่นพังผืดเพราะรุ่นบรรพบุรุษไม่ได้ถ่ายทอดมา
ข. นกที่หากินในน้ำมีพังผืด เพราะบรรพบุรุษถ่ายทอดมา
ค. นกที่หากินในน้ำมีความต้องการใช้เท้าในการเดินในน้ำ สำหรับการเคลื่อนที่ผิวหนังระหว่างนิ้วเท้า จึงขยายออกต่อกันเป็นแผ่นและลักษณะนี้ไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้
ง. นกที่หากินในน้ำมีความต้องการใช้เท้าโบกพัดน้ำ สำหรับการเคลื่อนที่ผิวหนังระหว่างนิ้วเท้าจึงขยายออกต่อกันเป็นแผ่นและลักษณะนี้ถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน

14 ข้อใด**ไม่ได้**กล่าวถึงแนวคิด “กฎการใช้และไม่ใช้ (Law of use and disuse)” ของลามาร์ก

ก. สิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปมีความซับซ้อนมากขึ้นและสิ่งมีชีวิตมีความพยายามที่จะอยู่รอดในธรรมชาติซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีระไปในทิศทางนั้น
ข. หากอวัยวะใดที่มีการใช้งานมากในการดำรงชีวิตจะมีขนาดใหญ่ ส่วนอวัยวะใดที่ไม่ใช้จะค่อย ๆ ลดขนาดและอ่อนแอลง และเสื่อมไปในที่สุด
ค. การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นจากการใช้และไม่ใช้นั้นจะคงอยู่ได้ และสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดลักษณะที่เกิดใหม่นี้ไปสู่รุ่นลูกได้
ง. สิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปมีความซับซ้อนมากขึ้นและสิ่งมีชีวิตมีความพยายามที่จะอยู่รอดในธรรมชาติ

15 ข้อใดกล่าวถึงกฎการใช้และไม่ใช้ (Law of use and disuse)” ของลามาร์ก

ก. ยีราฟในอดีตจะมีคอสั้นแต่เนื่องจากอาหารขาดแคลน จึงต้องกินใบไม้จากต้นไม้สูงแทนหญ้า และเนื่องจากยืดคออย่างเดียวนั้นยังไม่พอจึงต้องมีการเขย่งขาเพิ่มด้วย จึงทำให้ยีราฟมีคอและขาที่ยาวขึ้น

ข. ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของยีราฟในการกินอาหารนี้สามารถถ่ายทอดสู่รุ่นลูกหลานยีราฟรุ่นต่อมา

ค. สิ่งมีชีวิตต้องมีการต่อสู้เพื่อความอยู่รอด หากลักษณะที่แปรผันของสิ่งมีชีวิตนั้นเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตนั้นจะสามารถดำรงชีวิตอยู่และถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังลูกหลาน

ง. สิ่งมีชีวิตย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในสปีชีส์เดียวกัน เรียกความแตกต่างนี้ว่าการแปรผัน (variation)

16 “ความแปรผัน ย่อมจะต้องมีบางลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะดังกล่าวย่อมจะดำรงชีวิตได้ดีและสามารถสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นต่อไป” ข้อความนี้สอดคล้องกับหลักการใด

ก. กฎแห่งการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ของลามาร์ก

ข. หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

ค. แนวคิดการเกิดวิวัฒนาการของลามาร์ก

ง. ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน

17 กฎการคัดเลือกตามธรรมชาติของดาร์วิน เป็นการประยุกต์ใช้ในการทดสอบการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียหรือไม่ อย่างไร

ก. เป็น การใช้ยาปฏิชีวนะกับเชื้อแบคทีเรีย จะมีทั้งแบคทีเรียที่ถูกยับยั้ง และแบคทีเรียที่สามารถวิวัฒนาการสายพันธุ์เพื่อให้อยู่รอดได้

ข. เป็น การใช้ยาปฏิชีวนะกับเชื้อแบคทีเรีย เชื้อแบคทีเรียจะสามารถวิวัฒนาการสายพันธุ์เพื่อให้อยู่รอดได้ทั้งหมด

ค. ไม่เป็น การใช้ยาปฏิชีวนะกับเชื้อแบคทีเรีย เชื้อแบคทีเรียจะต้องถูกยับยั้งทั้งหมด

ง. ไม่เป็น เมื่อมีการใช้ยาปฏิชีวนะกับเชื้อแบคทีเรีย เชื้อแบคทีเรียจะถูกยับยั้ง และนำกลับมาพัฒนาเพื่อทำเป็นเชื้อแบคทีเรียดื้อยา

18 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลิลและความถี่ของจีโนไทป์ในประชากรในข้อใด ที่จะสร้างยีนหรืออัลลิลรูปแบบใหม่ ๆ ในประชากร

ก. random mating

ข. natural selection

ค. large population size

ง. mutation

19 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. การคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้ลักษณะที่เหมาะสมคงอยู่ ในขณะที่ลักษณะที่ไม่เหมาะสมจะค่อย ๆ ถูกกำจัดออกไปจากประชากร

ข. การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของวิวัฒนาการ โดยจะเก็บลักษณะดีที่เกิดขึ้นระหว่างสางมีชีวิตนั้นมีชีวิตอยู่ไว้ในประชากร

ค. การคัดเลือกโดยธรรมชาติทำให้ลักษณะใหม่ทั้งหลายที่เกิดขึ้นจากมิวเทชั่นคงอยู่ในประชากร เนื่องจากเป็นลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

ง. การคัดเลือกโดยธรรมชาติจะเกิดขึ้นได้ ถ้าลักษณะที่เหมาะสมนั้นไม่ได้ถูกกำหนดโดยยีน

20 หากในอดีตชาวสุเมเรียน เป็นชนชาติแรกที่ใช้สารประกอบซัลเฟอร์ควบคุมแมลงศัตรูพืช ตั้งแต่ 4,500 ปีก่อนคริสตกาล แต่ในปัจจุบันยังพบแมลงต่าง ๆ ที่เป็นศัตรูของพืช นักเรียนจะสามารถอธิบายเหตุการดังกล่าวได้อย่างไร (ตามกฎการคัดเลือกตามธรรมชาติ)

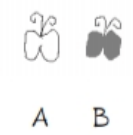
ก. ประชากรแมลงที่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้นั้นเกิดจากแมลงที่อพยพถิ่นฐานมาจากบริเวณอื่น

ข. ประชากรแมลงที่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้นั้น เกิดจากแมลงที่มียีนต้านทานแมลง โดยมนุษย์เป็นผู้ดัดแปลงพันธุกรรมเพื่อผลประโยชน์อื่น ๆ

ค. ประชากรแมลงที่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้นั้น เกิดการกลายพันธุ์มียีนที่สามารถต้านทานสารฆ่าแมลง ทำให้แมลงรุ่นต่อๆ ไป มียีนที่สามารถต้านทานสารฆ่าแมลงได้

ง. ประชากรแมลงที่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้นั้น เกิดจากแมลงที่มียีนต้านทานแมลงจากสัตว์อื่น ๆ ที่มีชนิดใกล้เคียงกันโดยมนุษย์เป็นผู้ดัดแปลง

21 ทดลองสุ่มนับประชากรผีเสื้อสปีชีส์เดียวกัน 2 สายพันธุ์ คือ A และ B ได้ผลดังตาราง นักเรียนจะสามารถสรุปข้อมูลจากตารางได้อย่างไร



จำนวน(ตัว) / สถานที่	สุ่มมา	A	B
กรุงเทพ	1,000	104	896
ดอยอินทนนท์	100	95	5

ก. ลักษณะความแปรผันมีผลต่อการอยู่รอดและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ข. ความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อสปีชีส์นี้

ค. สถานที่ทั้งสองแห่งมีความหลากหลายทางชีวภาพต่างกัน

ง. การปรับตัวของผีเสื้อทำให้ผู้ล่าซึ่งเป็นตัวคัดเลือกกินน้อยลง

22 หากนักเรียนนำทฤษฎีวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต ยุคใหม่ มาเสริมกับหลักวิวัฒนาการตามหลักทฤษฎีของดาร์วินจะสามารถสรุปได้อย่างไร

ก. สิ่งมีชีวิตในโลกเริ่มต้นจากบนบก

ข. สิ่งมีชีวิตมาจากอวกาศนอกโลก

ค. ลักษณะต่าง ๆ ของร่างกายสามารถถ่ายทอดพันธุกรรมได้

ง. ยีนมิวเทชันทำให้เกิดความแปรผันมาก

23 ในสวนสัตว์แห่งหนึ่งมีประชากรลิงจำนวน 300 ตัว ถ้าประชากรลิงนี้มีความถี่ของอัลลิล A = 0.8 และอัลลิล a = 0.2 และอยู่ในสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก จงคำนวณหาจำนวนลิงที่มีฟีโนไทป์เป็นลักษณะด้อย

ก. 12

ข. 48

ค. 192

ง. 0.04

24 ในสวนสัตว์แห่งหนึ่งมีประชากรลิงจำนวน 300 ตัว ถ้าประชากรลิงนี้มีความถี่ของอัลลิล A = 0.8 และอัลลิล a = 0.2 และอยู่ในสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก จงคำนวณหาจำนวนลิงที่มีฟีโนไทป์เป็นลักษณะเด่น

ก. 48 ตัว ข. 192 ตัว

ค. 240 ตัว ง. 300 ตัว

25 โรค Galatosemia เป็นยีนด้อยบน Autosome ในประชากร 40,000 คน พบผู้ที่เป็นโรค Galactosemia 16 คน จงหาว่าในประชากรกลุ่มนี้จะมีผู้ที่เป็นพาหะกี่คน

ก. 1568 คน
ข. 2000 คน
ค. 21568 คน
ง. 20000 คน

26 ประชากรแห่งหนึ่งบนเกาะ 10,000 คน มีหมู่เลือด B มากที่สุด โดยมีหมู่เลือด O 1,600 คน และ AB 1,600 คน จงหาว่าประชากรบนเกาะนี้ จะมีหมู่เลือด A กี่คน

ก. 400
ข. 800
ค. 1600
ง. 2000

27 มะเขือเทศมีผลสีแดง สีส้ม และสีเหลือง โดยมีอัลลิลที่ควบคุมลักษณะของผลมะเขือเทศ 2 อัลลิล สุ่มตัวอย่างประชากรมะเขือเทศจำนวน 200 ผล พบผลสีเหลือง 32 ต้น จงหาว่าจะมีประชากรมะเขือเทศผลสีส้มกี่ผล (เป็นไปตามหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก)

ก. 16 ข. 32
ค. 64 ง. 96

28 มะเขือเทศมีผลสีแดง สีส้ม และสีเหลือง โดยมีอัลลิลที่ควบคุมลักษณะของผลมะเขือเทศ 2 อัลลิล สุ่มตัวอย่างประชากรมะเขือเทศจำนวน 200 ผล พบผลสีเหลือง 32 ต้น จงหาว่าจะมีประชากรมะเขือเทศผลสีแดงกี่ผล (เป็นไปตามหลักการของฮาร์ดี – ไวน์เบิร์ก)

ก. 32 ข. 64
ค. 72 ง. 84

29 ประชากรของเต่ากลุ่มหนึ่ง มีสมาชิก 200 ตัว โดยเต่า 98 ตัว มีลักษณะเป็น homozygous dominance สำหรับสีน้ำตาล (BB) เต่า 84 ตัว มีลักษณะเป็น heterozygous (Bb) และอีก 18 ตัวที่เหลือมีลักษณะเป็น homozygous recessive จากข้อมูลที่กำหนดให้ ถ้าประชากรของเต่ากลุ่มนี้อยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก จงหาของแอลลีล B

ก. 0.7 ข. 7 ค. 0.3 ง. 3

30 ในจำนวนนักศึกษา 173 คน ปรากฏวา มีเลือดกลุม O = 78 คน, กลุม A = 71 คน, กลุม B = 17 คน และกลุม AB = คน จงคำนวณหาค่าความถี่ของฟีโนไทป์ของคนกลุ่ม B

ก. 0.098 ข. 0.98

ค. 9.8 ง. 98

31 ข้อใดแสดงความถี่จีโนไทป์ที่เป็นไปตามกฎสมดุลฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

ก. AA : Aa : aa = 0.49 : 0.42 : 0.09

ข. AA : Aa : aa = 0.42 : 0.42 : 0.42

ค. AA : Aa : aa = 0.42 : 0.49 : 0.42

ง. AA : Aa : aa = 0.42 : 0.21 : 0.42

32 ถ้าสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนไทป์ AA จะมีจำนวนอัลลิล 2 แอลลีลต่อจีโนไทป์หนึ่งชุด ดังนั้น ถ้าประชากรมีทั้งหมด 1000 ตัว จะต้องมีจำนวนอัลลิลรวมทั้งหมด 2000 อัลลิล การคำนวณหาค่าความถี่ a

ก. 0.7 ข. 0.07

ค. 0.3 ง. 0.03

33 ประชากรแห่งหนึ่งอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ลักษณะทางพันธุกรรมหนึ่งถูกควบคุมโดยอัลลิล C และ c จากสำรวจพบว่า 16% ของประชากรกลุ่มนี้แสดงลักษณะด้อย (สมมติให้ C เป็นยีนเด่น c เป็นยีนด้อย) จงพิจารณาหาความถี่แอลลีลของ C

ก. 60 ข. 6

ค. 0.6 ง. 0.06

34 ความถี่ของยีนในไก่ ฝูงหนึ่งที่มีลักษณะหงอนจัก (single comb) อยู่ 4 ตัว และมีหงอนกุหลาบ (rose comb) 96 ตัว จงหา พิจารณาหาจำนวนไกที่มีหงอนกุหลาบที่เป็นพันธุทาง (Rr)

ก. 32 ตัว ข. 42 ตัว

ค. 52 ตัว ง. 62 ตัว

35 สีของหนูถูกควบคุมด้วยยีนบน Autosome สีดำเป็นยีนเด่น สีขาวเป็นยีนด้อย ทั้งสองยีนข่มกันไม่ลง จากการสำรวจพบ B = 0.7 หากสุ่มเลือกหนูมาจำนวน 5,000 ตัว จะเป็นหนูสีดำทั้งหมดกี่ตัว

ก. 2540 ตัว ข. 2100 ตัว

ค. 450 คัว ง. 4550 ตัว

36 สีของหนูถูกควบคุมด้วยยีนบน Autosome สีดำเป็นยีนเด่น สีขาวเป็นยีนด้อย ทั้งสองยีนข่มกันไม่ลง จากการสำรวจพบ B = 0.7 หากสุ่มเลือกหนูมาจำนวน 5,000 ตัว จะเป็นหนูสีเทาทั้งหมดกี่ตัว

ก. 2540 ตัว ข. 2100 ตัว

ค. 450 ตัว ง. 4550 ตัว

37 สีของหนูถูกควบคุมด้วยยีนบน Autosome สีดำเป็นยีนเด่น, สีขาวเป็นยีนด้อย ทั้งสองยีนข่มกันไม่ลง จากการสำรวจพบ B = 0.7 หากสุ่มเลือกหนูมาจำนวน 5,000 ตัว จะเป็นหนูสีขาวทั้งหมดกี่ตัว

ก. 2540 ตัว ข. 2100 ตัว

ค. 450 ตัว ง. 4550 ตัว

38 มีประชากรลูกแมว 100 ตัว และ 36 ตัวเป็นสีส้ม (aa) จะมีลูกแมวเป็น Heterozygous ที่มีขนสีส้มกี่ตัว และมีลูกแมวเป็น Homozygous ที่มีขนสีน้ำตาลกี่ตัว

ก. 36 ข. 48

ค. 60 ง. 72

39 หมู่เลือดของคนในระบบ MN พบว่า M และ N เป็นอัลลิลเด่นร่วมกัน จากการสำรวจประชากร 5000 คนพบว่ามี MN 2000 คน MM 1000 คน และ NN 2000 คน จงหาความถี่ของอัลลิล M และ N

ก. 0.06 และ 0.04

ข. 0.04 และ 0.06

ค. 0.6 และ 0.4

ง. 0.4 และ 0.6

40 ยีนควบคุมการสร้างเม็ดสีในผิวหนังมีอัลลิล A และ a ถ้าความถี่ของอัลลิล ลักษณะผิวเผือก (a) ในประชากรเป็น 10% จงหาว่าใน 1000 คน จะมีพาหะทั้งหมดกี่คน

ก. 100 คน

ข. 180 คน

ค. 250 คน

ง. 500 คน

41 ในประชากร 10,000 คน พบว่ามีผิวเผือก 16 คน จงหาอัลลิลของคนผิวเผือก (a)

ก. 16 ข. 0.16

ค. 4 ง. 0.4

42 ในประชากร10,000 คน พบว่ามีผิวเผือก 16 คน จงหาความถี่จีโนไทป์ของคนผิวเผือก

ก. 800 คน ข. 1600 คน

ค. 3200 คน ง. 5000 คน

43 เพราะเหตุใดในธรรมชาติ ประชากรส่วนใหญ่จึงไม่อยู่ในสมดุลฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก

ก. เชื่อในกฎของดาร์วิน

ข. เนื่องจากในธรรมชาติมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ประชากรส่วนใหญ่จึงไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ทำให้ประชากรอยู่ในสมดุลฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก เช่น ไม่มีการเกิดมิวเทชัน หรือเกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ค. เนื่องจากในธรรมชาติมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ประชากรส่วนใหญ่จึงไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ทำให้ประชากรอยู่ในสมดุลฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก เช่น มีการเกิดมิวเทชัน หรือเกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา

ง. ทฤษฎีของลามาร์กเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมนั้นถูกต้องยิ่งกว่า

44 หลักการของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์กขัดแย้งกับแนวคิดของดาร์วินในข้อใด

ก. สิ่งมีชีวิตในประชากรต้องไม่มีการมิวเทชั่น

ข. สิ่งมีชีวิตจะต้องมีการผสมพันธุ์แบบสุ่ม

ค. สิ่งมีชีวิตต้องไม่ถูกคัดเลือกทางธรรมชาติ

ง. สิ่งมีชีวิตไม่มีการอพยพเข้าหรือออกจากประชากร

45 ถ้าประชากรนี้อยู่ในสมดุลฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก ความถี่ของอัลลิลด้อยในประชากรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างไรต่อไปในอีก 50 ชั่วรุ่น

ก. มีแนวโน้มไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลง

ข. มีแนวโน้มคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ค. มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงในรุ่นที่ 48

ง. มีแนวโน้มคงที่ในรุ่น 48

46 สำหรับ incomplete dominance หรือ Codominace ค่าความถี่จีโนไทป์โนไทป์ประชากรจะมีค่าเท่ากับความถี่ฟีโนไทป์เสมอ เพราะเหตุใด

ก. ลักษณะฟีโนไทป์แต่ละแบบจะถูกควบคุมโดยรูปแบบของจีโนไทป์หลายแบบ
ข. ลักษณะจีโนไทป์แต่ละแบบจะถูกควบคุมโดยรูปแบบของฟีโนไทป์เพียงแบบเดียวเท่านั้น
ค. ลักษณะฟีโนไทป์แต่ละแบบจะถูกควบคุมโดยรูปแบบของจีโนไทป์เพียงแบบเดียวเท่านั้น
ง. ลักษณะจีโนไทป์แต่ละแบบจะถูกควบคุมโดยรูปแบบของแอลลีลเพียงแบบเดียวเท่านั้น

47 Natural selection จะเกิดขึ้นได้เมื่อใด

ก. มีความแปรผัน
ข. มีความแปรผัน และการต่อสู้ดิ้นรน
ค. มีความแปรผัน การปรับตัว และการต่อสู้ดิ้นรน
ง. มีความแปรผัน การปรับตัว วิวัฒนาการ และ การต่อสู้ดิ้นรน

48 ข้อความใดต่อไปนี้กล่าว**ผิด**

ก. การคัดเลือกทางธรรมชาติเป็นกระบวนการคัดเลือกลักษณะที่สมบูรณ์และแข็งแรงที่สุด
ข. การคัดเลือกทางธรรมชาติไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจาก natural mutation
ค. Sexual reproduction เป็นกระบวนการสำคัญในการเกิด natural mutation
ง. การวิวัฒนาการจากการคัดเลือกทางธรรมชาติเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นแบบมีทิศทางแน่นอน

49 การที่พืชสไปเดอร์เวิร์ธ 2 สปีชีส์ ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ไม่มีโอกาสผสมพันธุ์กันได้ เป็นเพราะสาเหตุในข้อใด

ก. ช่วงเวลาการสังเคราะห์ด้วยแสงต่างกัน
ข. มีจำนวนกลีบดอกต่างกัน
ค. ออกดอกต่างฤดูกัน
ง. ความสูงของลำต้นต่างกัน

50 ข้อใดเป็นปัจจัยแรกที่ทำให้กบป่าและกบบูลฟรอก ไม่สามารถจับคู่ผสมพันธุ์กันได้ในธรรมชาติ

ก. มีพฤติกรรมการหากินต่างกัน
ข. มีแหล่งที่อยู่อาศัยต่างกัน
ค. มีช่วงเวลาผสมพันธุ์ต่างกัน
ง. มีอวัยวะสืบพันธุ์ต่างกัน

51 Positive assortative mating จัดเป็นการเลือกคู่ผสมพันธุ์แบบใด จะมีความสร้างสรรค์

ก. คู่ผสมพันธุ์ที่มีลักษณะที่อยู่อาศัยในสภาพแวดล้อมเหมือนหรือใกล้เคียงกัน

ข. คู่ผสมพันธุ์ที่มีนิสัยเหมือนหรือใกล้เคียงกัน

ค. คู่ผสมพันธุ์ที่มีฟีโนไทป์เหมือนหรือใกล้เคียงกัน

ง. คู่ผสมพันธุ์ที่มีจีโนไทป์เหมือนหรือใกล้เคียงกัน

52 พิจารณาข้อความต่อไปนี้

A การคัดเลือกทางธรรมชาติเป็นกระบวนการที่คัดเลือกจากฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิต

B แอลลีลด้อยของลักษณะทางพันธุกรรมคงอยู่ในประชากรเพราะการมี heterozygosity ของการข่มแบบสมบูรณ์

C การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเป็นสาเหตุหลักของการเกิดการคัดเลือกทางธรรมชาติในประชากร

ข้อความใดต่อไปนี้กล่าว**ถูกต้อง**

ก. A และ B

ข. A และ C

ค. B และ C

ง. A B และ C

53 ข้อใดต่อไปนี้**ไม่**เกี่ยวกับยีนพูล

ก. ผลรวมของยีนที่สนใจของสมาชิกทุกตัวในประชากร

ข. สมาชิกในประชากรต้องมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

ค. กลุ่มของยีนทั้งหมดที่จัดอยู่ใน gene family เดียวกัน

ง. ทุกข้อเกี่ยวข้องกับยีนพูลทั้งหมด

54 ถ้าประชากรแห่งหนึ่งมีการผสมพันธุ์ที่เป็น non – random mating โดยสมาชิกในประชากรมีการเลือกคู่ผสมพันธุ์ที่มีลักษณะฟีโนไทป์คล้ายกับตัวเอง ข้อใดต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ก. ความถี่อัลลิลควบคุมลักษณะคล้ายตนเองลดลง

ข. ความถี่อัลลิลที่ควบคุมลักษณะคล้ายตนเองเพิ่มขึ้น

ค. ความถี่อัลลิล คงที่ แต่ความถี่จีโนไทป์ที่เป็น hetrozygous เพิ่มขึ้น

ง. ความถี่แอลลีลคงที่ แต่ความถี่จีโนไทป์ที่เป็น homozygous เพิ่มขึ้น

55 ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการกำเนิดสปีชีส์แบบแอลโลพาทริก

ก. เกิดจากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์

ข. ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างกันในประชากรที่ถูกแยก

ค. มีการวิวัฒนาการให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมใหม่

ง. เมื่อประชากรมีโอกาสกลับมาอยู่ร่วมกันอีกจะสามารถผสมพันธุ์กันได้

56 จากกรณีการพบโรคจอประสาทตาเสื่อมในลูกหลานของประชากรผู้อพยพที่มาจากเกาะอังกฤษซึ่งมีพาหะของโรค ในอัตราที่สูงกว่าประชากรบนแผ่นดินใหญ่เมื่อเวลาผ่านไป กรณีดังกล่าวเป็นผลมาจากปัจจัยในข้อใด

ก. ปรากฏการณ์ผู้ก่อตั้ง

ข. การถ่ายเทยีน

ค. ปรากฏการณ์คอขวด

ง. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

57 ประชากรของสัตว์ชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่บนเกาะแห่งหนึ่งมีการอพยพเข้าออกตลอด ประชากรของสัตว์ บนเกาะแห่งนี้มีแนวโน้มที่ความถี่ของแอลลีลของยีนใดยีนหนึ่งในประชากรจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

ก. ไม่ เพราะประชากรของสัตว์ชนิดนี้มีขนาดใหญ่มาก ซึ่งถ้าหากไม่มีมิวเทชัน ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างประชากร สัตว์ทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน ไม่เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ความถี่ของอัลลิลในประชากรนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง

ข. ไม่ เพราะประชากรของสัตว์ชนิดนี้มีขนาดใหญ่มาก ซึ่งถ้าหากไม่มีมิวเทชัน ไม่มีการถ่ายเทยีนระหว่างประชากร สัตว์ทุกตัวมีโอกาสผสมพันธุ์ได้เท่ากัน ไม่เกิดกฎการใช้ไม่ใช้ ความถี่ของอัลลิล ในประชากรนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง

ค. ใช่ เพราะมีการอพยพเข้าของประชากรสัตว์ชนิดเดียวกันจากที่อื่นก็อาจทำให้ความถี่ของอัลลิลเปลี่ยนแปลงได้

ง. ใช่ เพราะการอพยพเข้าของประชากรสัตว์ชนิดเดียวกันจากที่อื่นทำให้ความถี่ของอัลลิลไม่เปลี่ยนแปลง

58 ข้อใด**ไม่ใช่**กลไกลการแบ่งแยกมิให้ผสมข้ามสายพันธุ์ที่เป็นกลไกการแบ่งแยกระยะก่อนไซโกต

ก. ระยะเวลาการผสมพันธุ์

ข. พฤติกรรมการผสมพันธุ์

ค. ลูกที่ผสมได้ตายก่อนวัยเจริญพันธุ์

ง. โครงสร้างอวัยวะสืบพันธุ์

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

- หลักฐานการผ่านการอบรมหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Human Subject Protection Course)

หลักฐานการผ่านการอบรมหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
(Human Subject Protection Course)

NECAST

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT)

certify that

ศรัณย์พร สุดโต

has completed the

Human Subject Protection (HSP)

E - Learning

Date approved

(27/8/2023)

Date expired

(27/8/2025)

(Dr.Wiparat De-arag)

BUU IRB Approved

22 Feb 2024

Executive Director

National Research Council of Thailand

Activate Windows
Go to Settings

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศรัณย์พร สุดโต
วัน เดือน ปี เกิด	17 กันยายน พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 10/1 หมู่ 5 ตำบลพลา อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง 21130
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2567 การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา
รางวัลหรือทุนการศึกษา	-