ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธัญชนก ทาระเนตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธัญชนก ทาระเนตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION APPROACH ON SCIENTIFIC CREATIVE THINKING AND LEARNING ACHIEVEMENT IN DNA TECHNOLOGY OF 10TH GRADE STUDENTS

THANCHANOK TARANATE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ธัญชนก ทาระเนตร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่ 16 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่ 4 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

61920129: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ธัญชนก ทาระเนตร : ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION APPROACH ON SCIENTIFIC CREATIVE THINKING AND LEARNING ACHIEVEMENT IN DNA TECHNOLOGY OF 10TH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นพมณี เชื้อวัชรินทร์, เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง โดยดำเนินการทดลองแบบ One group pre-test post-test design กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าทีแบบไม่อิสระและการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์

ผลการวิจัยพบว่า

1. คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. คะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

61920129: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)

KEYWORDS: STEAM EDUCATION, SCIENTIFIC CREATIVE THINKING

THANCHANOK TARANATE : THE EFFECTS OF STEAM EDUCATION APPROACH ON SCIENTIFIC CREATIVE THINKING AND LEARNING ACHIEVEMENT IN DNA TECHNOLOGY OF 10TH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: NOPMANEE CHAUVATCHARIN, Ph.D., CHADE SIRISAWAT, Ph.D. 2021.

This research was aimed to study the effects of STEAM education approach on scientific creative thinking and science learning achievement in DNA technology. This research was a quasi-experimental research conducting one group pre-test post-test design experiment. The sample consisted of 40 students of 10th grade in the 1st semester of the 2020 academic year at Banglamung school in Chonburi province selected by cluster random sampling method. The research instruments were STEAM education lesson plan, scientific creative thinking test and science achievement test in DNA technology. The data were analyzed by mean, percentage, standard deviation, and *t-test*.

The research results were that;

1. The posttest score of scientific creativity after learning by STEAM education was higher than pretest scores with statistical significant at .05.

2. The posttest score of science achievement after learning by STEAM education was higher than pretest scores and higher than the criteria of 60%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น ดร.สมศิริ สิงห์ลพ ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ นายจักรกฤช เลื่อนกฐิน และนางวัลยา เลื่อนกฐิน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนายสยาม มากอุส่าห์ ผู้อำนวยการโรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงสมาชิกครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาจารย์ นักเรียน และบุคลากรของโรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรีทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ พี่สาว ญาติสนิททุกท่าน และนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาทุกท่านที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ธัญชนก ทาระเนตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

จุดประสงค์ของการวิจัย 9

สมมติฐานของการวิจัย 9

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 10

นิยามศัพท์เฉพาะ 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 15

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา 17

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 25

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 40

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 54

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 54

รูปแบบการวิจัย.....54
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....55
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....55
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....70
การวิเคราะห์ข้อมูล.....71
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....71
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....76
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....76
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....83
สรุปผลการวิจัย.....84
อภิปรายผลการวิจัย.....84
ข้อเสนอแนะ.....89
บรรณานุกรม.....91
ภาคผนวก ก.....99
ภาคผนวก ข.....108
ภาคผนวก ค.....132
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....179

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง	16
2-2	รูบริคประเมินการออกแบบการแก้ปัญหา	31
2-3	โครงสร้างของ The Creative Scientific Ability Test; C-SAT	32
2-4	รูบริคเกณฑ์ประเมินความคิดสร้างสรรค์จากคุณลักษณะผลงาน	34
3-1	แบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest posttest design	55
3-2	โครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	57
3-3	ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	62
3-4	เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากเกณฑ์การประเมินของ Torrance (1992) ร่วมกับเกณฑ์การประเมินของ Clary, Brzuszek, and Fulford (2011)	62
3-5	ช่วงคะแนนร้อยละและระดับคุณภาพของแบบทดสอบและระดับคุณภาพของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	65
3-6	ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	67
4-1	การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-2	การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป	78
4-3	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และระดับคุณภาพขององค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	79
4-4	การเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	80
4-5	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Klopfer ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	81
4-6	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ (One sample *t-test*)	81
4-7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Klopfer หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ร้อยละ 60)	82
ข-1	ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข-2	ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหาขนาด DNA โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส	110
ข-3	ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	111
ข-4	ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอด้านนิติวิทยาศาสตร์	112
ข-5	ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม	113
ข-6	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	114
ข-7	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข-8	ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดสอบ (Try-out) โดยผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน	121
ข-9	ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดสอบ (Try-out) โดยผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 จำนวน 40 คน	122
ข-10	คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	124
ข-11	คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยี ทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4……	127
ข-12	ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*)	129
ข-13	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*)	130
ข-14	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*)	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แสดงโครงสร้างสะตีมศึกษาของ Yakman	20
2-2	Scientific Creativity Structure Model ; SCSM	28

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทอย่างมากในโลกปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่าง ๆ รวมถึงเครื่องมือเครื่องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกต่าง ๆ ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์แทบทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้คนได้พัฒนาความคิด วิธีคิด ความคิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดวิจารณ์ คิดสร้างสรรค์ รวมทั้งมีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ถือได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่เป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อให้รู้และความเข้าใจโลกธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น เนื่องด้วยความรู้วิทยาศาสตร์นั้นช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีตลอดจนพัฒนาสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน (กรมวิชาการ, 2551, หน้า 1)

จากความสำคัญของวิทยาศาสตร์ข้างต้นจึงได้มีการนำเอารายวิชาวิทยาศาสตร์มาสู่เข้าห้องเรียน และสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการนำหลักสูตรสู่การปฏิบัติในชั้นเรียนให้ผู้เรียนมีคุณภาพตามที่หลักสูตรกำหนด ซึ่งในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดจุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและกรอบทิศทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีระดับโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 75) และจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งการแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยในปัจจุบันกระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.

2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งเป็นไปตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 กระทรวงศึกษาธิการ โดยสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา เพื่อให้มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) กรอบทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) อันเนื่องจากการปฏิวัติดิจิทัล (Digital revolution) การเปลี่ยนแปลงสู่อุตสาหกรรม 4.0 (The Fourth Industrial Revolution) และความต้องการกำลังคนที่มีทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อพัฒนาคนไทยทุกช่วงวัยให้มีความเจริญงอกงามทุกด้าน เพื่อเป็นต้นทุนทางปัญญาที่สำคัญในการพัฒนาทักษะ คุณลักษณะและสมรรถนะในการประกอบสัมมาชีพ และการดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุขอันจะนำไปสู่เสถียรภาพ และความมั่นคงของสังคมและประเทศชาติที่ต้องพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมนานาประเทศในเวทีโลกท่ามกลางกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ 21 เพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์อีกด้วย นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเพื่อให้มีความทันสมัยต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ และทัดเทียมกับนานาชาติ

นอกจากนี้ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 มีเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner aspirations) โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) ประกอบด้วย ทักษะและคุณลักษณะ 3Rs ได้แก่ การอ่านออก (Reading) การเขียนได้ (Writing) และการคิดเลขเป็น (Arithmetic) ทักษะและคุณลักษณะ 8Cs ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical thinking and Problem Solving) ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and innovation) ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (Cross – cultural understanding) ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership) ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information and Media Literacy) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ (Career and Learning Skills) และความมีเมตตา กรุณา มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม (Compassion)

โดยหนึ่งในทักษะที่เน้นคือความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and innovation) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ทำขึ้นโดยไมโครซอฟท์และไอดีซี ระบุถึงสถานการณ์

ในปัจจุบันพบว่าแทบทุกองค์กรในประเทศไทยต่างกำลังเดินหน้าไปบนเส้นทางของการขับเคลื่อนธุรกิจด้วยปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI กันแทบทั้งสิ้นเพื่อการขับเคลื่อนและยกระดับขีดความสามารถของการทำธุรกิจ แต่ในขณะเดียวกันก็ยังต้องคำนึงถึงการพัฒนาคนเพื่อสร้างความเปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืนในอนาคตโดยเฉพาะอย่างยิ่งความคิดสร้างสรรค์มากถึงร้อยละ 52 (ศูนย์ข่าวสารประเทศไทย, 2561) นอกจากนี้วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ (2559) ได้กล่าวว่าการทำงานและการใช้ชีวิตในสังคมวันนี้ต่างจากเดิมมากโลกทุกวันนี้ต้องการคนที่มีทักษะการคิดมากกว่าเดิม รวมทั้งต้องการคนที่มีความคิดสร้างสรรค์มากกว่าที่ผ่านมา ประเทศที่ขาดคนคิดสร้างสรรค์จะพัฒนาได้ช้าและต้องขายทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่เพื่อนำรายได้มาพัฒนาประเทศ ส่วนประเทศที่มีคนคิดสร้างสรรค์จำนวนมาก ก็จะมีการคิดค้นนวัตกรรม ขายความคิด นำรายได้มาพัฒนาประเทศได้อย่างยั่งยืน ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกจึงเร่งปฏิรูปการศึกษา สำหรับหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการปฏิรูปการศึกษาของทุกชาติก็เพื่อให้ประชาชนของประเทศตนมีทักษะในการคิด ทั้งการคิดวิเคราะห์ และการคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นเรื่องของการจินตนาการมาสร้างขั้นตอนกระบวนการโดยอ้างอิงจากทฤษฎีความรู้เพื่อนำไปสู่การค้นพบใหม่เกิดเป็นนวัตกรรมที่ใช้ตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิต และนำไปสู่การเป็นผู้ผลิตและผู้ประกอบการต่อไป การคิดอย่างสร้างสรรค์ มีการใช้เทคนิคสร้างมุมมองอย่างหลากหลาย มีการสร้างมุมมองที่แปลกใหม่อาจเป็นการปรับปรุงพัฒนาเพียงเล็กน้อย หรือทำใหม่ที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง เปิดกว้างในความคิดเห็นที่ร่วมกันสร้างความเข้าใจ วิเคราะห์ ปรับปรุง และประเมินมุมมอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ในการพัฒนา ลงมือปฏิบัติ และสื่อสารมุมมองใหม่กับผู้อื่นอยู่เสมอ นอกจากนี้ให้มองความล้มเหลวเป็นโอกาสแห่งการเรียนรู้ และการประยุกต์สู่นวัตกรรมที่มีการลงมือปฏิบัติตามความคิดสร้างสรรค์ให้ได้ผลสำเร็จที่เป็นรูปธรรม รวมทั้งสุพัตรา ทาวงศ์ (2554) ยังกล่าวอีกว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดของสมองซึ่งเป็นความสามารถในการคิดได้หลากหลายและแปลกใหม่จากเดิม สามารถนำไปประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการได้อย่างรอบคอบและมีความถูกต้อง จนนำไปสู่การคิดค้นและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่หรือรูปแบบความคิดใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับวีณา ประชากูล (2549, หน้า 160-161) ยังได้กล่าวอีกว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะคนที่มีความคิดสร้างสรรค์มักจะเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะนำความเจริญก้าวหน้ามาสู่ประเทศชาติ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์มีบทบาทที่สำคัญ และเป็นที่ต้องการของสังคมปัจจุบันอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทำให้ขบคิด แก้ปัญหาพร้อมที่จะกระทำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมโดยส่วนรวม

แต่เนื่องด้วยในปัจจุบันกลับพบว่าเรื่องของความคิดสร้างสรรค์โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในนักเรียนไทยกลับลดลงเรื่อย ๆ ดังเช่น สิทธิชัย สายเสมา (2557) ผู้สร้างโมเดลการเรียนรู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานสำหรับเด็กไทย Creative based learning ได้อธิบายถึงเรื่องนี้ว่าในยุคสมัยปัจจุบันการประกอบอาชีพต้องการคนที่มีทักษะการสื่อสาร รวมทั้งทักษะการทำงานเป็นทีมและที่สำคัญคือทักษะการคิดสร้างสรรค์ ไม่ใช่เพียงแค่ต้องการคนที่มีความรู้พื้นฐานเท่านั้น และจากประสบการณ์การสอนในช่วงระยะเวลา 10 ปี พบว่านักเรียนไทยมีความคิดสร้างสรรค์ลดลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ถนัดการทำตามแบบหรือทำตามสิ่งที่นักเรียนเคยพบมาก่อนมากกว่าการพยายามที่จะคิดผลงานขึ้นมาใหม่เป็นของตนเอง นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่แสดงให้เห็นถึงการมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับจินตนา เทศแอม (2551, หน้า 74-77) ที่รายงานไปในทำนองเดียวกันว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แสดงพฤติกรรมว่ามีปัญหาด้านความคิดสร้างสรรค์ขณะเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พฤติกรรมดังกล่าวได้แก่ นักเรียนไม่กล้าซักถามและคิดลอกเลียนแบบผู้อื่นบ่อยครั้ง รวมทั้งไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเครื่องมือในการคิดแก้ปัญหาเช่นกัน รวมทั้งจากประสบการณ์การสอนที่ผ่านมาของผู้วิจัยเองพบว่าการเรียนการสอนที่มีครูเป็นผู้สอนแต่เนื้อหาในตำราหรือกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีการซักถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน โดยอาจจะใช้วิธีการเรียกตอบหรือบางโอกาสอาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ถามได้ตอบคำถามก็จะพบว่ามีแต่นักเรียนคนเดิมหรือกลุ่มเดิม ๆ เท่านั้นที่ตอบและซักถามมีความกล้าแสดงออก แต่ก็จะมีนักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือมักจะตอบคำถามตามคำตอบในหนังสือเรียนเท่านั้นไม่กล้าที่จะตอบตามความเข้าใจของตนเองหรือคิดนอกกรอบ แต่เมื่อผู้วิจัยได้ทดลองใช้การเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นทีมและร่วมกันออกแบบชิ้นงานตามสถานการณ์หรือโจทย์ที่กำหนดให้กลับพบว่านักเรียนที่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นในห้องเรียนปกตินั้นกลับเป็นกลุ่มที่มีส่วนร่วมมีบทบาทและได้แสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์และความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่มากกว่าที่ผ่านมา

ดังนั้นในกระบวนการเรียนการสอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับวิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ (2559) ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และแนวทางการสอนเพื่อสร้างผู้เรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้แก่นักเรียนได้นั้นกระบวนการสอน

ในห้องเรียนควรใช้แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อสร้างบนรีโมทใหม่จุดประกายความอยากรู้ของนักเรียน สร้างห้องเรียนให้เป็นเวทีแสดงผลงานให้เสรีภาพแก่ผู้เรียนเป็นห้องเรียนที่แบ่งปันเรียนรู้และสร้างผลงานร่วมกัน การสอนแบบนี้คือส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดห้องเรียนแห่งอนาคตส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ อารี พันธ์มณี (2558, หน้า 5) สรุปผลการศึกษาของการสอนที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์พบว่าการสอนแบบบูรณาการและการสอนตามแนวการสร้างความรู้ด้วยตนเองจะทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2557) ยังได้กล่าวอีกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผลคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด รวมทั้งมีการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ นอกจากเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์แล้วยังต้องเน้นทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยีเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต นอกจากนี้ยังต้องพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ซึ่งสอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของคนในโลกยุคปัจจุบัน คนไทยในฐานะการเป็นพลเมืองของโลกที่มีการดำรงชีวิตท่ามกลางโลกแห่งเทคโนโลยีเป็นยุคผลผลิตนิยมจะเป็นยุคแข่งขันกันคิดนวัตกรรมที่ใช้ตอบสนองในชีวิตประจำวันและชีวิตการทำงานทุกกลุ่มอาชีพ ซึ่งถือเป็นเจ้าความคิดและผู้นำการสร้างผลผลิตสู่เวทีการค้าและแข่งขันเวทีเศรษฐกิจโลก การสร้างทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ประดิษฐ์สร้างสรรค์นวัตกรรมขึ้นใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างพอเพียงเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้ในสาระหลักไปบูรณาการสั่งสมประสบการณ์ รวมทั้งต้องรู้จักคิดวิเคราะห์มีความคิดสร้างสรรค์ มีความมั่นใจในตนเอง แสวงหาความรู้ รู้เท่าทันสาระสนเทศในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง คิดสร้างสรรค์ เรียนรู้เป็นผู้ประกอบการ และผู้ผลิต มุ่งความเป็นเลิศ อดทนทำงานหนัก ทำงานเป็นทีมได้ มีความรับผิดชอบต่อส่วนรวม คำนึงถึงสังคม มีคุณธรรม ยึดมั่นในสันติธรรมและมีความเป็นไทย

จากปัญหาเรื่องความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ถือว่ามีความสำคัญอย่างมากกับทางโรงเรียนบางละมุง ทั้งนี้เนื่องด้วยโรงเรียนบางละมุง ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอบางละมุง จังหวัด

ชลบุรี ซึ่งอยู่ภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นฐานการผลิตอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน และมีความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญเพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม จึงสามารถพัฒนาต่อยอดสู่การเป็น “ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor : EEC)” ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง เพื่อให้เป็นพื้นที่เศรษฐกิจชั้นนำของเอเชียที่จะสนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งการยกระดับคุณภาพชีวิตและรายได้ของประชาชน โดยกระทรวงศึกษาธิการได้มีแผนพัฒนาการศึกษาในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (พ.ศ. 2560-2564) ซึ่งเป็นการดำเนินการรองรับนโยบายการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกของรัฐบาลในการมุ่งให้ประเทศไทยเป็น Thailand 4.0 โดยแผนพัฒนาการศึกษาฯ ดังกล่าวได้มีแนวทางพัฒนาบุคลากร และการศึกษามุ่งเน้นสร้างความตระหนักแก่เด็กและเยาวชนให้เห็นถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในการพัฒนาและสร้างสรรค์นวัตกรรมการประดิษฐ์ต่าง ๆ

นอกจากปัญหาเรื่องความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่พบแล้ว ปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ก็มีความสำคัญสำหรับการพัฒนาผู้เรียน และปัญหาดังกล่าวพบว่าทางโรงเรียนบางละมุงนั้นมีค่าคะแนนเฉลี่ยจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งจากค่าสถิติของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในช่วง 4 ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปีการศึกษา 2559-2562 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าปีการศึกษา 2559 ปีการศึกษา 2560 และปีการศึกษา 2562 มีค่าลดลงตามลำดับดังนี้ 35.76 32.04 และ 31.37 คะแนน นอกจากนี้ปีการศึกษา 2560 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียน (32.04 คะแนน) ซึ่งต่ำกว่าระดับเขตพื้นที่ (33.43 คะแนน) และระดับประเทศ (32.28 คะแนน) และในปีการศึกษา 2562 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนลดลงจากปีการศึกษาที่ผ่านมาอย่างเห็นได้ชัด คือ 31.37 คะแนน นอกจากนี้ผลคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผลคล้ายกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คือ ปีการศึกษา 2559 ปีการศึกษา 2561 และปีการศึกษา 2562 มีค่าลดลงตามลำดับดังนี้ 32.16 30.47 และ 29.21 คะแนน และปีการศึกษา 2562 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนลดลงจากปีการศึกษาที่ผ่านมาอย่างเห็นได้ชัด คือ 29.21 คะแนน ด้วยเช่นกัน และทางโรงเรียนยังให้ความสำคัญของการวัดและประเมินผลการทดสอบทักษะและความรู้ความสามารถของนักเรียน (Program for International Student Assessment ; PISA) ซึ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนในห้องเรียนไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิต หรือสถานการณ์จริงได้โดยไม่สนใจว่านักเรียนจดจำเนื้อหาที่เรียนไปได้มากแค่ไหน

จากประกาศกระทรวงศึกษาธิการเรื่องนโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ.2563 ได้ระบุจุดเน้นในระดับมัธยมศึกษาโดยมุ่งเน้นจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ (STEM) โดยผู้วิจัยได้เพิ่มเติมในส่วนของศิลปะเข้าไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากศิลปะมีส่วนช่วยส่งเสริมเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นไปตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ส่งเสริมการเรียนรู้แบบ STEAM ด้วยเช่นกันโดยเน้นกระบวนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านชิ้นงานศิลปะ ช่วยในการผ่อนคลายด้วยการระบายความรู้สึกนึกคิดอย่างอิสระ พัฒนาจิตใจเกิดสุนทรียภาพความงามภายใน การส่งเสริมให้เด็กและเยาวชนได้พัฒนาศักยภาพทั้งด้านวิทยาศาสตร์และศิลปะไปพร้อมกันจึงเป็นการพัฒนาให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ด้วยการทำงานของสมองทั้งซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล กิจกรรมการวาดภาพถือเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์และศิลปะเข้าด้วยกัน ตามแนวทางของการจัดการการเรียนรู้แบบ STEAM ศึกษา ได้ผลอย่างดียิ่งในการส่งเสริมพัฒนาเด็ก ซึ่งเป็นนโยบายสำคัญในการพัฒนาการศึกษาไทย โดยจากข้อมูลของกรรณิการ์ ฤกษ์โอภาส (2561) กล่าวว่ามนุษย์แบ่งเป็น 2 ประเภทประเภทแรกคือมนุษย์ที่ถนัดใช้สมองซีกซ้าย (left-brained) ซึ่งมีความถนัดทางด้านการคิดการคำนวณ หรือกล่าวคือพวกถนัดทักษะทางด้าน STEM ซึ่งส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นหมอ วิศวกรนักวิทยาศาสตร์ ประเภทที่ 2 คือมนุษย์ที่ถนัดใช้ถนัดที่ใช้สมองซีกขวา (right-brained) ซึ่งจะถนัดใช้จินตนาการกับความคิดสร้างสรรค์ เหมาะที่จะเป็นศิลปิน นักการศึกษาที่เชี่ยวชาญด้านนี้มองว่า นักประดิษฐ์ หรือบุคคลที่มีชื่อเสียงหลายคนจากทั่วทุกมุมโลก ไม่ใช่เพียงมีแค่ความเป็นนักวิทยาศาสตร์ แต่ยังมีความเป็นศิลปินอยู่ในตัวเองด้วย แสดงว่าหากคนเราสามารถใช้สองทั้ง 2 ซีกได้อย่างสมดุล บูรณาการ STEM + ทักษะทางศิลปะ = STEAM ซึ่งจะทำให้เกิดความคิดแบบองค์รวม (Holistic way) องค์ประกอบสำคัญของ STEAM คือ ต้องมีการเรียนรู้อย่างน้อย 2 หัวข้อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือศิลปะ และสามารถเกี่ยวโยงไปหัวข้ออื่น ๆ ได้ เน้นในด้านการทดลอง ทำงานร่วมกัน และใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ให้ความสำคัญกับการนำศิลปะด้านต่าง ๆ มาประยุกต์และใช้ประกอบกับการเรียนด้านอื่น ๆ โดยพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ในโรงเรียนทั่วโลกได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเกาหลีซึ่งประสบความสำเร็จในการจัดการศึกษาแนว STEAM เป็นอย่างดีที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทำงานในบริบทและสภาพแวดล้อมของผู้เรียน เป็นการส่งเสริมการคิดความสามารถที่หลากหลายมุ่งสู่การมีวิชาการและทักษะการใช้ชีวิตควบคู่กันไปบนความเป็นมาตรฐาน การเรียนรู้จากของจริง การค้นหาสืบค้นเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมและสิ่งใกล้ตัว (Yakman & Lee, 2012, pp. 1072-1086) นอกจากนี้โรงเรียน

Canadian International School ได้นำแนวคิดการศึกษาแบบ STEAM Education มาปรับใช้ในโรงเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งการนำวิชาศิลปะมาสอนเชื่อมโยงกับวิชาแกนหลักที่เหลือซึ่งทั้งหมดเป็นสายวิทยาศาสตร์ก็ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้น เช่น สมมุติว่าให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันช่วยกันออกแบบ gadget ที่พกพาได้ หากเป็นแบบแนวคิดการศึกษาดั้งเดิมที่เรียนแยกส่วนกันนักเรียนที่ถนัดในวิศวกรรมศาสตร์ก็จะคิดแต่ว่าจะให้สิ่งประดิษฐ์เหล่านี้ทำงานอย่างไร ในขณะที่นักเรียนที่ถนัดในศิลปะก็จะมองแต่ว่าจะให้สิ่งประดิษฐ์นี้สวยงามประทับใจผู้ใช้งาน อย่างไรแต่หากให้นักเรียนเชื่อมโยงทั้ง 2 วิชาเข้าด้วยกันนักเรียนก็จะคิดใหม่ว่าจะออกแบบสิ่งประดิษฐ์มีให้ทำงานอย่างไรพร้อม ๆ กันออกแบบให้มีความสวยงามน่าใช้ด้วย เป็นต้น (เรียนสิงคโปร์ดอทคอม, 2553) นอกจากนี้สมรัก อินทวิมลศรี (2560, หน้า 140) ได้สรุปผลการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน รวมทั้ง ชนัฎดา ภูโปร่ง (2559, หน้า 790) สรุปการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาซึ่งพัฒนาจากรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาตามพื้นฐานแนวคิดการบรูณาการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิตพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับหทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล (2558, หน้า 123) สรุปความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา พบว่ามีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังการจัดประสบการณ์สูงกว่าก่อนการจัดประสบการณ์

ดังนั้นสำหรับการแก้ไขปัญหาข้างต้นพบว่ากระบวนการเรียนการสอนที่เหมาะสมและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่า สะตีมศึกษา (STEAM Education) ซึ่งเป็นแนวคิดที่พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา STEM โดยเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวทางด้านการสอน ซึ่งการเพิ่มศิลปะศาสตร์เข้าไปจะช่วยให้การเรียนวิทยาศาสตร์เกิดการเชื่อมโยงความรู้และเข้าใจเนื้อหา (Yakman, 2008, p.11) เพื่อให้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปะศาสตร์ (เน้นการคิดเชิงสร้างสรรค์) และวิทยาศาสตร์ (เน้นการคิดเชิงวิชาการ)

ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนมีอิสระในการทำงานเพราะนักเรียนแต่ละคนย่อมมีความถนัดและความสามารถต่างกัน จึงเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ร่วมกันเกิดความรู้ความเข้าใจ และความสามัคคีในการทำงาน (Park & Shin, 2012)

จากที่มาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีจุดประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

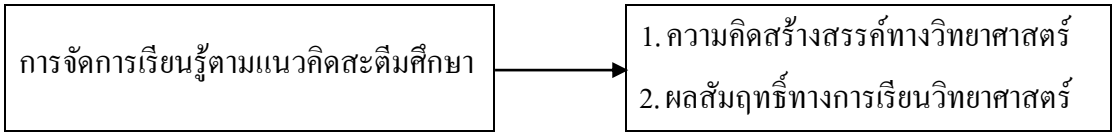
สมมติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียน
2. คะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัย ดังนี้



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จะให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา และสามารถบูรณาการในรายวิชาอื่น ๆ ได้

2. นักเรียนได้พัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อสามารถนำความรู้และกระบวนการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ รวมทั้งในชีวิตประจำวันของตนเองได้

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 5 ห้องเรียนที่คละความสามารถ รวม 193 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม คือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 14 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง และสำหรับ Pre-test และ Post-test ใช้เวลาดำเนินการอย่างละ 100 นาที โดยให้ผู้ช่วยวิจัยดำเนินการสอบนอกเวลาการเรียนการสอนและประเมินผล

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โดยบูรณาการและเชื่อมโยงกันของเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และการแก้ไขปัญหา มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่เลือกกำหนด วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) นักเรียนสร้างผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมาย โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนนำเสนอผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมายหน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินแบบรูบริค

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมีองค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ลักษณะ ดังนี้

1) ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันและมีความเป็นไปได้ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาอันจำกัด

2) ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้อง ให้หลากหลายประเภท การจัดกลุ่ม หรือหมวดหมู่ที่ไม่ซ้ำกัน และมีความเป็นไปได้

3) ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Originality) คือ ความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากเดิมหรือแตกต่างจากบุคคลอื่นและสอดคล้องกับบริบท

4) ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration) คือ ความสามารถในการคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่งเพื่อให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบวัดข้อสอบอัตนัยในลักษณะเขียนตอบ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้คำถามหรือสถานการณ์แบบปลายเปิดเพื่อวัดองค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ลักษณะ ได้แก่ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่กำหนดให้ โดยที่ผู้วิจัยสร้างคำถามแบบทดสอบด้วยตนเอง และประยุกต์ใช้เกณฑ์การประเมินตามแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (เกณฑ์ประเมินความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์, ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์) ของ Torrance (1992) ร่วมกับเกณฑ์การประเมิน (เกณฑ์ประเมินวัดความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์) ของ Clary, Brzuszek, and Fulford (2011) จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 40 นาที

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากการเรียนการสอน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที โดยวัดครอบคลุมตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ

2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

5. เกณฑ์ร้อยละ 60 หมายถึง เกณฑ์กำหนดค่าเป้าหมายของโรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี เพื่อการพัฒนาตามมาตรฐานการศึกษาของสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษา ตามมาตรฐานที่ 1 ด้านคุณภาพผู้เรียน ได้กำหนดการผ่านเกณฑ์ไว้ไม่ต่ำกว่าระดับผลการเรียน 2.00 คือตั้งแต่ช่วงคะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป โดยใช้เกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มี 8 ระดับ ดังนี้

ระดับผลการเรียน	4	ความหมาย	ดีเยี่ยม	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	100-80
ระดับผลการเรียน	3.5	ความหมาย	ดีมาก	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	75-79
ระดับผลการเรียน	3	ความหมาย	ดี	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	70-74
ระดับผลการเรียน	2.5	ความหมาย	ค่อนข้างดี	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	65-69
ระดับผลการเรียน	2	ความหมาย	ปานกลาง	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	60-64
ระดับผลการเรียน	1.5	ความหมาย	พอใช้	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	55-59
ระดับผลการเรียน	1	ความหมาย	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	50-54
ระดับผลการเรียน	0	ความหมาย	ต่ำกว่าเกณฑ์	ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	0-49

6. ระดับดี หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละขั้นต่ำหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แล้วนักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพดีขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยประยุกต์ใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพของการวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนนร้อยละ	76-100	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
คะแนนร้อยละ	51-75	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
คะแนนร้อยละ	26-50	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปานกลาง
คะแนนร้อยละ	0-25	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ควรปรับปรุง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
    1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
    1.2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
    2.1 แนวคิดและความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
    2.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
    2.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
    2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.1 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.2 ความหมายและองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.3 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.2 ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.3 ประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.4 ลักษณะของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 4-5)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของ

เอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ตารางที่ 2-1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 142)

ผลการเรียนรู้	**สาระการเรียนรู้แกนกลาง**
1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ 2. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	- มนุษย์นำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ และเภสัชกรรม เช่น การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เพื่อผลิตยาและวัคซีน ด้านการเกษตร เช่น พืชดัดแปรพันธุกรรมที่ต้านทานโรคหรือแมลง สัตว์ดัดแปรพันธุกรรมที่มีลักษณะตามที่ต้องการ และด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อหาความสัมพันธ์ทางสายเลือด หรือเพื่อหาผู้กระทำผิด - การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบทางด้านสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

แนวคิดและความหมายของสะตีมศึกษา

จากการสืบค้นเกี่ยวกับแนวคิดและความหมายของสะตีมศึกษา มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

Yakman (2010, p. 1) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสะตีมศึกษากล่าวว่า คือรูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีรายวิชาดั้งเดิม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาประกอบเป็นกรอบความคิดเพื่อวางแผนหลักสูตรบูรณาการ นอกจากนี้ยังระบุลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาว่าจะต้องประกอบไปด้วย 1) สถานการณ์ (Situation) 2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา (Creative design) และ 3) มีความดึงดูดเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (emotional touch)

Fioriello (2010) ได้กล่าวว่าแนวคิด STEAM นั้นพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Foundation : NSF) เป็นผู้ริเริ่มใช้คำดังกล่าว โดยในอดีตทั่วไปการจัดการเรียนการสอนนั้นจะแยกตามสาระวิชาซึ่งต่างจากหลักการของสะเต็มนั้นจะนำสาระและสาขาวิชาทั้งสี่สาขามาบูรณาการกันโดยใช้เทคโนโลยีสื่อผสมผสาน ช่วยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และหาวิธีใหม่ในการแก้ปัญหาและนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้

Riley (2014) กล่าวว่า สะตีมศึกษาคือแนวคิดทางการศึกษา (Education approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และศิลปะ เพื่อเป็นแนวทางนำให้ผู้เรียนไปสู่กระบวนการสืบสอบ การอภิปราย และการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้แล้วการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนตลอดเวลา ควรมีการวางแผนแบบร่วมมือ รวมทั้งควรสร้างและปรับบทเรียนให้เชื่อมโยงมีการนำเนื้อหาวิชามาบูรณาการกันผ่านผลงานที่แสดงออก และควรมีการประเมินตามสภาพจริง

Patrick (2018) ได้กล่าวว่าสะตีมศึกษา (STEAM Education) สะท้อนถึงสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความมุ่งมั่นที่จะสร้างแรงบันดาลใจ การมีส่วนร่วมและบริบทโลกแห่งความจริง ซึ่งผู้เรียนสามารถได้รับและใช้ทักษะรวมทั้งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย สำหรับวิธีการสอนยังคงเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและเน้นการเรียนรู้เป็นหลัก โดยเฉพาะการทำงานเป็นทีมและการสื่อสาร

All Education school (2018) กล่าวว่า STEAM ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ผ่านงานศิลปะการออกแบบ โดยรวมไปถึงภาษา ศิลปะ สังคมศึกษา พลศึกษา ศิลปกรรมศาสตร์ และดนตรีด้วย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างรากฐานของ STEM โดยช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Plan for kids (2018) ได้กล่าวว่า STEAM เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาและทักษะความรู้ 4 สาระรวมเข้ากับศิลปะ (Arts) เข้าไป พัฒนาเป็นแนวการศึกษาที่ครอบคลุมบนพื้นฐานของการสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) นับเป็นการ “หล่อหลอม” (Nurture) สิ่งที่นักเรียนสงสัยใคร่รู้ (Curiosity) และช่วยให้พัฒนาความคิดเชิงพิจารณ์ (Critical thinking) เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหาอีกด้วย

สิราวรรณ จรัสรวีวัฒน์ (2560, หน้า 19-30) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นการเปลี่ยนแปลงการวิจัยด้านศิลปะและการออกแบบ โดยยังใช้ STEM เป็นศูนย์กลาง และสามารถบูรณาการศาสตร์ทางด้านศิลปะและการออกแบบได้ดี ซึ่งเหมาะกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษารวมทั้งยังเป็นการสร้างศิลปินหรือนักออกแบบที่มีศักยภาพสู่ตลาดแรงงานต่อไป

ณัฐดนัย เนียมทอง (2561) ได้กล่าวว่า STEAM Education ก็เป็นแนวคิดการศึกษาที่ต่อยอดจากการศึกษาแบบ STEM ซึ่งการบูรณาการกิจกรรมหรือการศึกษาต่าง ๆ นั้นจะมีลักษณะที่เชื่อมโยงกัน ทั้งนี้การบูรณาการด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม นั้นมีความสำคัญ แต่จะดีมากยิ่งขึ้นถ้าศิลปะเข้ามาช่วยเสริมเรื่องของความคิดสร้างสรรค์สร้างแรงบันดาลใจ และความสุขในการเรียนรู้สู่การเติบโต รวมทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) อาจนำไปสู่วินัยในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี และเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา ดังนั้นการบูรณาการทั้ง 4 ได้แก่ ทักษะวิทยาศาสตร์ ทักษะคณิตศาสตร์ ทักษะเทคโนโลยี และทักษะวิศวกรรม และเพิ่มทักษะทางศิลปะเข้าไปอีก 1 ทักษะจะทำให้เกิดความคิดแบบองค์รวม (Holistic way) เกิดขึ้น

ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นสรุปแนวคิดและความหมายของสะตีมศึกษา คือรูปแบบการศึกษาที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ผ่านการแก้ปัญหา การออกแบบ และผลงานอย่างสร้างสรรค์

องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

จากการสืบค้นเกี่ยวกับองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีนักวิชาการชาวอเมริกา ชื่อ Georgette Yakman (Yakman, 2008, pp. 15-18) ได้ทำการพัฒนาแนวการจัดการศึกษาจาก STEM เป็น STEAM โดยเพิ่มตัวอักษร A เข้ามาโดยที่อักษร A หมายถึง ศิลปศาสตร์ ซึ่งรวมถึงเรื่องภาษา วรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคม และมนุษย์อีกด้วย และได้จำแนกองค์ประกอบของ STEAM ไว้ดังนี้

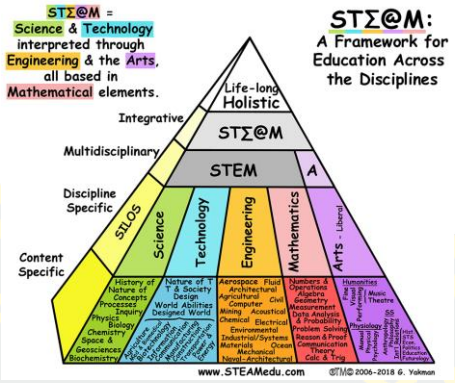
1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ สิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสิ่งที่ได้รับผลกระทบ สาระแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ชีววิทยา, ชีวเคมี, เคมี, ธรณีศาสตร์, การสอบสวน, ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือนวัตกรรม การเปลี่ยนแปลงหรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ได้แก่ เทคโนโลยีการเกษตรกรรม การก่อสร้าง การสื่อสาร ข้อมูลการผลิต การแพทย์ กำลังและพลังงาน พลังงานการผลิต และการขนส่ง

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ การใช้เหตุผลหลักการและการสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ การวิจัย การพัฒนา การออกแบบ และการประดิษฐ์หรือ “การออกแบบภายใต้ข้อจำกัด” รวมถึงการบินและอวกาศ, การเกษตร, สถาปัตยกรรม, เคมีโยธา, คอมพิวเตอร์, ไฟฟ้า, สิ่งแวดล้อม, ของเหลว, อุตสาหกรรมและระบบ, วัสดุ, เครื่องกล, กองทัพเรือ และมหาสมุทร

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาที่เกี่ยวกับตัวเลข ความสัมพันธ์เชิงสัญลักษณ์ รูปแบบ รูปร่าง ความไม่แน่นอน และการใช้เหตุผล รวมถึง พีชคณิต, แคลคูลัส, การวิเคราะห์ข้อมูล & ความน่าจะเป็น, เรขาคณิต, ตัวเลขและการดำเนินงาน, การแก้ปัญหา, เหตุผล & หลักฐาน, ทฤษฎี และตรีโกณมิติ

5. ศิลปะ (Arts) คือ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทัศนคติ และขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อมาจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ทัศนศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหวร่างกาย นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม รวมทั้งการศึกษาประวัติศาสตร์ ปรัชญาการเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา และเทววิทยา



ภาพที่ 2-1 แสดงโครงสร้างสะตีมศึกษาของ Yakman (Yakman, 2008, p. 17)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ มาเป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอน

ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

การจากการสืบค้น ศึกษาเอกสาร บทความต่าง ๆ มีนักวิชาการหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ไว้ดังนี้

Ministry of Education's online in New Zealand (2013) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่าเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดนอกกรอบ ได้แสดงความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ รู้สึกสะดวกสบายเมื่อได้การเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งเสริมการทำงานร่วมกับผู้อื่น เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี เกิดความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้นเกี่ยวกับโลกรอบตัว และรู้สึกมีอำนาจที่จะเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้น

Orrow (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะตีมศึกษาตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจต่อการค้นพบนวัตกรรม ในขณะที่ก็มีการเรียนรู้วิชาเหล่านี้ในเวลาเดียวกัน นักเรียนจะพิจารณามุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างเฉพาะเจาะจง ในขณะที่การเรียนรู้แบบดั้งเดิมพัฒนาความรู้ตามข้อเท็จจริง สะตีมศึกษาจะพัฒนาทักษะที่จำเป็น รวมทั้งความยืดหยุ่นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณความคิดสร้างสรรค์และการสื่อสาร การศึกษาปี 2556 พบว่าเมื่อนำศิลปะศาสตร์บูรณาการกับวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) และเทคโนโลยี พบว่านักเรียนประสบความสำเร็จเพิ่มขึ้นในสาขาวิชา

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สะตีมศึกษาไม่เพียงแต่จะเป็นการเตรียมนักเรียนสำหรับอนาคตแต่ยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อการเรียนรู้อีกด้วย

University-Portland (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่าสะตีมศึกษาในห้องเรียนส่งเสริมให้นักเรียนเข้าสู่กระบวนการสร้างสรรค์ เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีช่วยเหลือซึ่งกันและกันและหาวิธีใช้จุดแข็งและทักษะที่แตกต่างกัน รวมทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างไตร่ตรองและการอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมเหล่านี้ นักเรียนเรียนรู้วิธีการแบ่งความรับผิดชอบมีความประนีประนอมรับฟังและให้กำลังใจซึ่งกันและกัน นักเรียนบางคนเกิดความตื่นเต้นหรืออยากรู้อยากเห็นมากขึ้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง เพิ่มการคิดเชิงวิพากษ์ คิดอย่างเป็นระบบผ่านปัญหาการใช้ข้อมูลที่เรียนรู้ตลอดทางเกี่ยวกับเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด มีมุมมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันเปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมือนใครใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการลองผิดลองถูกเรียนรู้วิธีเสี่ยงและหาวิธี “ คิดนอกกรอบ” โดยมุ่งเน้นไปที่รายละเอียดพร้อมเรียนรู้ที่จะถอยกลับและมองภาพใหญ่ขึ้น แก้ปัญหาด้วยวิธีที่สร้างสรรค์ และจากการใช้ศิลปะในสะตีมศึกษาช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าศิลปะมีความหลากหลายและเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์นั้นศิลปะสามารถช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมเนื่องจากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อศิลปะที่ชอบ เช่น ทัศนศิลป์ และดนตรี เข้ากับโครงการทางเทคนิคอื่น ๆ ที่อาจดูน่ากลัวในตอนแรกเช่นการสร้างแอพพลิเคชันหรือการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ นักเรียนสามารถผสมผสานความคุ้นเคยกับสิ่งที่ไม่คุ้นเคย และได้รับทักษะใหม่จากการค้นพบโลกแห่งนวัตกรรมทางศิลปะได้เช่นกัน

University of San Diego (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะตีมศึกษาไม่เพียงแต่สอนให้นักเรียนเรียนรู้ถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณการแก้ปัญหา และใช้ความคิดสร้างสรรค์เท่านั้น แต่ยังเตรียมนักเรียนให้ทำงานในสาขาที่กำลังจะเติบโตในอนาคต (ตามข้อมูลของ Ann Arbor Public Schools Educational Foundation กระทรวงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกาประมาณการว่างงานในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์จะเติบโต 17% ในปี 2018) สะตีมศึกษาสอนนักเรียนถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณและวิธีแก้ปัญหาและทักษะที่สามารถใช้ได้ตลอดชีวิตอีกด้วย

ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นสรุปการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความสำคัญในการดำเนินชีวิตของบุคคลเนื่องจากสะตีมศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนคิดนอกกรอบ แสดงความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างหลากหลายบนพื้นฐานการบูรณาการเนื้อหาวิชารวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์คณิตศาสตร์ และศิลปะ นอกจากนี้ยังส่งเสริมและพัฒนาทักษะในการดำเนินชีวิตในโลกอนาคต ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

จากการสืบค้นเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษานั้นผ่านกิจกรรมกระบวนการต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นั้นต้องเน้นการบูรณาการและเชื่อมโยงกันได้ของเนื้อหาวิชาบนพื้นฐานของสะเต็มศึกษา เพื่อคิดแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนี้

Riley (2014) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา ซึ่งยึดถือพื้นฐานการสอนที่มีการบูรณาการโดยแต่ละเนื้อหาวิชาควรได้รับการสอนและสามารถเชื่อมโยงกันได้ผ่านการประเมินผลและมาตรฐานการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate) ครูและนักเรียนร่วมกันสำรวจหัวข้อ ความคิด หรือปัญหาในขอบเขตเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

2. ขั้นการค้นพบ (Discovery) ครูและนักเรียนสร้างแผนผังความคิด (Schema map) เกี่ยวกับหัวข้อความคิดหรือปัญหาที่เลือก ซึ่งจะทำให้มองเห็นแนวโน้มของรูปแบบ ลำดับ หรือหัวข้อย่อยได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

3. ขั้นเชื่อมต่อ (Connect) หลังจากสร้างแผนผังความคิด (schema map) แล้วให้เลือก 1-2 หัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาที่เลือกมาเชื่อมโยงกัน โดยสามารถวัดประเมินผลให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ของทั้งสองหัวข้อ/เนื้อหาที่เลือกมา

4. ขั้นสร้าง (Create) นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อหรือปัญหาที่ต้องการศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท

5. ขั้นสะท้อน (Reflect) เมื่อนักเรียนสร้างผลงานผ่านบทเรียนและทำโครงงานหรืองานมอบหมายเสร็จสมบูรณ์แล้ว นักเรียนจะต้องไตร่ตรองและวิจารณ์งานของตนเองรวมทั้งของเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินตนเอง, รูบริค (rubrics), แฟ้มสะสมผลงาน และ

การประเมินแบบคู่(peer reviews) นอกจากนี้ครูและผู้บริหารต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนการสอนของบทเรียนและผลงานด้วย

Riley (2016) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบวิธีการสร้างห้องเรียน STEAM ให้เป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered classroom) โดยครูควรยึดกับคำถามว่า “อย่างไร” ในทุกขั้นตอนเพื่อการแก้ไขปัญหา มี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครูและนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหา สิ่งสำคัญคือต้องให้ความสำคัญอย่างชัดเจนกับทั้งคำถามและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ STEAM ที่เลือก

2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์/รายละเอียด (Detail) เป็นขั้นตอนที่มองหาองค์ประกอบที่สนับสนุนปัญหาหรือคำถาม สังเกตความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่น ๆ หรือสาเหตุของปัญหา รวมทั้งทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม

3. ขั้นการค้นพบ (Discovery) คือการวิจัยเชิงรุก การลงมือปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้นักเรียนค้นคว้าหาวิธีแก้ปัญหาแต่ไม่ได้ทำงานตามวิธีแก้ปัญหาที่มีอยู่เดิมแล้วอย่างสร้างสรรค์ ครูสามารถใช้ขั้นตอนนี้เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียนในทักษะหรือกระบวนการนั้น ๆ เพื่อสอนทักษะกระบวนการเหล่านั้นให้กับนักเรียน

4. ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) หลังจากนักเรียนเข้าใจปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเริ่มสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือองค์ประกอบของตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนในขั้นตอนการค้นพบสู่การปฏิบัติด้วยตนเอง

5. ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนต้องมีการนำเสนอผลงาน มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อรับฟังความคิดเห็นตามวิธีการแสดงออกตามมุมมองของนักเรียนในห้อง นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการให้และรับข้อมูล

6. ขั้นประเมินและปรับปรุง/เชื่อมโยง (Link) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเองจากการไตร่ตรอง นักเรียนสามารถแก้ไขงานได้ตามต้องการและสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

College of Engineering, University of Colorado Boulder (2019) ได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผ่าน 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Identify the need) นักเรียนทบทวนขั้นตอนของการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งหารือเกี่ยวกับความต้องการสำหรับโครงการ กำหนดปัญหาและตรวจสอบข้อกำหนดและข้อจำกัดของโครงการ

2. ขั้นดำเนินการวิจัย (Research the problem) นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเตอร์เน็ต งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาเพื่อสร้างแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. ขั้นระดมสมอง (Brainstorm possible solutions) นักเรียนร่วมกันสร้างแผงผังความคิดและระดมสมองเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้อย่างสร้างสรรค์ให้ได้มากที่สุด

4. ขั้นประเมิน (Engineering analysis) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ไขปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมดเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด 1 แนวทางเพื่อใช้ดำเนินการสร้างสรรค์ชิ้นงานต่อไป

5. ขั้นสร้างและทดสอบต้นแบบ (Construct a prototype) นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมและสร้างต้นแบบ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์การใช้วัสดุก่อสร้างที่มีอยู่ พร้อมทั้งนำเสนอต้นแบบชิ้นงานในชั้นเรียน

6. ขั้นดำเนินการประเมินและผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Evaluate/Manufacture a final Product) เมื่อนักเรียนได้ชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้ว นักเรียนจะต้องประเมินการออกแบบการผลิตชิ้นงาน คณะทำงาน วัสดุ อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โดยบูรณาการและเชื่อมโยงกันของเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และการแก้ไขปัญหา มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่เลือกกำหนด วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) นักเรียนสร้างผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมาย โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนนำเสนอผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมายหน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินแบบรูบริค

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

โลกในยุคศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) เป็นโลกที่มีการดำรงชีวิตท่ามกลางโลกแห่งเทคโนโลยีและเป็นยุคผลผลิตนิยมจะเป็นยุคแข่งขันกันคิดนวัตกรรมที่ตอบสนองใช้ในชีวิตประจำวัน และชีวิตการทำงานทุกกลุ่มอาชีพ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574 มีเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner aspirations) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของประชาชนคนไทยในฐานะการเป็นพลเมืองของโลกซึ่งถือเป็นเจ้าความคิดและผู้นำการสร้างผลผลิตสู่เวทีการค้าและแข่งขันเวทีเศรษฐกิจโลก การสร้างทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ประดิษฐ์สร้างสรรค์นวัตกรรมขึ้นใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างพอเพียงเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้ในสาระหลักบูรณาการสั่งสมประสบการณ์ รวมทั้งต้องรู้จักคิดวิเคราะห์ มีความคิดสร้างสรรค์ มีความมั่นใจในตนเอง แสวงหาความรู้ รู้เท่าทันสาระสนเทศในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้การเป็นผู้ประกอบการ และผู้ผลิต การทำงานได้เป็นทีม รับผิดชอบต่อส่วนรวม คำนึงถึงสังคม มีคุณธรรมยึดมั่นในสันติธรรมและมีความเป็นไทย (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับวีณา ประชากูล (2549, หน้า 160-161) ยังได้กล่าวอีกว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมที่มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะคนที่มีความคิดสร้างสรรค์มักจะเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะนำความเจริญก้าวหน้ามาสู่ประเทศชาติ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์มีบทบาท

ที่สำคัญ และเป็นที่ต้องการของสังคมปัจจุบันอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทำให้ขบคิด แก้ปัญหาพร้อมที่จะกระทำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมโดยส่วนรวม รวมทั้ง สำนักงาน กพ. (2559) ที่กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแปลกใหม่ไปจากความคิดเดิม ความคิดใหม่ที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมและเป็นไปในทางบวกและสร้างสรรค์ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อตนเอง สังคม ประเทศชาติ และโลก โดยความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดี ทำให้ได้รับความสะดวกสบาย ปลอดภัย มีความสุข ลดความยากลำบาก และเอาชนะวิกฤตต่าง ๆ ได้ รวมทั้งตอบสนองความต้องการปัจเจกชนและสังคมโดยรวม ส่งผลให้สังคมเกิดความเจริญก้าวหน้าทั้งทางด้านเทคโนโลยี สื่อสาร การแพทย์ การพาณิชย์ การศึกษา เป็นต้น

ความหมายและองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นข้อมูลของความหมายของความคิดสร้างสรรค์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกัน กล่าวคือความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการคิดทางสมองซึ่งสามารถคิดได้หลากหลาย แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร สามารถนำไปประยุกต์กับหลักการทฤษฎีจนนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นได้สำเร็จ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงความหมายและองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Piltz and Surd (1968) ได้อธิบายความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นที่ความคิดริเริ่มเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้วยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย

Hu and Adey (2002, p. 389) ได้อธิบายความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือความแตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์อื่น ๆ คือ เป็นความสามารถในการออกแบบการทดลองความคิดที่แปลกใหม่ในการแก้ปัญหาและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับปัญญา ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Aktamis, Pekmez, Can and Ergin (2018, p. 1) ได้อธิบายความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือความสามารถในการหาปัญหาใหม่ ๆ และความสามารถในการกำหนดสมมติฐาน เกี่ยวข้องกับการเพิ่มของความรู้เดิม ส่วนใหญ่ศิลปินจะแสดงออกใหม่ ๆ ของชีวิตหรือความรู้สึกและอารมณ์ตลอดจนความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของศิลปะ

สมปัญญา ศรีภคนานนท์ (2535) ได้อธิบายความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์คือความสามารถของบุคคลในการที่จะแสดงความคิดได้หลากหลายแบบ ซึ่งเป็น

การคิดที่ก่อให้เกิดสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม และไม่ซ้ำกับผู้อื่น ในการคิดจะใช้ความรู้พื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถนี้ประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ที่ใช้ในการแก้ปัญหา หรือหาคำตอบต่าง ๆ

กรมวิชาการ (2544) ได้อธิบายความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการคิด การกระทำในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการ องค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการคิดแบบอเนกนัยนั้น จำแนกได้ 4 ลักษณะตามแนวของ Guilford (1967, pp. 145-151) คือ

1. ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Fluency)
2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Flexibility)
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Originality)
4. ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration)

จากความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยมีองค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ลักษณะ ดังนี้

1) ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันและมีความเป็นไปได้ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาอันจำกัด

2) ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้อง ให้หลากหลายประเภท การจัดกลุ่ม หรือหมวดหมู่ที่ไม่ซ้ำกัน และมีความเป็นไปได้

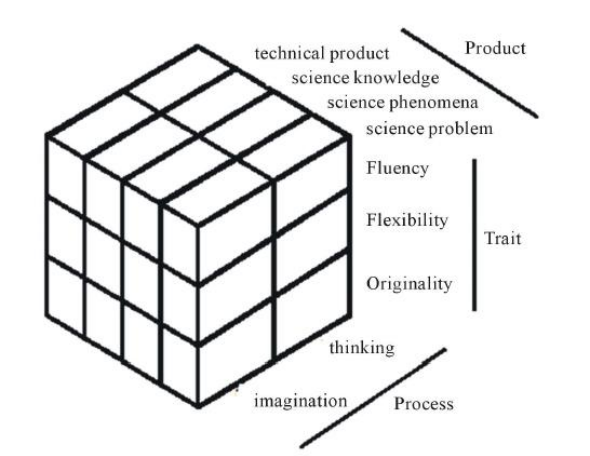
3) ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Originality) คือ ความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากเดิมหรือแตกต่างจากบุคคลอื่นและสอดคล้องกับบริบท

4) ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration) คือ ความสามารถในการคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่งเพื่อให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดพฤติกรรม ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบหากมีการใช้ควบคู่กับแบบสำรวจพฤติกรรมหรือแบบสังเกต พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ก็จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงและถูกต้องแม่นยำตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันนี้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่แพร่หลาย และนิยมใช้มีดังต่อไปนี้

Hu and Adey. (2002, pp. 389-403) ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity Structure Model; SCSM) โดยวัดคลอบคลุมในเรื่องของปัญหาวิทยาศาสตร์ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคนิคด้านการผลิต นอกจากนี้ยังมุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม



ภาพที่ 2-2 Scientific Creativity Structure Model ; SCSM (Hu and Adey, 2002, p. 391)

โดยแบบทดสอบเป็นแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยคำถาม 7 ข้อ ใช้เวลาตอบ 60 นาที ซึ่งข้อที่ 1-4 วัดได้ 3 องค์ประกอบ และข้อที่ 5-7 วัดองค์ประกอบของความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ส่วนข้อที่ 5 ใช้คำถามเน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 6 ใช้คำถามทดสอบความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ และข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ดังรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1 ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ใช้ทำหลอดทดลอง เป็นต้น (ความรู้ทางวิทยาศาสตร์, ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 2 ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลกและไปดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง เขียนให้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น พวกเราสามารถดำรงชีวิตเหมือนอยู่บนโลกได้หรือไม่ เป็นต้น (ปัญหา, จินตนาการ, ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 3 ให้นักเรียนคิดวิธีที่ทำให้จักรยานธรรมดาคันหนึ่งมีความน่าสนใจใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดพร้อมทั้งมีความสวยงาม จงเขียนให้ได้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น สร้างยางจักรยานที่สามารถสะท้อนแสงได้ในที่มืด เป็นต้น (เทคนิคการผลิต, จินตนาการ, ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 4 สมมติว่าไม่มีแรงดึงดูดของโลก นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น มนุษย์จะสามารถลอยได้ เป็นต้น (ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์, ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 5 ให้นักเรียนหาวิธีแบ่งสี่เหลี่ยม 1 รูปออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน จงวาดรูปลงในกระดาษคำตอบให้มากที่สุด(การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 6 นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบได้อย่างไรว่ากระดาษเช็ดหน้า 2 แบบนั้นแบบใดดีกว่า จงเขียนวิธีการให้มากที่สุด พร้อมทั้งระบุเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนในการตรวจสอบดังกล่าว (ความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

ข้อที่ 7 ให้นักเรียนออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมทั้งระบุชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่อง (ความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์, ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม)

การตรวจให้คะแนน มีรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1-4 คะแนนในแต่ละข้อมาจากการรวมองค์ประกอบทั้งความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มเข้าด้วยกัน คิดคะแนนได้ดังนี้

1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้

2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้

3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบเป็นค่าร้อยละ ดังนี้

น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน

ระหว่าง ร้อยละ 5-10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน

มากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน

ข้อที่ 5 คำนวณจากความถี่ของคำตอบเป็นค่าร้อยละ ดังนี้

น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 3 คะแนน

ระหว่าง ร้อยละ 5-10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน

มากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน

ข้อที่ 6 คะแนนได้มาจากการรวม 2 องค์ประกอบ คือ ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มเข้าด้วยกัน คิดคะแนนได้ดังนี้

1. ความคิดยืดหยุ่น คะแนนเต็ม 9 คะแนน จากคำตอบ 1 วิธีที่ถูกต้อง คิดจากคะแนนเครื่องมือ 3 คะแนน คะแนนหลักการ 3 คะแนน และคะแนนขั้นตอน 3 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบของวิธีการเป็นค่าร้อยละ ดังนี้

น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 4 คะแนน

ระหว่าง ร้อยละ 5-10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน

มากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน

ข้อที่ 7 นับจำนวนหน้าที่ของผลิตภัณฑ์แต่ละส่วนที่ไม่ซ้ำกันและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน

Clary, Brzuszek, and Fulford (2011, pp. 333-340) ได้ออกแบบประเมินเชิงปฏิบัติการ โดยใช้รูบิคเพื่อประเมินและแบ่งระดับคุณภาพของชิ้นงานการออกแบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative abstract design solutions) ทำการประเมิน โดยให้นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหา โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ การอธิบาย (Explanation) ความคิดของการออกแบบ (Design cconcept) การตีความ (Interpretation) การความคิดละเอียดลออ (Elaboration) โครงสร้าง (Forms/Structure) ความคิดริเริ่ม (Originality) โดยมีตัวอย่างของรูบริค ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 รูบริคประเมินการออกแบบการแก้ปัญหา (Clary, Brzuszek, & Fulford, 2011)

ที่	เกณฑ์การพิจารณา	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	การอธิบาย (Explanation)	- มีการอธิบายด้วยหลักการและเหตุผล - มีหลักฐานสนับสนุนอธิบายอย่างเป็นธรรม	- มีกระบวนการริเริ่มที่เป็นของตัวเอง	- อธิบายเพียงผิวเผิน - ขาดการวิเคราะห์และการอธิบายที่เพียงพอ - มีความคิดที่แคบ
2	ความคิดของการออกแบบ (Design concept)	- มีแนวความคิดที่ก้าวหน้ามีความใหม่ - มีการกระตุ้นด้วยข้อความที่ดึงดูดใจ	- มีแนวความคิดที่ถูกเขียนได้ดีและได้รับการอ้างอิง	- มีแนวความคิดธรรมดาทั่วไป
3	การตีความ (Interpretation)	- มีการตีความที่วิเคราะห์ได้ดีมีพลังและเห็นภาพชัดเจนและมีความลึกซึ้ง	- มีการตีความที่ได้มาวิเคราะห์เป็นประโยชน์และมีความสำคัญ	- ไม่มีการตีความ - ตีความได้ไม่เข้าใจ
4	การความคิดละเอียดลออ (Elaboration)	- มีความละเอียดมีมากเห็นภาพและเรียบร้อย	- มีการขยายรายละเอียดของความคิด	- มีรายละเอียดของความคิดน้อย
5	โครงสร้าง (Forms/Structure)	- มีโครงสร้างของการออกแบบที่ซับซ้อนหรือใหม่และสะท้อนแนวคิดได้ดี	- มีโครงสร้างของการออกแบบที่ดีและส่งเสริมตัวต้นแบบ	- มีโครงสร้างของการออกแบบเป็นแบบพื้นฐานทั่วไป
6	ความคิดริเริ่ม (Originality)	- มีความคิดที่ซับซ้อนและแปลกแตกต่าง	- มีความผิดปกติและมีองค์ประกอบ	- มีความคิดที่เห็นได้โดยทั่วไป

Ayas and Sak (2013, pp. 1-6) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (The Creative Scientific Ability Test ; C-SAT) ซึ่งใช้วัดกระบวนการทางความคิดสร้างสรรค์ (Creative process) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (Areas of Science) ในขอบเขตความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดริเริ่ม (Creativity) โดยแบ่งการวัดออกเป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis) การออกแบบการทดลอง (Experiment design)/การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test) และการประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation)

ตารางที่ 2-3 โครงสร้างของ The Creative Scientific Ability Test; C-SAT (Ayas & Sak, 2013)

การทดสอบ	**ขอบเขต**		
	เนื้อหาวิชา	**กระบวนการทางวิทยาศาสตร์**	**กระบวนการความคิดสร้างสรรค์**
การทดลองของแมลงวัน	ชีววิทยา	การสร้างสมมุติฐาน	ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม
ความสัมพันธ์ของกราฟ	สหวิทยาการวิทยาศาสตร์	การสร้างสมมุติฐาน	ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม
การทดลองของน้ำตาล	เคมี	การทดสอบสมมุติฐาน	ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม
การทดลองของเชือก	ฟิสิกส์	การทดสอบสมมุติฐาน	ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม
ห่วงโซ่อาหาร	ระบบนิเวศ	การประเมินหลักฐาน	ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม

มีรายละเอียดของแบบวัดดังนี้

1. เป็นข้อคำถามปลายเปิด

2. เครื่องมือวัดแบ่งออกเป็น 5 ชุด (Subtests) ได้แก่ ชุดที่ 1 คำถามการทดลองของแมลงวัน (Fly Experiment) ชุดที่ 2 ความสัมพันธ์ของกราฟ (Interaction graph) ชุดที่ 3 คำถาม

การทดลองของน้ำตาล (Sugar experiment) ชุดที่ 4 คำถามการทดลองของเชือก (String experiment) และชุดที่ 5 คำถามของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ในที่นี้ขอยกตัวอย่างของชุดคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา ดังนี้

ชุดที่ 1 คำถามการทดลองของแมลงวัน (Fly experiment) โดยให้นักเรียนสร้างสมมติฐานให้ได้มากที่สุดและสมมติฐานนี้สามารถนำมาทดสอบได้จากรูปภาพเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองแมลงวันในการทดลองของนักวิจัยท่านหนึ่ง แบบวัดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ชุดที่ 5 คำถามของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ใช้รูปภาพของห่วงโซ่อาหารและกราฟการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่อาหาร จากนั้นให้นักเรียนคิดหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แบบวัดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มในการประเมินจากหลักฐานที่ปรากฏ

Yang, Lin, Hong, and Lin (2016, pp. 16-23) ได้ออกแบบในส่วนของการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภทเขียนตอบเป็นคำถามปลายเปิด 2 คำถามเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์แบบเอกนัย (Convergent creativity) โดยมีการให้สถานการณ์และอุปกรณ์จริงสำหรับนักเรียนที่จะใช้ทำการทดสอบ โดยมีสถานการณ์ตัวอย่างดังนี้ “จงหาวิธีที่จะผูกเชือก 2 เส้นเข้าด้วยกัน โดยปลายเชือกเส้นใดเส้นหนึ่งจะต้องติดบนเพดานห้อง และเชือกทั้งสองเส้นที่ให้มาอยู่ไกลเกินกว่าที่มือจะเอื้อมถึงได้” เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว ครูได้เตรียมอุปกรณ์ไว้ให้นักเรียนประกอบด้วย เก้าอี้ ยางรัดของ ลูกบอลแก้วเหยือกแก้ว และคีมคีบ สำหรับการประเมินจะใช้รูบริคคะแนนเต็ม 4 คะแนน ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 รูบริคเกณฑ์ประเมินความคิดสร้างสรรค์จากคุณลักษณะผลงาน (Yang, Lin, Hong, & Lin, 2016)

ระดับคะแนน (คะแนน)	เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะของผลงาน จากจำนวนวิธีการประยุกต์และการเขียนอธิบายคำตอบ
4	- วิธีแสดงวิธีการประยุกต์มากกว่า 3 คำตอบและมีคำอธิบายที่ชัดเจนในแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้
3	- แสดงวิธีการประยุกต์ 3 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนไม่ครบทุกวิธี - แสดงวิธีการประยุกต์ 2 คำตอบ และมีคำอธิบายที่น่าพอใจและเพียงพอในการในแต่ละวิธีการประยุกต์
2	- แสดงวิธีการประยุกต์ 2 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนที่ยอมรับได้ - แสดงวิธีการประยุกต์ 1 คำตอบ และมีคำอธิบายที่ยอมรับได้
1	- แสดงวิธีการประยุกต์ 1 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนไม่สมบูรณ์
0	- ไม่ตอบคำถามหรือไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้

Aktamis et al. (2018, pp. 1-6) ได้นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu and Adey (2002) มาปรับให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่คล้ายคลึงกัน โดยปรับเป็นอัตนัย 6 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที ดังนี้

ข้อที่ 1-4 วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในข้อเดียวกัน

คำถามข้อที่ 1ก ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด

คำถามข้อที่ 1ข จงเขียนประโยชน์ของการใช้กระป๋องในปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่ 2 ถ้านักเรียนสร้างเครื่องย้อนเวลาได้จะย้อนไปช่วงเวลาใด และคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง เขียนให้มากที่สุด

คำถามข้อที่ 3 ให้นักเรียนคิดวิธีที่ทำให้กระเป๋านักเรียนธรรมดา ๆ 1 ใบมีความน่าสนใจใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและมีความสวยงาม จงเขียนให้ได้มากที่สุด พร้อมอธิบายเหตุผลว่าเหตุใดจึงต้องใช้วิธีนั้นและวิธีที่กล่าวมามีความเหมาะสมอย่างไร

คำถามข้อที่ 4ก สมมติว่าไม่มีกลางคืนมีเพียงกลางวัน นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้มากที่สุด

คำถามข้อที่ 4ข สมมติว่าโลกไม่หมุนรอบดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้มากที่สุด

ข้อที่ 5 วัดความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

คำถามข้อที่ 5 มีกระดาษชำระ 2 แบบ นักเรียนจะสามารถตรวจสอบได้อย่างไรว่ากระดาษชำระแบบใดดีกว่า จงเขียนวิธีการให้มากที่สุด พร้อมทั้งระบุเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนในการตรวจสอบดังกล่าว

ข้อที่ 6 วัดความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

คำถามข้อที่ 6 ให้นักเรียนออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมทั้งระบุชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่อง

การตรวจให้คะแนน มีรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1-4 คะแนนในแต่ละข้อมาจากการรวมองค์ประกอบทั้งความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มเข้าด้วยกัน คิดคะแนนได้ดังนี้

1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้
2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้
3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบเป็นค่าร้อยละ ดังนี้

น้อยกว่า ร้อยละ 5 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน

ระหว่าง ร้อยละ 5 – 10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน

มากกว่า ร้อยละ 10 ของความถี่ของคำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน

ข้อที่ 5 ให้คะแนนจากการนับจำนวนตัวแปรต้นที่ไม่ซ้ำ ตัวแปรละ 1 คะแนน

ข้อที่ 6 นับคะแนนจำนวนหน้าที่ของเครื่องของแต่ละส่วนที่ไม่ซ้ำและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน

ทัศนี พฤษชลธาร (2517) ได้สร้างแบบทดสอบขึ้นตามแนวคิดของ Torrance เพื่อให้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งวัดความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว และความคิดยืดหยุ่น แบบทดสอบมี 3 ข้อ ดังนี้

1. สมมติว่าบนโลกมีหมอกควันหนาแน่นมากจนมองเห็นแค่ขาเท่านั้น อะไรจะเกิดขึ้นและจะทำให้ชีวิตบนโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง

เหตุผล

1. .....

2. .....

3. .....

2. พยายามหาความคิดเสรีแปลกใหม่

ให้นักเรียนคิดหาวิธีที่จะทิ้งไข่ดิบ (ไข่ไก่หรือไข่เป็ดก็ได้) 1 ฟองลงจากตึกชั้น 3 โดยที่เมื่อไข่ตกถึงพื้นดินไข่ยังไม่แตก (นักเรียนจะใช้อุปกรณ์ใด ๆ ช่วยก็ได้)

วิธีการที่ 1 .....

วิธีการที่ 2 .....

วิธีการที่ 3 .....

3. จะนำปลาทองไปทดลองโดยที่ไม่ทำให้ปลาทองบาดเจ็บถึงกับพิการหรือตายและให้คิดหาวิธีแปลก ๆ

วิธีการที่ 1 อากาศน้อยลง ปลาจะจมหือลอยได้ดีขึ้น

วิธีการที่ 2 .....

วิธีการที่ 3 .....

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

ประดิษฐ์ สนั่นเอื้อ (2527, หน้า 46-50) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยลักษณะแบบทดสอบเป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ฉบับทดสอบภาษาเขียนประกอบด้วยสถานการณ์ 4 สถานการณ์ ดังนี้

1. นักนิยมไพร เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลองให้มากที่สุดเพื่อศึกษาการนำส่วนต่าง ๆ ของพืชไปใช้ประโยชน์ โดยสถานการณ์สมมติให้นักเรียนเป็นนักพฤกษศาสตร์

2. นักพยากรณ์ เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนเหตุการณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ให้มากที่สุดในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยสถานการณ์สมมติให้ถ้าโลกนี้ไม่มีแก๊สออกซิเจน

3. นักเทคโนโลยี เป็นสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนเลือกเครื่องมือที่กำหนดให้แล้วนำมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งบอกการนำไปใช้โดยย่อ

4. นักทดลอง เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลองให้ได้มากที่สุด

การตรวจให้คะแนนของแบบทกสอบอิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance

โสพล มีเจริญ (2548) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (Torrance Test of Creative Thinking; TTCT) ซึ่งศาสตราจารย์ ดร. อี พอล ทอแรนซ์ แห่งมหาวิทยาลัยจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ มีทั้งแบบสำรวจแบบทดสอบ และสำหรับแบบทดสอบ Torrance ได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาการศึกษาซึ่งเป็นโปรแกรมการวิจัยระยะยาวที่เน้นเฉพาะประสบการณ์ในห้องเรียนที่จะสนับสนุนและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance มีดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking creatively with pictures) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking creatively with words) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking creatively with sounds and words: sounds and images)

4. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว (Thinking creatively in action and movement)

สำหรับในที่นี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อมี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ภาษาเป็นสื่อเหมาะสำหรับเด็กชั้นประถมศึกษาตอนปลาย-ระดับอุดมศึกษา ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 7 แนวคิด ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ตั้งคำถาม (Ask question) ให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุดเพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามที่ตั้งนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้เพียงการดูรูปภาพเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากความคิด

แนวคิดที่ 2 เดาหาสาเหตุ (Guess causes) ให้นักเรียนเขียนสาเหตุให้มากที่สุดเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่แสดงในภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดชุดที่ 1)

แนวคิดที่ 3 เดาผลที่เกิดขึ้นตามมา (Guess effects) ให้นักเรียนเขียนผลที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์ในรูปภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับแนวคิดชุดที่ 1)

แนวคิดที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product improvement) จากรูปสเก็ตต์หรือของที่หาได้ทั่วไป ซึ่งเป็นภาพที่มีความสวยงามและน่าสนใจเป็นของเล่นที่เด็ก ๆ ชอบ ให้นักเรียนเขียนรายการการปรับปรุงของที่ดัดแปลงให้ได้มากที่สุด

แนวคิดที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ (Unusual uses) ให้นักเรียนเขียนรายชื่อสิ่งที่น่าสนใจและแปลกที่ใช้ประโยชน์ในหัวข้อที่กำหนดให้ได้มากที่สุดเท่าที่นักเรียนจะคิดได้

แนวคิดที่ 6 ให้นักเรียนคิดคำถามเกี่ยวกับ “เรื่องแสงและการมองเห็น” ให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ คำถามเหล่านี้จะให้คำตอบที่น่าสนใจ โดยให้นักเรียนพยายามนึกถึงคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่กำหนดให้ในแง่ที่ไม่มีใครนึกถึง

แนวคิดที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผลโดยสร้างสถานการขึ้นมาสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ แต่ให้นักเรียนสมมติว่ามันจะเกิดขึ้น สถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่าก้อนเมฆมีเชือกผูกและปลายตรึงกับพื้นดิน อะไรจะเกิดขึ้น

การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ แบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบให้ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัดคะแนนความคิดคล่องแคล่ว คือ คะแนนที่ได้จากคำตอบทั้งหมดที่แตกต่างกันและเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับคำสั่งที่ให้นักเรียนทำ ให้คำตอบละ 1 คะแนน โดยไม่ต้องคำนึงว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่น โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1.1 จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนน ขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

1.2 จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7-9 คะแนน ได้ 3 คะแนน ระดับดี

1.3 จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4-6 คะแนน ได้ 2 คะแนน ระดับปานกลาง

1.4 จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1-3 คะแนน ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง คะแนนความคิดยืดหยุ่น คือ คิดคะแนนที่ได้จากการนับคำตอบที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน และไม่คำนึงว่าคำตอบเหล่านั้นจะไปซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

2.1 จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

2.2 จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน ระดับดี

2.3 จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน ระดับปานกลาง

2.4 จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด สิ่งแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น โดยใช้เกณฑ์จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0-1.99 ให้ 2 คะแนน จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2-4.99 ให้ 1 คะแนน และจำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน โดยมีเกณฑ์พิจารณาการประเมินดังนี้

3.1 คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คนได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

3.2 คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2-3 คน ได้ 3 คะแนน ระดับดี

3.3 คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4-6 คน ได้ 2 คะแนน ระดับปานกลาง

3.4 คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7-9 คน ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

จากการศึกษา ค้นคว้าเอกสาร บทความต่าง ๆ ของนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบวัดข้อสอบอัตนัยในลักษณะเขียนตอบเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้คำถามหรือสถานการณ์แบบปลายเปิดเพื่อวัดองค์ประกอบของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 4 ลักษณะ ได้แก่ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาที่กำหนดให้ โดยที่ผู้วิจัยสร้างคำถามแบบทดสอบด้วยตนเอง และประยุกต์ใช้เกณฑ์การประเมินตามแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (เกณฑ์ประเมินความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์, ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ และความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์) ของ Torrance (1992) ร่วมกับเกณฑ์การประเมิน (เกณฑ์ประเมินวัดความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์) ของ Clary, Brzuszek, and Fulford (2011) จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 40 นาที

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

สุธรรม อ่อนคำ (2534, หน้า 3) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คือความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่วัดได้จากการใช้เครื่องมือในการวัดโดยเน้นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ได้แก่ พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบวัดความรู้ความจำ จะเป็นการถามให้นักเรียนระลึกถึงสิ่งที่เรียนมาแล้ว ด้านความเข้าใจ อาจเขียนได้หลายลักษณะ เช่น กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้ แล้วให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการกฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ส่วนพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายพฤติกรรม โดยแบบทดสอบที่วัดแต่ละพฤติกรรมจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ส่วนการวัดด้านการนำความรู้ไปใช้จะมีลักษณะกำหนดปัญหาใหม่ ๆ มาให้นักเรียนแก้โดยอาศัยความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้ว

สายหยุด ผดุงจันทน์ (2551, หน้า 9) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ที่วัดจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

ณัฐวุฒิ จันละมุด (2554, หน้า 5) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของผู้เรียนในด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดจากคะแนนที่ผู้เรียนได้รับจากการทำแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ดังนั้นสรุปได้ว่าความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากการเรียนการสอนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

วิเชียร เกตุสิงห์ (2523) ได้ให้ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือแบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ยกเว้นการวัดทางด้านร่างกาย

ภัทรจันทร์ ใจสว่าง (2530) ได้ให้ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือการออกแบบข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แต่ละครั้งครูต้องออกข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้คือ

1. ความรู้ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skill)
4. การนำไปใช้ (Application)

ภาณุเดช หงษาวงศ์ (2538) ได้ให้ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือส่วนที่สามารถประเมินโดยใช้ข้อทดสอบข้อเขียนนั้น ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ การสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

สายหยุด ผดุงจันทน์ (2551, หน้า 74-78) กล่าวว่า การจำแนกวัตถุประสงค์การเรียนการสอนซึ่งมุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธพิสัย (Cognitive domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนการสอนของนักเรียนด้านปัญญา คือความรู้และการคิด เรียงตามลำดับ ดังนี้ ด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (Affective domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนของนักเรียนด้านความรู้สึกตัว ความสนใจ เจตคติ ความซาบซึ้ง การปรับตัว เป็นต้น

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นวัตถุประสงค์มุ่งพัฒนาการเรียนการสอนของนักเรียนด้านทักษะ คือ ความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน เช่น การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและแม่นยำในการตัดสินคุณค่าเรื่องหนึ่งเรื่องใดนั้น

ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์ (2560, หน้า 67) ได้ให้ความหมายแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ รวมทั้งพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ว่าเรียนมาแล้วรู้เท่าไร รู้อะไรบ้าง

โดยตรวจสอบความสามารถ (Ability) รายการเรียนของบุคคล ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับระดับความสามารถในการเรียนความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียน ผลการเรียนที่เด่นหรือด้อย รวมทั้งทักษะในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่ามีผลสัมฤทธิ์ผล (Achieved) มากน้อยเพียงใด หลังจากได้เรียนไปแล้ว

ดังนั้นสรุปได้ว่าความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ แบบทดสอบที่ใช้ตรวจสอบความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนได้รับการอบรมสั่งสอน เพื่อวัดให้ครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งควรวัดให้คลอบคลุมทั้งด้านพุทธพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

ประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้แบ่งประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Klopfer (1971) ได้อธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อใช้วัดผลวิชาวิทยาศาสตร์ ได้จำแนกประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ เป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้และความจำ (Knowledge) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสดงว่ามีความจำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียนรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการอ่านหนังสือหรือฟังบรรยาย เป็นต้น

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนใช้ความคิดขั้นสูงกว่าความรู้ความจำ มีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแปลความหมายของความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้ ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) และเจคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เป็นเรื่องราว

ของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน หรือวิทยาศาสตร์ต่างสาขา รวมทั้งปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ได้แบ่งประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. แบบทดสอบของครูเป็นชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเมื่อเจอข้อบกพร่องตรงไหนจะได้ซ่อมเสริมหรือวัดดูความพร้อมก่อนที่จะสอนเรื่องใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือครูที่สอนวิชานั้นแต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้นซึ่งสามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใดก็ได้ จะใช้วัดอัตราการพัฒนาของเด็กแต่ละวัย ในแต่ละกลุ่ม แต่ละภาคก็ได้ จะใช้สำหรับให้ครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิชาต่าง ๆ ในเด็กแต่ละคนก็ได้ ข้อสอบมาตรฐานนั้นนอกจากจะมีคุณภาพแบบทดสอบสูงแล้วยังมีมาตรฐานในด้านวิธีดำเนินการสอบก็คือไม่ว่าโรงเรียนได้หรือส่วนราชการใดจะนำไปใช้ต้องดำเนินการสอบแบบเดียวกัน แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอกถึงวิธีการสอนว่าทำอย่างไร และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนอีกด้วย

ทั้งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐานมีวิธีการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกันคือจะเป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ได้สอนนักเรียนไปแล้ว สำหรับที่ใช้วัดพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัดได้มักนิยมใช้ตามหลักที่ได้จากผลการประชุมของนักวัดผลซึ่งบลูมได้เขียนรวมไว้ในหนังสือ Taxi Army of Education Active โดยสรุปได้ว่าการวัดผลด้านสติปัญญาควรวัดพฤติกรรมออกเป็น 6 ระดับดังนี้

1. วัดด้านความรู้ความจำ (Knowledge)
2. วัดด้านความเข้าใจ (Complete Edition)
3. วัดด้านการนำไปใช้ (Application)
4. วัดด้านการวิเคราะห์ (Analysis)
5. วัดด้านการสังเคราะห์ (Synthesis)
6. วัดด้านการประเมินค่า (Evaluation)

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2550) ได้แบ่งประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (teacher make test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil) ซึ่งแบ่งได้อีก 2 ชนิด

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or Easy test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้พูดตอบเขียนโดยแสดงความรู้ความคิดเจตคติได้อย่างเต็มที่ ชนิดของแบบทดสอบอัตนัย ได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1.1 แบบตอบขยายหรือแบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอธิบายบรรยายอภิปรายได้อย่างเต็มที่มักใช้กับนักเรียนในระดับชั้นสูง ลักษณะของคำถามมักจะมีคำว่า จงอธิบาย จงอธิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ วางแผน ออกแบบ การทดลอง ตั้งสมมติฐาน ตั้งเกณฑ์ตัดสินประเมินผลหรือการแก้ปัญหา

1.1.2 แบบจำกัดคำตอบหรือแบบตอบแบบสั้น เป็นแบบทดสอบที่ถามแบบจำเพาะเจาะจงให้ตอบสั้นภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปจะกำหนดขอบข่าย และความยาวในการตอบไว้ด้วย ลักษณะของคำถามมักจะอยู่ในรูปจงอธิบายสั้น ๆ จงบอกประโยชน์ จงอธิบายสาเหตุ และจงบอกขั้นตอน

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือตอบสั้น ๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบคือ แบบทดสอบถูกผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standard Express Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไปซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญมีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพมาตรฐาน

ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์ (2560, หน้า 67-68) ได้แบ่งประเภทแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-Made Test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized Test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดเป็นกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ

1. ความรู้ความจำ (Recall) เป็นความสามารถในการจำความรู้ทั้งหลายที่ได้รับโดยสามารถระลึกสิ่งต่าง ๆ ออกมา

2. ความเข้าใจ (Comprehensive) เป็นความสามารถของบุคคลในการตีความ สรุปความหรือขยายความจากสิ่งหนึ่งไปสู่อีกสิ่งหนึ่งหรืออีกความหมายหนึ่ง

3. การนำไปใช้ (Apply) เป็นความสามารถของบุคคลในการนำเอาความรู้ความเข้าใจไปใช้ในสถานการณ์หรือเงื่อนไขใหม่

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะจัดประเภท หาความสำคัญและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในระบบใด ๆ ได้

5. การสังเคราะห์ (Syntheses) เป็นความสามารถในการประมวลความรู้แสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ

6. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการตีคุณค่า ตัดสินคุณค่าโดยอาศัยกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกของผู้ประเมิน

รูปแบบของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มี 3 รูปแบบที่ได้รับความนิยมใช้ คือ

1. แบบปากเปล่า (Oral Test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคล ใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด สามารถโต้ตอบได้

2. แบบเขียนตอบ (Paper-Pencil Test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียง (Essay Type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเอง แสดงทัศนคติ และความรู้สึกได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ได้อย่างดี ข้อเสียคือการให้คะแนนมีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed-Response Type) เป็นข้อสอบที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

- แบบถูกผิด (True-False)
- แบบเติมคำ (Completion)
- แบบจับคู่ (Matching)
- แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

3. แบบปฏิบัติ (Performance) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่น การทดสอบทางดนตรี การทดสอบทางพลศึกษา และการทดสอบทางช่าง เป็นต้น

ดังนั้นสรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองโดยตามแบบของ Klopfer (1971) ซึ่งวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้และความจำ 2) ความเข้าใจ 3) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ลักษณะของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ

Bloom and other (1971) ได้กล่าวถึงลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ (Knowledge) ซึ่งเป็นความสามารถของสมองที่เก็บสะสมเรื่องราวต่าง ๆ หรือประสบการณ์ทั้งปวงที่ตนได้รับรู้มา ได้แก่

1. ความรู้ในเนื้อเรื่อง หมายถึง การถามเกี่ยวกับเรื่องราวหรือเนื้อหาสาระตามท้องเรื่องนั้น

1.1. ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม หมายถึง การถามเกี่ยวกับคำศัพท์ นิยามคำแปลความหมาย ชื่อ อักษรย่อ สัญลักษณ์ เครื่องหมาย รูปภาพ

1.2 ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริง หมายถึง การถามเกี่ยวกับ กฎ สูตร ความจริงตามท้องเรื่อง ขนาด ทิศทาง ปริมาณ เวลา คุณสมบัติ ระยะทาง เปรียบเทียบ สาเหตุ

2. ความรู้ในวิธีดำเนินการ หมายถึง การถามเกี่ยวกับขั้นตอนของกิจกรรมวิธีดำเนินเรื่องราว วิธีประพฤติปฏิบัติ

2.1 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน หมายถึง การถามเกี่ยวกับแบบฟอร์ม ระเบียบ แบบแผน วัฒนธรรม ประเพณี การใช้คำสุภาพ คำราชาศัพท์

2.2 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม หมายถึง การถามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน -หลัง ข้อคำถามแนวโน้มส่วนใหญ่ใช้คำว่า มักจะ เพราะเป็นการคาดคะเนเหตุการณ์

2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภท หมายถึง การถามให้จำแนก แจกแจง จัดประเภท หรือถามในรูปปฏิเสธ เช่น ไม่เข้าพวก ไม่เข้ากลุ่ม

2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ หมายถึง ข้อกำหนดที่ยึดเป็นหลักแล้วนำไปเปรียบเทียบกับสิ่งต่าง ๆ ถามเอกลักษณ์

2.5 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ หมายถึง การถามวิธีปฏิบัติ การทำกิจกรรมขั้นตอนการทำงาน เช่น ปฏิบัติอย่างไร ควรทำโดยวิธีใดจึงจะมีประสิทธิภาพ

3. ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง หมายถึง ความสามารถในการค้นหาหลักการหรือหัวใจของเรื่อง

3.1 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยาย หมายถึง หัวใจของเรื่องราวที่เกิดจากหลาย ๆ ความคิดรวบยอดมารวมกัน การขยายเป็นการขยายความต่อออกไปจากสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่รู้มาหรือสรุปออกจากนอกเรื่องนั้น ๆ

3.2 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง หมายถึง ถามเกี่ยวกับ คติ และหลักการของหลายเนื้อหาที่ไม่สัมพันธ์กัน

ตัวอย่างข้อสอบ

ลักษณะที่ 1 ถามความจริง, ความสำคัญ

ถ้าขาดอาหารทะเลจะทำให้เกิดโรคอะไร

ก. กระดูกอ่อน ข. ตาอักเสบ ค. โลหิตจาง

ง. คอพอก จ. นิ่ว

ลักษณะที่ 2 ถามแนวโน้ม

คนดื่มสุรามาก ๆ มักเป็นโรคเกี่ยวกับอวัยวะใด

ก. ไต ข. หัวใจ ค. ลำไส้

ง. กระเพาะ จ. หลอดเลือด

สุโขทัยธรรมมาธิราช (2527) ข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำโดยทั่ว ๆ ไปจะมีลักษณะที่ถามให้นักเรียนระลึกถึงเรื่องราวหรือความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วอย่างตรงไปตรงมา พฤติกรรมด้านนี้เป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุด ในการสอบไม่ควรออกข้อสอบวัดความรู้ความจำที่ย่อย ๆ จนเกินไป ควรเลือกถามเฉพาะเรื่องที่สำคัญ ๆ เท่านั้นและข้อสอบฉบับหนึ่ง ๆ ไม่ควรถามเกี่ยวกับความรู้ความจำมากนัก โดยทั่ว ๆ ไปไม่ควรเกินร้อยละยี่สิบของข้อสอบทั้งหมด

ลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านความเข้าใจ

สุโขทัยธรรมมาธิราช (2527) ข้อสอบวัดความเข้าใจอาจเขียนในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

ลักษณะที่ 1

กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้แล้วให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นหรือให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่กำหนดให้ ตัวอย่างเช่น

จากกฎข้องที่ 1 ของนิวตันกล่าวว่า “วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากนี้มีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ” สถานการณ์ใดต่อไปนี้เป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

ก. การชนแบบยืดหยุ่นของลูกบิลเลียดกับขอบโต๊ะ

ข. การกลิ้งลูกบอลให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงบนพื้นราบ

ค. วัตถุเคลื่อนที่ลงตามพื้นเอียงที่ไม่มีแรงเสียดทาน

ง. การเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะในของเหลวด้วยความเร็วสุดท้าย

จ. การเคลื่อนที่แบบสั่นด้วยแอมปลิจูดคงที่

(จากหน่วยฟิสิกส์ สสวท.)

ลักษณะที่ 2

กำหนดสถานการณ์มาให้แล้วให้นักเรียนยกตัวอย่างหรือระบุสถานการณ์อีกสถานการณ์หนึ่งที่เป็นไปตามวิธีการ หลักการ ทฤษฎีเดียวกัน ตัวอย่างเช่น

สถานการณ์ใดต่อไปนี้เป็นไปตามหลักการเดียวกับการปล่อยยางรัดลูกโป่งแล้วลูกโป่งเคลื่อนที่

ก. การผลักให้เรือลอยห่างจากผู้ผลักที่อยู่ริมตลิ่ง

ข. การปล่อยฟองอากาศในน้ำและฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ

ค. การพายเรือด้วยไม้พายทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

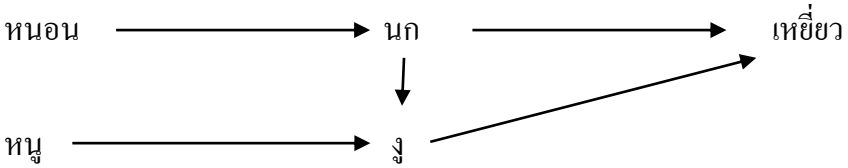
ง. การวางลูกบอลบนพื้นเอียงแล้วปล่อยให้กลิ้งลงมา

(จากหน่วยวิชาฟิสิกส์ สสวท.)

ลักษณะที่ 3

กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพหรือแผนภาพ แล้วให้นักเรียน แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้น ตัวอย่างเช่น

จงศึกษาแผนภาพต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้างล่าง



ในที่นี้งูเป็นอาหารของสัตว์ชนิดใด

ก. หนอน ข. นก

ค. หนู ง. เหยี่ยว

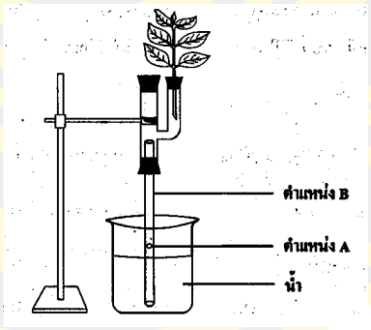
ข้อพึงระวังในการออกข้อสอบวัดความเข้าใจคือ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในข้อสอบต้องเป็นสถานการณ์ใหม่ที่ดัดแปลงจากที่ได้เคยเรียนเคยสอนในห้องเรียน เพราะถ้าเป็นสถานการณ์ที่ซ้ำหรือเหมือนกับที่ได้เคยเรียนมาแล้วจะเป็นการวัดความรู้ความจำ

ลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การจัดกระทำข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายจากข้อมูล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปแบบของการเขียน (Paper and pencil type) และยังมีประเภทของการประเมินผลที่ครูคุ้นเคย และในการใช้ตรวจสอบผลงานของนักเรียน

ตัวอย่างข้อสอบที่มีลักษณะแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก

จัดชุดการทดลองในห้องโล่งที่แสงส่องถึงได้ เพื่อสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของฟองอากาศในหลอดแก้วที่เต็มไปด้วยน้ำ ขณะเริ่มการทดลองฟองอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง A ดังภาพ เมื่อเวลาผ่านไปฟองอากาศค่อย ๆ เคลื่อนที่สูงขึ้น โดยพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ฟองอากาศจะเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง B



หากต้องการให้ฟองอากาศเคลื่อนที่ถึงตำแหน่ง B ควรปรับปรุงชุดการทดลองนี้อย่างไร

ก. ทดลองในห้องมืดที่เป็นระบบปิด

ข. เปิดโคมไฟให้แสงส่องใบพืชเพิ่มมากขึ้น

ค. เด็ดใบพืชออกบางส่วนและทาขี้ผึ้งตามรอยเด็ด

ง. เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของห้องให้มากขึ้น

จ. เปลี่ยนกิ่งพืชโดยใช้พืชชนิดเดิมที่มีจำนวนใบเท่าเดิมแต่มีขนาดใบเล็กลง

(สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2561)

ลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

วิรัช วรรณรัตน (2558, หน้า 1-12) ได้กล่าวลักษณะของข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ว่าเป็นความสามารถในการประยุกต์หลักการ เรื่องราวไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ลักษณะการสอบวัดระดับการนำไปใช้พิจารณา ได้ดังนี้

1. ลักษณะการถาม ได้แก่ การแก้ปัญหา การคิดคำนวณ และวิธีการปฏิบัติในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ที่มีลักษณะคล้ายเดิม

2. ลักษณะการสอบวัด ได้แก่

2.1 ถามหลักวิธีการ ความสอดคล้องของวิธีการปฏิบัติโดยการยกตัวอย่างจริง สถานการณ์จริง กับหลักวิชา

2.2 ถามวิธีการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและสถานการณ์กำหนด

2.3 ถามให้คิดคำนวณ หาคำตอบ จากโจทย์ปัญหา เงื่อนปมปัญหา

2.4 ถามวิธีการ ขั้นตอนการปฏิบัติ และลักษณะการกระทำในสถานการณ์จริง

2.5 ถามการใช้ภาษา การเลือกใช้วิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์เครื่องใช้ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนด

ตัวอย่างข้อสอบ

ถ้ามีสารอยู่ชนิดหนึ่ง สงสัยว่าจะเป็นสาร C หรือไม่ก็เป็นสาร E อย่างใดอย่างหนึ่ง วิธีการตรวจสอบที่สะดวกและทำได้รวดเร็วที่สุด ควรปฏิบัติอย่างไร และจะทราบได้อย่างไร ตอบ ..... (ประวิตร ชูศิลป์, 2547, หน้า 29-37)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากการเรียนการสอนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที โดยวัดครอบคลุมตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความรู้และความจำ (Knowledge) หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสดงว่ามีความจำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียนรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการอ่านหนังสือหรือฟังบรรยาย เป็นต้น

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนใช้ความคิดขั้นสูงกว่าความรู้ความจำ มีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแปลความหมายของความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาคำตอบ

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kim, Ko, Han and Hong (2014, pp. 43-54) ศึกษาผลของการประยุกต์สะตีม (STEAM Education) กับบทเรียนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ (Interest levels) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 โรงเรียนในประเทศเกาหลีใต้ พบว่านักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป

Kong and Hu (2014, pp. 41-45) ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ประเทศเกาหลีใต้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าห้องเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีความสนใจในรายวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าห้องเรียนแบบปกติ

Kant and Burckhard (2018, pp. 15-25) ได้ศึกษาการตอบสนองของเด็กผู้หญิงในโรงเรียนมัธยมศึกษาในวัฒนธรรมอเมริกันพื้นเมืองต่อกิจกรรม STEAM ของนักศึกษาพื้นเมืองสหรัฐอเมริกา พบว่ากิจกรรม STEM ที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมรวมกับศิลปะและงานฝีมือพื้นเมืองเพิ่มความสนใจในการศึกษา STEM และการประกอบอาชีพสำหรับเด็กมัธยมหญิงชาวอเมริกัน

พื้นเมือง และชอบการศึกษาของ STEAM และเชื่อว่าการได้รับปริญญาวิทยาลัยในวิชาเหล่านั้น นักเรียนอาจปรับปรุงคุณภาพชีวิตในชุมชนบ้านเกิดของตนเอง การมีส่วนร่วมของแบบจำลอง บทบาทสตรีและการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำนั้นเพิ่มความสนใจใน STEM โดยเฉพาะเมื่อแบบจำลองบทบาทเป็นนักศึกษาอเมริกันพื้นเมือง

หทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล (2558, หน้า 123-133) ได้ศึกษาผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสตีมศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย อายุระหว่าง 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนประตูชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสตีมศึกษา 5 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นที่ 4 การทดสอบและการประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังการจัดประสบการณ์สูงกว่าก่อนการจัดประสบการณ์

ชนัฎดา ภูโปร่ง (2559, หน้า 790-798) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เรื่องอาหารกับการดารงชีวิต พบว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา พบว่าค่า E1/E2 มีค่าเท่ากับ 79.89/77.06 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 ทักษะความคิดสร้างสรรค์จากแบบทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการประเมินด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และความสัมพันธ์หลังเรียนระหว่างทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่า R2 เท่ากับ 0.3915 และมีค่า r เท่ากับ 0.3884 หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธุ์ และมัฮดี แวดราแม (2560, หน้า 1-14) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านบูเกะตาโมง มิตรภาพที่ 128 อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส พบว่านักเรียนที่ได้รับ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 57.12 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี และมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

สมรัก อินทวิมลศรี (2560, หน้า 410-429) ได้ศึกษาผลการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สรุปนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดนอกกรอบ แสดงความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย บนพื้นฐานการบูรณาการเนื้อหาวิชารวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์คณิตศาสตร์ และศิลปะ นอกจากนี้ยังส่งเสริมและพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตในโลกอนาคตผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายกับผู้เรียนจึงส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนนั่นเอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อในการนำเสนอดังต่อไปนี้

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

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 5 ห้องเรียนที่คละความสามารถ รวม 193 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental research) โดยดำเนินการทดลองแบบ One group pretest posttest design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 248-249) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest posttest design

	ทดสอบก่อนเรียน	การจัดกระทำ	ทดสอบหลังเรียน
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ และกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยที่ทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่เลือกกำหนด วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) นักเรียนสร้างผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมาย โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นตอนการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนนำเสนอผลงาน/ชิ้นงาน หรืองานมอบหมายหน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินตนเองแบบรูบริค

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี และหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ของสถาบัน

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ สาระที่ 3: เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยกำหนดเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งได้ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 คาบ คาบละ 50 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 โครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการเรียนรู้ที่	**ผลการเรียนรู้**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**สาระการเรียนรู้**	**น้ำหนัก**	**คาบ (50นาที)**
1	1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ 2. สืบค้นข้อมูลอภิปราย และอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR	- การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย - การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	10	5
2	1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการหาขนาด DNA โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิล	- การหาขนาด DNA โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส	4	2
3	2. สืบค้นข้อมูลยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทาง	4. สืบค้นข้อมูลยกตัวอย่าง และอธิบายการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการสร้าง	- การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอด้าน	7	3

แผนการเรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนัก	คาบ (50นาที)
	ดีเอ็นเอไป ประยุกต์ใช้ทั้งใน ด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและ อุตสาหกรรม และข้อควร คำนึงถึงด้าน ชีวจริยธรรม	ผลิตภัณฑ์ทาง การแพทย์ การวินิจฉัย หรือการตรวจกรอง โรค และการรักษา 5. สืบค้นข้อมูลและ ยกตัวอย่างการใช้ เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับการปรับปรุง พันธุ์สิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ ประโยชน์ทางด้าน การเกษตร อุตสาหกรรม และ สิ่งแวดล้อม	การแพทย์และ เภสัชกรรม การวินิจฉัยโรค การบำบัดด้วยยีน ด้านการเกษตร และอุตสาหกรรม		
4	2. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และ อภิปรายการนำ เทคโนโลยีทาง ดีเอ็นเอไป ประยุกต์ใช้ทั้งใน ด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและ อุตสาหกรรม และข้อควร คำนึงถึงด้าน ชีวจริยธรรม	6. สืบค้นข้อมูลอธิบาย การวิเคราะห์ลายพิมพ์ ดีเอ็นเอในการใช้ ประโยชน์ด้านนิติ วิทยาศาสตร์และ วิเคราะห์ STR	- การประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีทาง ดีเอ็นเอด้าน นิติศาสตร์	5	2

แผนการเรียนรู้ที่	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	น้ำหนัก	คาบ (50นาที)
5	2. สืบค้นข้อมูลยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม	7. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพ และชีวจริยธรรมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	- เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม	4	2
			รวม	**30**	**14**

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1.4.1 สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด (รายวิชาพื้นฐาน)

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระการเรียนรู้

1.4.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.4.6 ชิ้นงาน/ภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

1.4.7 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง

1.4.8 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1.4.9 การวัดและประเมินผล

1.4.10 กิจกรรมเสนอแนะ (ถ้ามี)

1.4.11 บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ความเหมาะสมของรูปแบบกิจกรรม ความสอดคล้องในการดำเนินกิจกรรม วิธีการประเมินผลและภาษาที่ใช้เพื่อนำข้อบกพร่องมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นและทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ภาระงาน/ ชิ้นงาน สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเทียบกับเกณฑ์ที่มีลักษณะประเมินเป็นมาตรฐานประมาณค่า (Ratting Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 67-71)

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนน

ระดับคะแนนเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
ระดับคะแนนเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง เหมาะสมมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง เหมาะสมน้อย
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ซึ่งจากการวิเคราะห์มีค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.76, 4.80, 4.73, 4.80 และ 4.76 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวมคือ 4.77 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุง โดยเฉพาะกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยปรับให้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ค่อนข้างมีอย่างจำกัดก่อนนำไปใช้จริง

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ต่อไป

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และหนังสือเกี่ยวกับความหมายและรูปแบบวิธีการสร้างแบบทดสอบ การวัดผลประเมินผล แนวทางการวัดและประเมินวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.2 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ลักษณะ ดังนี้ 1) ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (Fluency) 2) ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (Flexibility) 3) ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (Originality) และ4) ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ (Elaboration)

2.3 สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยสร้างคำถามขึ้นเองในลักษณะเขียนตอบ จำนวน 17 ข้อ โดยที่ข้อคำถามที่ 1-10 ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบข้อละ 3 นาที ข้อคำถามที่ 11-17 ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบข้อละ 5 นาที ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 65 นาที โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	ข้อที่	รวม	ต้องการจริง
ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17	14	8
ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 3, 4, 5, 11, 14	7	5
ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17	13	6
ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	12, 13, 14, 15	4	3

2.4 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนโดยผู้วิจัยประยุกต์ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 4 ด้าน โดยประยุกต์ใช้เกณฑ์ของ Torrance (1992) ร่วมกับเกณฑ์การประเมินของ Clary, Brzuszek, and Fulford (2011) ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากเกณฑ์การประเมินของ Torrance (1992) ร่วมกับเกณฑ์การประเมินของ Clary, Brzuszek, and Fulford (2011)

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
		4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (ปานกลาง)	1 (ควรปรับปรุง)
ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	คะแนนที่ได้จากคำตอบทั้งหมดที่แตกต่างกันและเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับคำสั่งที่ให้	จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนนขึ้นไป	จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7-9 คะแนน	จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4-6 คะแนน	จำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 0-3 คะแนน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
		4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (ปานกลาง)	1 (ควรปรับปรุง)
	นักเรียนทำได้ให้คำตอบละ 1 คะแนน โดยไม่ต้องคำนึงว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่น				
ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	คิดคะแนนที่ได้จากการนับคำตอบตอบที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน และไม่คำนึงว่าคำตอบเหล่านั้นจะไปซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่	จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4-5 กลุ่ม	จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2-3 กลุ่ม	จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม
ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	คิดคะแนนที่ได้จากการนับคำตอบซึ่งเป็นคำตอบที่แปลก	คำตอบที่มีผู้ตอบ 0-1 คน	คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2-3 คน	คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4-6 คน	คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7 คนขึ้นไป

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
		4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (ปานกลาง)	1 (ควรปรับปรุง)
	ใหม่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น				
ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	คิดคะแนนที่ได้จากคำตอบที่มีการแสดงรายละเอียดอย่างชัดเจนมีความถูกต้องสมบูรณ์ และมีความเรียบร้อย	เขียนรายละเอียดและขยายความได้มาก เห็นภาพมีความถูกต้องสมบูรณ์และมีความเรียบร้อย	เขียนรายละเอียดได้ค่อนข้างดี แต่ยังไม่สามารถเขียนให้เห็นภาพได้เท่าที่ควร มีความถูกต้องและสมบูรณ์ และมีความเรียบร้อยบางส่วน	เขียนรายละเอียดได้บ้าง มีความถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ และไม่ค่อยมีความเรียบร้อย	เขียนรายละเอียดได้เล็กน้อย มีความถูกต้องความสมบูรณ์เป็นส่วนน้อยและไม่มีระเบียบ

2.5 กำหนดช่วงคะแนนร้อยละและระดับคุณภาพของแบบทดสอบและระดับคุณภาพของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพของการวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ช่วงคะแนนร้อยละและระดับคุณภาพของแบบทดสอบและระดับคุณภาพของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ช่วงคะแนนร้อยละ	ระดับคุณภาพ
76-100	ดีมาก
51-75	ดี
26-50	ปานกลาง
0-25	ควรปรับปรุง

2.6 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบทดสอบการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สมบูรณ์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล พร้อมทั้งนำตารางวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item- Objective Congruence Index: *IOC*) ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

2.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .60 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 269) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ

2.9 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ปรับปรุงแก้ไขเรื่องของภาษาที่ใช้ ปรับคำถามให้ชัดเจนขึ้น รวมทั้งรูปภาพที่ใช้ในคำถามให้มีความชัดเจนและตรงกับจุดประสงค์ที่ตรงการจะวัด แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่

กลุ่มตัวอย่างที่เรียนเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาแล้ว ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน

2.10 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อ เพื่อคำนวณหาดัชนีความยาก (*p*) จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 299) และหาค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบอัตนัยจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 308) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ .20-.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20-1.00 จำนวน 10 ข้อ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด สำหรับการวิจัยครั้งนี้มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .42-.67 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .40-.84 และผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .46-.67 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .40-.73 ได้แก่ข้อที่ 1, 2, 3, 6, 8, 11, 13, 14, 15 และ 17 จำนวน 10 ข้อ และนำมาเรียงลำดับข้อใหม่เพื่อใช้ทดสอบจริงดังนี้ ข้อคำถามที่ใช้ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 8 ข้อ (ข้อที่ 1-7, 10) ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ (ข้อที่ 1-3, 6, 8) ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ (ข้อที่ 1, 5, 7-9, 10) และความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ (ข้อที่ 7-9) โดยที่ข้อคำถามที่ 1-5 ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบข้อละ 3 นาที ข้อคำถามที่ 6-10 ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบข้อละ 5 นาที ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 40 นาที

2.11 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ โดยการใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett) (กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์, 2540, หน้า 177-178) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.91

2.12 จัดพิมพ์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี รวมทั้งคู่มือแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา และผลการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

3.2 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายและรูปแบบวิธีการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวัดครอบคลุมตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยพิจารณาจากสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยทำการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน โดยวัดครอบคลุมตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						ต้องการจริง
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การนำความรู้และ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	รวม	
1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	6 (3)	4 (2)	-		-	10	5
2. อภิปราย และอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR	8 (4)	4 (2)	-		2 (1)	14	7
3. อธิบายการหาขนาด DNA โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิล	2 (1)	3 (2)	-		-	5	3

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์		การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้			
4. ยกตัวอย่าง และอธิบายการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ การวินิจฉัยหรือการตรวจกรองโรคและการรักษา	-	-	6 (3)		5 (2)		11	5
5. ยกตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสำหรับการปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม	-	2 (1)	2 (1)		4 (2)		8	4
6. อธิบายการวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการใช้ประโยชน์ด้านนิติวิทยาศาสตร์และวิเคราะห์ STR	2 (1)	4 (2)	-		2 (1)		8	4
7. อภิปรายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพ และชีวจริยธรรมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	2 (1)	-	-		2 (1)		4	2
รวม	20	17	8		15		60	30
ต้องการจริง	10	9	4		7			

3.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice) จำนวน 60 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

3.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล พร้อมทั้งนำตารางวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item- Objective Congruence Index: *IOC*) ของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+ 1 หมายถึง แน่ใจว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

3.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .60 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 269) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ

3.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาแล้ว ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ตนเอง แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงเรื่องของภาษาให้ชัดเจนขึ้น

3.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนน โดยให้คะแนนตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อ เพื่อหาค่าความยาก (*p*) และคำนวณหาดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน (*B*) (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 307) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ .20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20-1.00 จำนวน 30 ข้อ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด สำหรับการวิจัยครั้งนี้มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .13-.95 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .06 - .77 และผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .38-.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .20-.70 จำนวน 30 ข้อ

3.10 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 286) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.81

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ

3.12 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไปใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน

วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) เตรียมนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยขอความร่วมมือจากครูผู้สอนที่ไม่ได้สอนผู้เรียนเป็นผู้ช่วยวิจัย เพื่อให้ดำเนินการชี้แจงนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แนะนำวิธีการเรียน วัตถุประสงค์ การวัดประเมินผล รวมทั้งขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมทั้งชี้แจงรายละเอียดและให้ผู้เรียนลงนามยินยอมในเอกสารขอความยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครองผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยก่อนเริ่มการทดลอง และคัดเลือกนักเรียนที่ยินดีจะเข้าร่วมตลอดโครงการวิจัยเพื่อดำเนินการวิจัย

2) ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 40 นาที และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 60 นาที ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพปรับปรุงและแก้ไขแล้ว

3) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษากับกลุ่มตัวอย่างด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ จำนวน 5 แผนการสอน ใช้เวลา 14 คาบเรียน (คาบละ 50 นาที) สัปดาห์ละ 3 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4) เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 40 นาที และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 60 นาที ซึ่งเป็นฉบับเดิม (คนละชุดกับข้อสอบของห้องเรียนที่เรียนตามปกติ) และผลคะแนนสอบทุกครั้งจะถูกเก็บเป็นความลับและจะไม่แพร่งพรายให้บุคคลอื่นทราบหากนักเรียนไม่ยินยอมเปิดเผยข้อมูล

5) นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป และแจ้งผลการทดสอบให้นักเรียนรู้เป็นรายบุคคล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S*) สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลคะแนนทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S*) สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S*) สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One Sample *t-test*) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean: $\bar{X}$) โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 19)

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

โดยที่ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S*) โดยใช้สูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 172)

$$S = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X^2)}{n(n-1)}}$$

โดยที่ S หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item- Objective Congruence Index: *IOC*) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

โดยที่ *IOC* หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยาก (*p*) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 299)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{min})}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

โดยที่ p หมายถึง ดัชนีความยาก

S_H หมายถึง ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.3 หาค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 298)

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

โดยที่ p หมายถึง ดัชนีความยาก

f หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูก

n หมายถึง จำนวนผู้เข้าสอบ

2.4 หาค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 308)

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{max} - X_{min})}$$

โดยที่ D หมายถึง อำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H หมายถึง ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.5 หาค่าอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของเบรนแนน (B) (ไพศาล วรคำ, 2559, หน้า 307)

$$B = \frac{f_p}{n_p} - \frac{f_F}{n_F}$$

โดยที่ B หมายถึง ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน

f_p หมายถึง จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มผ่านเกณฑ์ (pass)

f_F หมายถึง จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (fail)

n_p หมายถึง จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์

n_F หมายถึง จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

2.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบอิงเกณฑ์ โดยใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett's method) (กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์, 2540, หน้า 177-178)

$$r_{ck} = \frac{MS_p - MS_e}{MS_p}$$

โดยที่ r_{ck} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่น

MS_p หมายถึง ค่า mean square ของคะแนนจากผู้สอบ = $\frac{SS_p}{df_p}$

MS_e หมายถึง ค่า mean square ของความคลาดเคลื่อน = $\frac{SS_e}{df_e}$

ซึ่ง $SS_e = SS_{tot} - SS_p - SS_i$ และ $df_e = (k-1)(n-1)$

โดยที่ k หมายถึง จำนวนข้อ

n หมายถึง จำนวนผู้สอบ

ซึ่ง $SS_p = k\sum_{i=1}^{n}(\bar{X}_i - C)^2$ และ $df_p = n$

โดยที่ C หมายถึง เกณฑ์ที่ตั้งไว้

ซึ่ง $SS_i = n\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_j - X)^2$

ซึ่ง $SS_{tot} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}(\bar{X}_{ji} - X)^2$

2.7 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 286)

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

โดยที่ r_{∞} หมายถึง ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K หมายถึง จำนวนข้อสอบ

X หมายถึง คะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน

c หมายถึง คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน

3.1 ใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มไม่อิสระ (Dependent samples *t*-test หรือ Paired-samples *t*-test) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1) และเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.2 ใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One-Sample *t*-test) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนคนในกลุ่มทดลอง

$\bar{X}$ แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t

p แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

* แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	*S*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	40	35.80	7.08	39	8.343*	.000
หลังเรียน	40	45.15	6.57			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-1 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ผลดังตารางที่ 4-2 และตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

กลุ่มทดลอง	***n***	$\bar{X}$	$\bar{X}$ร้อยละ	***S***
หลังเรียน	40	45.15	51.31	6.56

จากตารางที่ 4-2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 51.31 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพของการวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนนร้อยละ	76-100	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
คะแนนร้อยละ	51-75	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
คะแนนร้อยละ	26-50	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปานกลาง
คะแนนร้อยละ	0-25	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ควรปรับปรุง

สรุปได้ว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับดีขึ้นไป

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และระดับคุณภาพขององค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	$\bar{X}$ร้อยละ	S	ระดับคุณภาพ
1. ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	32	13.63	42.58	2.61	ปานกลาง
2. ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	20	11.25	56.25	1.53	ดี
3. ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	24	13.68	57.00	2.81	ดี
4. ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	12	6.60	55.00	2.13	ดี
รวม	88	45.15	51.31	2.27	ดี

จากตารางที่ 4-3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยรวมเท่ากับ 51.31 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 56.25 57.00 และ 55.00 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ส่วนองค์ประกอบความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42.58 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพปานกลาง

3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ผลดังตารางที่ 4-4 และตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มทดลอง	***n***	$\bar{X}$	***S***	***df***	***t***	***p***
ก่อนเรียน	40	10.45	3.12	39	11.811*	.000
หลังเรียน	40	19.15	3.04			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 10.45 และ 19.15 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปได้ว่าคะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Klopfer ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละด้าน	**กลุ่มทดลอง**			
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**	**คะแนนที่เพิ่ม**	**ร้อยละที่เพิ่ม**
ความรู้ความจำ	3.93	7.27	3.35	33.50
ความเข้าใจ	3.35	6.83	3.48	38.61
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1.25	2.80	1.55	38.75
การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	1.92	2.25	0.32	4.64
ค่าเฉลี่ยรวม	10.45	19.15	8.70	28.87

จากตารางที่ 4-5 พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนในแต่ละด้านได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีค่าเท่ากับ 3.93 3.35 1.25 และ 1.92 ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 7.27 6.83 2.80 และ 2.25 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นมา 3.35 3.48 1.55 และ 0.32 คะแนนตามลำดับเช่นกัน นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยรวมหลังเรียนก็เพิ่มขึ้นมาจากก่อนเรียน 8.70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 28.87 เช่นกัน

4. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60 ได้ผลดังตารางที่ 4-6 และตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ (One sample *t-test*)

กลุ่มทดลอง	***n***	**เกณฑ์**	$\bar{X}$	***S***	***df***	***t***	***p***
หลังเรียน	40	18	19.15	3.04	39	39.803*	.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-6 พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 19.15 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 (18 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ซึ่ง เป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Klopfer หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ร้อยละ 60)

พุทธิพิสัย 4 ด้านตามแนวคิดของ Klopfer	**คะแนนเต็ม**	**เกณฑ์**	$\bar{X}$	$\bar{X}$ร้อยละ	S
1. ความรู้ความจำ	10	6.00	7.28	72.75	1.30
2. ความเข้าใจ	9	5.40	6.83	75.83	1.39
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	2.40	2.80	70.00	0.52
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	7	4.20	2.25	32.14	0.74
รวม	30	18	19.15	63.83	3.04

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละด้านความเข้าใจมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 75.83 รองลงมาคือด้านความรู้ความจำ มีค่าเท่ากับ 72.75 ลำดับถัดมาคือด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 70.00 ส่วนด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีค่าน้อยที่สุดคือ 32.14

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบแผนการทดทองเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental research) โดยดำเนินการทดลองแบบ One group pretest posttest design วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*) และวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One Sample *t-test*)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าคะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลการวิจัยและมีประเด็นการอภิปรายดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และอยู่ในระดับดีขึ้นไปทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน รวมทั้งนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาใช้เพื่อแก้ปัญหาผ่านสถานการณ์ได้อย่างสร้างสรรค์ มีการแลกเปลี่ยน

ความคิดเห็นอย่างไตร่ตรองและการอภิปราย ซึ่งจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เน้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา วิเคราะห์ขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ และทักษะกระบวนการที่จำเป็นต้องตอบคำถาม คิดอย่างเป็นระบบ คิดอย่างสร้างสรรค์ผ่านโดยใช้ข้อมูลที่เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด มีมุมมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันเปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมือนใคร ใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น หาวิธีคิดนอกกรอบ มีการสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มีการนำความรู้ชีววิทยามาเพื่อออกแบบสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานผ่านการใช้ศิลปะในการออกแบบ สร้าง และปรับปรุงผลงานที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีให้มีความแปลกใหม่แตกต่างจากของเดิมที่มีอยู่แล้วหรือที่พบเห็นได้โดยทั่วไป นอกจากนี้การใช้ศิลปะในสะตีมศึกษานั้นเป็นส่วนหนึ่งของผลงานหรือชิ้นงานที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วม เนื่องจากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อศิลปะที่ชอบให้เข้ากับการสร้างวีดีทัศน์ การนำเสนอผลงาน รวมทั้งการปรับปรุงชิ้นงานหรือผลงานดังกล่าว ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในขณะเดียวกันนั้นระหว่างการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนักเรียนจะได้เผชิญกับอุปสรรคและปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นส่งผลให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเองและเกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ เกิดขึ้นไปด้วย รวมทั้งมีการทำงานเป็นทีมและการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดกันอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Kim, Ko, Han and Hong (2014, pp. 43-54) ที่ได้ศึกษาผลของการประยุกต์สะตีม (STEAM Education) กับบทเรียนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ (Interest levels) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 โรงเรียนในประเทศเกาหลีใต้ พบว่านักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐดนัย เนียมทอง (2561) ได้กล่าวว่า STEAM Education เป็นแนวคิดการศึกษาที่มีลักษณะเชื่อมโยงกันด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม และศิลปะ โดยเฉพาะศิลปะจะเข้ามาช่วยเสริมเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ สร้างแรงบันดาลใจ และความสุขในการเรียนรู้สู่การเติบโต รวมทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) อาจนำไปสู่วินัยในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี และเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับงานวิจัยของชนัฎดา ภูโปร่ง (2559, หน้า 790-798) ที่ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคาม

พิทยาคม เรื่องอาหารกับการดารงชีวิต พบว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา พบว่า ค่า E1/E2 มีค่าเท่ากับ 79.89/77.06 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 ทักษะความคิดสร้างสรรค์จากแบบทดสอบก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการประเมินด้วยแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และความสัมพันธ์หลังเรียนระหว่างทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่า R2 เท่ากับ 0.3915 และมีค่า r เท่ากับ 0.3884 หมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยร้อยละความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 51.31 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ และความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 56.25 57.00 และ 55.00 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพดี ส่วนองค์ประกอบความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42.58 อยู่ในเกณฑ์ระดับคุณภาพปานกลาง อาจจะเป็นคะแนนที่ไม่ได้สูงเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการใช้ทักษะกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์นั้นต้องใช้เวลาในการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะซึ่งเป็นการคิดคำตอบที่ถูกต้องและมีความเป็นไปได้ภายในเวลาที่จำกัด นอกจากนี้ทักษะด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้องและหลากหลายประเภท การจัดกลุ่มหรือหมวดหมู่ที่ไม่ซ้ำกัน และมีความเป็นไปได้ ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นความสามารถในการคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากเดิมหรือแตกต่างจากบุคคลอื่นและสอดคล้องกับบริบทและความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่งเพื่อให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งผู้เรียนอาจจะไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควรในการเรียนที่ผ่านมา ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการคิดค่อนข้างนาน นอกจากนี้จำนวนและลักษณะของข้อสอบอัตนัยนั้นอาจจะจำนวนมากเกินไปภายในเวลาที่จำกัด อาจจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย เกิดความซ้ำซ้อนของแบบทดสอบ รวมทั้งผู้เรียนบางส่วนนั้นมีทักษะในการตีความของคำถามในแบบทดสอบได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลต่อคำตอบที่ไม่ได้อยู่ในกรอบที่ถูกต้อง

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าคะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสูงกว่าก่อนเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป ทั้งนี้การที่ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ร้อยละ 60 นั้น เนื่องจากเป็นเกณฑ์กำหนดค่าเป้าหมายของโรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี เพื่อการพัฒนาตามมาตรฐานการศึกษาของสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษา ตามมาตรฐานที่ 1 ด้านคุณภาพผู้เรียน โดยใช้เกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ได้กำหนดการผ่านเกณฑ์ไว้ไม่ต่ำกว่าระดับผลการเรียน 2.00 ตั้งแต่ช่วงคะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตามเกณฑ์ร้อยละ 60 ดังกล่าวของโรงเรียนบางละมุงเป็นเกณฑ์ตัดสินผลการเรียนซึ่งคะแนนร้อยละดังกล่าวได้รวมในส่วนของคะแนนพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยตลอดปีการศึกษา แต่สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้เฉพาะคะแนนพุทธิพิสัยสำหรับหนึ่งบทเรียนเท่านั้น และจากการที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์นั้นเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โดยได้บูรณาการและเชื่อมโยงกันของเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และการแก้ไขปัญหา โดยมีลำดับขั้นตอนการสอนตั้งแต่ระบุและกำหนดปัญหา โดยใช้สถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญ และสถานการณ์ที่ใช้เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอรวมทั้งเนื้อหาด้านเทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ หลังจากนั้นนักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อวิเคราะห์รายละเอียดแลกเปลี่ยนหาสาเหตุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด ซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนตามหัวข้อที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากนี้นักเรียนได้แบ่งหน้าที่กันเพื่อสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างละเอียดเข้มข้นเพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้ โดยการออกแบบและสร้างผลงานหรือชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เกิดองค์ความรู้อย่างลึกซึ้งและตอบคำถามได้อย่างถูกต้องชัดเจนผ่านการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม รวมทั้งการแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น ประเมินและปรับปรุง สะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วมชั้นได้อย่างถูกต้อง จึงส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kong and Hu (2014, pp. 41-45) ที่ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ประเทศเกาหลีใต้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าห้องเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีความสนใจในรายวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าห้องเรียนแบบปกติ รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธุ์ และมัฮดี แวดราแม (2560, หน้า 1-14) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านบูเกะตาโมง มิตรภาพที่ 128 อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานราธิวาส เขต 3 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างดี และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 57.12 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำหลังการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี และมีคะแนนพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของสมรัก อินทวิมลศรี (2560, หน้า 410-429) ได้ศึกษาผลการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Klopfer หลังเรียนด้านความเข้าใจมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 75.83 รองลงมาคือด้านความรู้ความจำมีค่าเท่ากับ 72.75 ลำดับถัดมาคือด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 70.00 ส่วนด้าน

การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีค่าน้อยที่สุดคือ 32.14 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเนื้อหาค่อนข้างเป็นนามธรรม เนื้อหาค่อนข้างยาก และเรื่องที่อาจจะไกลตัวของนักเรียน รวมทั้งบริบทของทางโรงเรียนบางละมุงนักเรียนส่วนใหญ่ติดตามบิดามารดาซึ่งเข้ามาทำงานเป็นแรงงานในพื้นที่ประกอบกับขาดแรงจูงใจในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะสายงานด้านวิทยาศาสตร์ จึงส่งผลให้นักเรียนขาดแรงจูงใจและมองเนื้อหารายวิชาดังกล่าวเป็นเรื่องที่ไกลตัว

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละที่กำหนด ซึ่งเกิดจากการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน ผ่านการคิดวิเคราะห์คิดอย่างสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเหตุมีผล สืบค้นหาข้อมูล ออกแบบสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาผ่านสถานการณ์ที่กำหนดมีการนำเสนอ และประเมินปรับปรุงผลงานหรือชิ้นงาน ส่งผลให้ผู้เรียนได้รับองค์ความรู้และเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ครูผู้สอนควรเตรียมการสอนล่วงหน้าอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถจัดการกับลำดับการจัดกิจกรรมการสอนให้เป็นไปตามลำดับขั้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีขั้นตอนการจัดการเรียนที่สอนที่มีความต่อเนื่องกัน รวมทั้งสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ ควรเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถพบในชีวิตประจำวัน กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนผ่านการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

2. เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนผู้เรียนจะสามารถทำกิจกรรมได้ให้ครบตามขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาค่อนข้างมาก และบางเนื้อหาในบทเรียนถูกจำกัดด้วยเวลา ครูผู้สอนควรควบคุมเวลาหรือยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสมและความสามารถของผู้เรียน รวมทั้งอาจใช้เวลานอกห้องเรียนในการให้คำปรึกษากับผู้เรียนได้

3. ครูผู้สอนควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมอยู่เสมอ นอกจากนี้ควรแนะนำแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ให้ผู้เรียน

4. ครูผู้สอนควรกระตุ้นสนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ออกแบบ สร้าง และนำเสนอชิ้นงานหรือผลงานอย่างสร้างสรรค์และหลากหลาย รวมทั้งมีการประเมินที่ตรงกับสภาพจริงและเหมาะสมให้มากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเออยู่ในระดับดีแต่คะแนนอาจจะไม่ได้สูงขึ้นจากก่อนเรียนเท่าที่ควรนัก ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการออกข้อสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งความเหมาะสมของข้อคำถาม ลักษณะของคำถาม และอาจเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น

2. จากผลคะแนนในงานวิจัยครั้งนี้ ยังพบว่าคะแนนองค์ประกอบความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด ส่วนคะแนนองค์ประกอบความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาหรือมีการวิจัยเพิ่มเติมถึงสาเหตุว่าเพราะเหตุใดถึงเป็นเช่นนั้น รวมทั้งความพึงพอใจหรือเจตคติทางวิยาศาสตร์ของผู้เรียนต่อไป

3. การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นในการทำวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสมกับเวลาที่มีค่อนข้างจำกัด

4. ในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำแนวทางจากงานวิจัยนี้ไปบูรณาการกับเนื้อหาในรายวิชาอื่น ๆ ได้เพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์. (2540). *การวัด การวิเคราะห์ การประเมินทางการศึกษาเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

กรมวิชาการ. (2544). *ความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

กรมวิชาการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรรณิการ์ ฤกษ์โอภาส. (2561). *กระทรวงศึกษาธิการกับภารกิจส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Steam เน้นกระบวนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านชิ้นงานศิลปะ*. เข้าถึงได้จาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=52662&Key=hotnews.

จินตนา เทศแอม. (2551). *ชุดฝึกกระบวนการวิทยาศาสตร์บูรณาการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*, ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ชนัฏดา ภูโปร่ง. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1"นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0"* (หน้า 790-798). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ณัฐดนัย เนียมทอง. (2561). *จาก STEM สู่ STEAM*. เข้าถึงได้จาก https://www.scimath.org/article-stem/item/7812-stem-steam.

ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์. (2560). *เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.* ชลบุรี: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. เอกสารประกอบการสอน.

ณัฐวุฒิ จันละมุด. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโมเดลซิปปาและการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT*. ปริญญานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทัศนี พฤษชลธาร. (2517). *การสร้างแบบสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชามัธยมศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ประดิษฐ์ สนั่นเอื้อ. (2527). *ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดกาฬสินธุ์*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประวิตร ชูศิลป์. (2547). ข้อคิดในการออกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์. *วารสารทางวิชาการวิทย์พิบูลสาร ฉบับวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ*. 29-37.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2550). *หลักการวัดและประเมินผลทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ออฟเคอร์มิสท์.

ฟัตมาอัสไวนี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธุ์ และมัฮดี แวดราแม. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 4(2), 1-14.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2557). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21: ต้องก้าวให้พ้นกับดักของตะวันตก*. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา(Education Research)* (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

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

ภัทรจันทร์ ใจสว่าง. (2530). *การสอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ภาควิชามัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาณุเดช หงษาวงศ์. (2538). *ทักษะสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน, คณะคุรุศาสตร์, สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*(พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

เรียนสิงคโปร์ดอทคอม. (2553). Canadian International School กับ STEAM EDUCATION ทักษะใหม่แห่งอนาคต. เข้าถึงได้จาก http://www.riansingapore.com/%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%8C/canadianinternationalschool.html.

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

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *การวัดด้านจิตพิสัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วิรัช วรรณรัตน. (2558). หลักและวิธีการสอบวัด. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์*, 1(2), 1-12.

วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์. (2559). *ความคิดสร้างสรรค์กับการพัฒนาการศึกษาไทย.* เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/darunsitpattanarangsan/sara-na-ru/khwam-khid-srangsrrkh-kab-kar-phathnakar-suksa-thiy-doy-dr-wiriya-va-chay-phanichy.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2523). *การวัดผลการศึกษาและสถิติเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: กองวิจัยการศึกษาสำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

วีณา ประชากูล. (2549). การเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ ของเด็กปฐมวัย. *วารสารวิชาการ*, 9(4), เข้าถึงได้จาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=10400&Key=hotnews.

ศูนย์ข่าวสารประเทศไทย. (2561). *ผลวิจัยไมโครซอฟท์-ไอดีซี ย้ำ ความคิดสร้างสรรค์คือทักษะสำคัญ ในโลกอนาคตที่ขับเคลื่อนด้วย AI.* เข้าถึงได้จาก https://news.microsoft.com/th-th/2019/04/04/idc_skillsai_th/.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2561). *แบบทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2560 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.*

สายหยุด ผดุงจันทน์. (2551). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ชีววิทยา รหัส ว 40243 เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพศิรินทร์ พุแค.* โรงเรียนเทพศิรินทร์ พุแค จังหวัดสระบุรี, สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสระบุรี เขต 1, สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ.

สิราวรรณ จรัสรวีวัฒน์. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในยุคประเทศไทย 4.0 ตามแนวคิด STEM, STEAM และ STREAM. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 13(1), 19-30.

สิทธิชัย สายเสมา. (2557). *การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน CBL*. เข้าถึงได้จาก http://sites.google.com/site/edtechsukm/kar-cadkar-reiyn-kar-sxn-cheing-srangsrrkh.

สุพัตรา ทาวงศ์. (2554). *ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking)*. เข้าถึงได้จาก http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MTJwaEKUgZ8J:dspace.spu.ac.th/bitstream/123456789/1040/1/%25E0%25B8%2584%25E0%25B8%25A7%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A1%25E0%25B8%2584%25E0%25B8%25B4%25E0%25B8%2594%25E0%25B8%25AA%25E0%25B8%25A3%25E0%25B9%2589%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%2587%25E0%25B8%25AA%25E0%25B8%25A3%25E0%25B8%25A3%25E0%25B8%2584%25E0%25B9%258C.doc+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=th.

สุธรรม อ่อนคำ. (2534). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยมีการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒประสานมิตร.

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. (2527). *เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์*.

สมปัญญา ศรีภคนานนท์. (2535). *การศึกษาความสามารในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดกิจกรรมซ่อมแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาจิตวิทยาการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมรัก อินทวิมลศรี, สกลรัชต์ แก้วดี และสิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์. (2560). ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 47(2), 410-429.

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

โสพล มีเจริญ. (2548). *การพัฒนารูปแบบการเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. ปริญญานิพนธ์ดุษฎีนิพนธ์, สาขาเทคโนโลยีการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สำนักงาน กพ. (2559). *การคิดสร้างสรรค์*. หนังสืออิเล็กนิกส์,

หทัยภัทร ไกรวรรณ และปัทมาวดี เล่ห์มงคล. (2558). ผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสตีมศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 32(1), 123-133.

อารี พันธ์มณี. (2558). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Aktamis, H., Pekmez, E. S., Can, T. B., & Ergin, O. (2018). Developing Scientific Creativity Test. *University of Dokuz Eylul, Fen Bölümü, IZMIR-TURKEY*, 1-6.

Ayas, M. B & Sak, U. (2013). Creative Scientific Ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(3), 316-329

All Education school. (2018). *Resources for Current & Future STEAM Educators*. Retrieved from https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education/

Bloom, Benjamin S. & other. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill Book.

Clary, R.M., Brzuszek, R.F., & Fulford, C.T. (2011). Measuring Creativity: A Case Study Probing Rubric Effectiveness for Evaluation of Project-Based Learning Solutions. *Creative Education*, 2(4), 333-340. DOI:10.4236/ce.2011.24047.

College of Engineering, University of Colorado Boulder. (2019). *Curricular Unit: Creative Engineering Design*. Retrieved from https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess.

Fioriello, P. (2010). *Understanding the basics of STEM education*. Retrieved from http://drpfconsults.com/ understanding-the-basics-of STEM-education.

Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Co.

Hu, W. & Adey. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *INT. J. SCI. EDUC*, 24(4), 389-403.

Kant, J.M. & Burckhard, S.R. (2018). engaging high school girls in native american culturally responsive steam enrichment activities. *Journal of STEM Education*, 18(5), 15-25.

Kim, D., Ko, D.G., Han, M., & Hong, S. (2014). The Effects of Science Lessons Applying STEAM Education Program on the Creativity and Interest Levels of Elementary Students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54.

Kong, Y.T. & Hu, S.C. (2014). An Effect of STEAM Activity Programs on Science Learning Interest. *Advanced Science and Technology Letters*, 59, 41-45.

Klopfer, E. L. (1971). Handbook on formative and summative evaluations. New York: *Addison-Wesley.*

Orrow, M. (2019). *The value of STEAM*. Retrieved from https://www.nordangliaeducation.com/teaching-and-learning/enriched-curricula/our-approach-to-steam/building-skills-for-the-21st-century.

Ministry of Education's online in New Zealand. (2013). *Benefits of STEAM learning*. Retrieved from http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM.

Park. H. & Shin. Y. (2012). *Effects of science lesson applying STEAM Education on self-Efficacy,interest, and attitude toward science*. Biology Education, 40(1), 132-146

Patrick. (2018). *Full STEAM ahead for 21st century citizens.* Retrieved from https://www.schoolnews.co.nz/2018/02/full-steam-ahead-for-21st-century-citizens/.

Piltz, A. & Surd, R. (1968). *Creative Teaching of Science in Elementary School.* Boston: Allyn and Bacon.

Plan for kids. (2018). *STEM TO STEAM*. Retrieved from https://www.planforkids.com/readparentblog.php?parentblogid=32.

Riley, S. (2014). *How to STEAM*. Retrieved from https://educationcloset.com/steam/how-to-steam/.

Riley, S. (2016). *6 STEPS TO CREATING A STEAM CLASSROOM*. Retrieved from https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/.

Torrance, E. P. (1992). *A nation climate for creativity and invention. Gifted Child Today, 15(1), 10-14.*

University-Portland. (2019). *The Benefits of Teaching STEAM Lessons*. Retrieved from https://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/benefits-of-teaching-steam/.

University of San Diego. (2019). *Why is STEAM so Important?.* Retrieved from https://online degrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/.

Yakman, G. (2008). *STEAM Education: A overview of creating a model of integrative education,* 1-21.

Yakman, G. (2010). *STEAM Education:What is the point of STEAM-A brief overview*. Retrieved from http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM.

Yakman, G., & Lee, H. (2012). *Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea.* J Korea Assoc. Sci. Edu, 32(6), 1072-1086.

Yang, K., Lin, S., Hong, Z., & Lin, H. (2016). Exploring the Assessment of and Relationship Between Elementary Students' Scientific Creativity and Science Inquiry. *Creativity Research Journal*, 28(1), 16-23, DOI : 10.1080/10400419.2016.1125270.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ปั้นหุ่น	อาจารย์ประจำภาควิชาการวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
2. ดร. สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา)
3. ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
4. นายจักรกฤช เลื่อนกฐิน	อาจารย์โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี การวิจัยและสถิติทางการศึกษา (กศ.ม.) ตำแหน่งครู คศ.3 วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
5. นางวัลยา เลื่อนกฐิน	อาจารย์โรงเรียนบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา (วท.ม.) ตำแหน่งครู คศ.3 วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา)

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทรศัพท์ ๐๒๒๘, ๒๐๖๘

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ ๑๗๑๘ **วันที่** ๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทรศัพท์ ๐๒๒๘, ๒๐๖๘

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ ๑๗๑๘ **วันที่** ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทรศัพท์ ๐๒๒๘, ๒๐๖๘

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ ๑๗๒๐ **วันที่** ๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร. สมศิริ สิงห์ลพ

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ว.๐๙๓๑

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน นายจักรกฤช เลื่อนกฐิน
สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงงานย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๑๘.๔/ว.๐๙๓๑

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

๙ ธันวาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน นางวัลยา เลื่อนกฐิน
สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงงานย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๓๒๖

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

๒๖ มิถุนายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบางละมุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร รหัสประจำตัวนิสิต ๖๑๙๒๐๑๒๙ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ระดับบุคคลและระดับกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (Steam) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ (The Effects of Steam-Based Education Approach on Creative Thinking and Learning Achievement in DNA Technology of 10th Grade Students.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๑ ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๓ จำนวน ๔๐ คน ระหว่างวันที่ ๑ – ๓๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่เบอร์โทร ๐๙๕-๖๗๖๒๓๕๙

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/ [illegible]

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

๒๖ มิถุนายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบางละมุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนางสาวธัญชนก ทาระเนตร รหัสประจำตัวนิสิต ๖๑๙๒๐๑๒๙ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ระดับบุคคลและระดับกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (Steam) ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ (The Effects of Steam-Based Education Approach on Creative Thinking and Learning Achievement in DNA Technology of 10th Grade Students.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๑ ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๓ จำนวน ๔๐ คน ระหว่างวันที่ ๑ – ๓๑ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่เบอร์โทร ๐๙๕-๖๗๖๒๓๕๙

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

ภาคผนวก ข

- ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- การวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- การวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- ตารางวิเคราะห์ *t-test* ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-1 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. สาระสำคัญ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
5.1 การนำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 การมอบหมายงานหรือนำเสนอบทเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 การเสริมโครงสร้างทางพุทธิพิสัย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. สื่อ/แหล่งเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย						4.76	0.47	

ตารางที่ ข-2 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหาขนาด DNA โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	S	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. สาระสำคัญ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
5.1 การนำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 การมอบหมายงานหรือนำเสนอบทเรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 การเสริมโครงสร้างทางพุทธิพิสัย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	4	5	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. สื่อ/แหล่งเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย						4.80	0.37	

ตารางที่ ข-3 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	S	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. สาระสำคัญ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
5.1 การนำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 การมอบหมายงานหรือนำเสนอบทเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 การเสริมโครงสร้างทางพุทธิพิสัย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	4	5	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. สื่อ/แหล่งเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย						4.73	0.44	

ตารางที่ ข-4 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอด้านนิติวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					$\overline{X}$	S	**ระดับความเหมาะสม**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**			
1. สาระสำคัญ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
5.1 การนำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 การมอบหมายงานหรือนำเสนอบทเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 การเสริมโครงสร้างทางพุทธิพิสัย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	5	5	5	5	4	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. สื่อ/แหล่งเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย						4.80	0.37	

ตารางที่ ข-5 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. สาระสำคัญ	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
5.1 การนำเสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 การมอบหมายงานหรือนำเสนอบทเรียน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 การเสริมโครงสร้างทางพุทธิพิสัย	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	4	5	5	5	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. สื่อ/แหล่งเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย						4.76	0.43	

จากการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.76, 4.80, 4.73, 4.80 และ 4.76 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวม 4.77 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47, 0.37, 0.44, 0.37 และ 0.43 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวม 0.42

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-6 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อสอบข้อที่	พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	0	1	1	1	4.00	0.80
2	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
3	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
4	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00

ข้อสอบข้อที่	พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
5	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
6	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
7	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
8	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5อ	1.00
9	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
10	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
11	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80

ข้อสอบข้อที่	พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
12	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
13	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	0	1	4.00	0.80
14	ความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
15	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดละเอียดอ่อนทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
16	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00

ข้อสอบข้อที่	พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
17	ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	ความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	1	1	5.00	1.00
		ค่าเฉลี่ย					**4.74**	**0.95**

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ระหว่าง .80-1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ .95

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-7 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	1	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	2	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	3	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	4	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	5	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	6	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	7	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	8	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	9	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	10	1	1	1	-1	1	3.00	0.60
2. อภิปราย และอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR	11	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	12	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	13	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	14	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	15	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	16	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	17	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	18	1	1	1	1	1	5.00	1.00

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	19	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	20	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	21	1	1	1	-1	1	3.00	0.60
	22	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	23	1	1	1	0	1	4.00	0.80
	24	1	1	1	0	1	4.00	0.80
3. อธิบายการหา	25	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ขนาด DNA โดยใช้	26	1	1	1	1	1	5.00	1.00
เทคนิคเจลอิเล็ก	27	1	1	1	1	1	5.00	1.00
โทรฟอรีซิล	28	1	1	1	1	1	5.00	1.00
4. ยกตัวอย่าง และ	29	1	1	1	1	1	5.00	1.00
อธิบายการใช้	30	1	0	1	-1	1	2.00	0.40
เทคโนโลยีทาง	31	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ดีเอ็นเอในการสร้าง	32	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ผลิตภัณฑ์ทาง	33	1	1	1	1	1	5.00	1.00
การแพทย์ การวินิจฉัย	34	1	1	1	1	1	5.00	1.00
หรือการตรวจกรอง	35	1	1	1	1	1	5.00	1.00
โรค และการรักษา	36	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	37	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	38	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	39	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	40	1	1	1	1	1	5.00	1.00
5. ยกตัวอย่างการใช้	41	1	1	1	1	1	5.00	1.00
เทคโนโลยีทาง	42	1	1	1	0	1	4.00	0.80
ดีเอ็นเอสำหรับการ	43	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ปรับปรุงพันธุ์	44	1	1	1	1	1	5.00	1.00

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า *IOC*
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
สิ่งมีชีวิตเพื่อใช้	45	1	1	1	0	1	4.00	0.80
ประโยชน์ทางด้าน	46	1	1	1	1	0	4.00	0.80
การเกษตร	47	1	1	1	0	0	3.00	0.60
อุตสาหกรรม และ								
สิ่งแวดล้อม	48	1	1	1	1	1	5.00	1.00
6. อธิบายการ	49	1	1	1	1	1	5.00	1.00
วิเคราะห์ลายพิมพ์	50	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ดีเอ็นเอในการใช้	51	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ประโยชน์ด้านนิติ	52	1	1	1	1	1	5.00	1.00
วิทยาศาสตร์ และ	53	1	1	1	1	1	5.00	1.00
วิเคราะห์ STR	54	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	55	1	1	1	1	1	5.00	1.00
	56	1	1	1	1	1	5.00	1.00
7. อภิปรายเกี่ยวกับ	57	1	1	1	0	1	4.00	0.80
ความปลอดภัยทาง	58	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ชีวภาพ และ	59	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ชีวจริยธรรมในการ	60	1	1	1	1	1	5.00	1.00
ประยุกต์ใช้								
เทคโนโลยีทาง								
ดีเอ็นเอ								
				ค่าเฉลี่ย			4.72	0.94

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ระหว่าง .40-1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ .94

การวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-8 ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดสอบ (Try-out) โดยผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน

ข้อ	*p*	*D*	ข้อ	*p*	*D*
***1**	0.47	0.54	**10**	0.52	0.84
***2**	0.51	0.54	***11**	0.61	0.45
***3**	0.52	0.73	**12**	0.47	0.82
4	0.42	0.82	***13**	0.46	0.66
5	0.45	0.79	***14**	0.53	0.40
***6**	0.63	0.55	***15**	0.63	0.70
7	0.54	0.84	**16**	0.52	0.50
***8**	0.54	0.58	***17**	0.67	0.53
9	0.55	0.84			

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ระบุข้อที่ผู้วิจัยเลือกเป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการวิเคราะห์ค่าความยากง (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าค่าความยาก อยู่ระหว่าง .42-.67 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .40-.84 ผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .46-.67 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .40-.73 ได้แก่ข้อที่ 1, 2, 3, 6, 8, 11, 13, 14, 15 และ 17 จำนวน 10 ข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett) (กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์, 2540, หน้า 177-178) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .91

การวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-9 ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดสอบ (Try-out) โดยผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน

ข้อ	*p*	*B*	ข้อ	*p*	*B*	ข้อ	*p*	*B*
1	0.73	0.31	**21**	0.13	0.36	**41**	0.88	0.19
2*	0.53	0.29	**22***	0.38	0.30	**42***	0.75	0.27
3	0.83	0.05	**23***	0.40	0.37	**43***	0.40	0.37
4*	0.55	0.36	**24**	0.45	0.30	**44**	0.80	0.31
5*	0.40	0.26	**25***	0.78	0.24	**45**	0.93	0.01
6	0.65	0.21	**26**	0.73	0.20	**46***	0.50	0.33
7	0.60	0.07	**27**	0.45	0.19	**47**	0.43	0.23
8*	0.55	0.36	**28***	0.43	0.34	**48***	0.45	0.30
9*	0.43	0.34	**29***	0.50	0.33	**49**	0.83	-0.06
10	0.65	0.21	**30**	0.48	0.04	**50***	0.65	0.21
11	0.60	0.29	**31***	0.68	0.28	**51***	0.80	0.31
12*	0.40	0.26	**32***	0.73	0.31	**52**	0.88	0.19
13	0.68	0.17	**33**	0.25	0.16	**53**	0.95	0.08
14*	0.58	0.21	**34**	0.70	0.35	**54***	0.50	0.44
15*	0.58	0.32	**35***	0.48	0.37	**55***	0.40	0.70
16	0.75	0.27	**36***	0.40	0.26	**56**	0.50	0.77
17	0.33	0.05	**37**	0.48	0.37	**57***	0.73	0.20
18*	0.38	0.41	**38***	0.65	0.43	**58**	0.78	0.02
19	0.55	0.36	**39**	0.38	0.30	**59***	0.63	0.36
20*	0.40	0.37	**40**	0.40	0.37	**60**	0.88	-0.03

<u>หมายเหตุ</u> เครื่องหมาย * ระบุข้อที่ผู้วิจัยเลือกเป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ค่าความยาก อยู่ระหว่าง .13-.95 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .06-.77 ผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .38-.80 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .20-.70 ได้แก่ข้อที่ 2, 4, 5, 8, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 22, 23, 25, 28, 29, 31, 32, 35, 36, 38, 42, 43, 46, 48, 50, 51, 54, 55, 57 และ 59 จำนวน 30 ข้อ

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สูตรของโลเวตต์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 286) มีค่าเท่ากับ 0.81

คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คะแนนเต็ม 88 คะแนน

ตารางที่ ข-10 คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รหัส	คะแนนองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์											ระดับคุณภาพหลังเรียน
	ก่อนเรียน					หลังเรียน						
	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดอ่อน (12)	รวม	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดอ่อน (12)	รวม	ร้อยละ	
1	9	9	9	2	29	13	10	8	8	39	44.32	ปานกลาง
2	10	8	6	1	25	10	11	10	7	38	43.18	ปานกลาง
3	13	10	7	2	32	13	13	15	5	46	52.27	ดี
4	13	10	6	0	29	12	9	16	11	48	54.55	ดี
5	16	10	14	4	44	14	12	16	7	49	55.68	ดี
6	14	11	10	1	36	19	11	16	4	50	56.82	ดี
7	12	9	4	1	26	11	10	17	8	46	52.27	ดี
8	18	13	8	5	44	18	11	12	9	50	56.82	ดี
9	13	10	14	2	39	14	12	17	6	49	55.68	ดี
10	14	8	11	3	36	13	11	12	4	40	45.45	ปานกลาง
11	8	5	4	1	18	9	9	12	4	34	38.64	ปานกลาง
12	16	12	14	3	45	15	15	17	8	55	62.50	ดี
13	11	11	8	0	30	13	11	14	5	43	48.86	ปานกลาง
14	9	6	4	1	20	12	9	12	3	36	40.91	ปานกลาง
15	15	12	11	1	39	15	12	14	8	49	55.68	ดี
16	13	12	15	5	45	13	11	13	8	45	51.14	ดี
17	14	10	18	5	47	18	13	19	6	56	63.64	ดี

รหัส	คะแนนองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์											ระดับคุณภาพหลังเรียน
	ก่อนเรียน					หลังเรียน						
	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดอ่อน (12)	รวม	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดอ่อน (12)	รวม	ร้อยละ	
18	15	13	15	1	44	18	13	13	7	51	57.95	ดี
19	10	10	10	4	34	9	8	6	2	25	28.41	ปานกลาง
20	16	10	13	5	44	14	11	13	11	49	55.68	ปานกลาง
21	11	10	16	7	44	10	10	16	7	43	48.86	ปานกลาง
22	10	7	11	3	31	15	11	11	6	43	48.86	ปานกลาง
23	8	10	8	2	28	16	12	16	9	53	60.23	ดี
24	9	7	12	3	31	15	12	16	9	52	59.09	ดี
25	11	9	11	2	33	13	11	11	5	40	45.45	ปานกลาง
26	13	6	11	2	32	20	14	13	6	53	60.23	ดี
27	11	11	14	4	40	11	10	11	8	40	45.45	ปานกลาง
28	10	9	10	4	33	11	9	16	7	43	48.86	ปานกลาง
29	9	10	14	3	36	14	13	13	5	45	51.14	ปานกลาง
30	14	12	14	5	45	14	12	13	6	45	51.14	ปานกลาง
31	9	11	14	4	38	10	10	14	4	38	43.18	ปานกลาง
32	11	14	7	3	35	14	12	13	5	44	50.00	ปานกลาง
33	14	11	13	3	41	13	11	15	7	46	52.27	ปานกลาง
34	12	11	14	4	41	14	10	16	4	44	50.00	ปานกลาง
35	10	12	11	3	36	12	10	11	7	40	45.45	ปานกลาง
36	11	10	13	2	36	12	13	14	8	47	53.41	ปานกลาง
37	13	11	15	2	41	14	13	19	9	55	62.50	ดี
38	9	9	11	3	32	15	12	13	7	47	53.41	ปานกลาง
39	11	10	10	1	32	13	10	9	4	36	40.91	ปานกลาง
40	15	10	12	4	41	16	13	15	10	54	61.36	ดี

รหัส	คะแนนองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์										ระดับคุณภาพหลังเรียน
	ก่อนเรียน					หลังเรียน					
	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดลออ (12)	รวม	ความคิดคล่อง (32)	ความคิดยืดหยุ่น (20)	ความคิดริเริ่ม (24)	ความคิดละเอียดลออ (12)	รวม ร้อยละ	
$\bar{X}$	12.00	9.98	11.05	2.78	35.81	13.63	11.25	13.68	6.60	45.15 51.31	ดี

คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คะแนนเต็ม 30 คะแนน

ตารางที่ ข-11 คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รหัส	ก่อนเรียน (คะแนน)	ร้อยละ	หลังเรียน (คะแนน)	ร้อยละ
1	6	20.00	21	70.00
2	6	20.00	21	70.00
3	11	36.70	20	66.67
4	11	36.70	9	30.00
5	6	20.00	11	36.67
6	11	36.70	22	73.33
7	6	20.00	19	63.33
8	11	36.70	21	70.00
9	14	46.70	22	73.33
10	9	30.00	21	70.00
11	10	33.30	19	63.33
12	11	36.70	21	70.00
13	9	30.00	22	73.33
14	8	26.70	20	66.67
15	11	36.70	19	63.33
16	13	43.30	17	56.67
17	18	60.00	20	66.67
18	9	30.00	21	70.00
19	6	20.00	21	70.00
20	11	36.70	20	66.67
21	17	56.70	19	63.33
22	10	33.30	20	66.67

รหัส	ก่อนเรียน (คะแนน)	ร้อยละ	หลังเรียน (คะแนน)	ร้อยละ
23	9	30.00	22	73.33
24	9	30.00	21	70.00
25	5	16.70	21	70.00
26	11	36.70	19	63.33
27	9	30.00	20	66.67
28	14	46.70	22	73.33
29	6	20.00	21	70.00
30	9	30.00	19	63.33
31	12	40.00	19	63.33
32	17	56.70	20	66.67
33	12	40.00	16	53.33
34	15	50.00	12	40.00
35	11	36.70	17	56.67
36	12	40.00	17	56.67
37	12	40.00	16	53.33
38	12	40.00	21	70.00
39	10	33.30	21	70.00
40	10	33.30	15	50.00
ค่าเฉลี่ย	**10.45**	**34.92**	**19.125**	**63.67**

ตารางวิเคราะห์ *t-test* ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ตารางที่ ข-12 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อนเรียน	35.8000	40	7.08266	1.11987
	หลังเรียน	45.1500	40	6.56935	1.03871

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ก่อนเรียน & หลังเรียน	40	.463	.003

Paired Samples Test

		Paired Differences							
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*	*Lower*	*Upper*	*t*	*df*	*Sig. (2-tailed)*
Pair 1	ก่อนเรียน - หลังเรียน	-9.35000	7.08755	1.12064	-11.61671	-7.08329	-8.343	39	.000

ตารางที่ ข-13 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบไม่อิสระ (Dependent *t-test*)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อน	10.4500	40	3.12106	.49348
	หลัง	19.1500	40	3.04286	.48112

Paired Samples Correlations

		N	*Correlation*	*Sig.*
Pair 1	ก่อน & หลัง	40	-.142	.381

Paired Samples Test

		Paired Differences							
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*	*Lower*	*Upper*	*t*	*df*	*Sig. (2-tailed)*
Pair 1	ก่อน - หลัง	-8.70000	4.65860	.73659	-10.18989	-7.21011	-11.811	39	.000

ตารางที่ ข-14 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (*t-test*) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One-Sample *t-test*)

One-Sample Statistics

	N	***Mean***	***Std. Deviation***	***Std. Error Mean***
หลัง	40	19.1500	3.04286	.48112

One-Sample Test

	Test Value = 0					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	***df***	***Sig. (2-tailed)***	***Mean Difference***	***Lower***	***Upper***
หลัง	39.803	39	.000	19.15000	18.1768	20.1232

ภาคผนวก ค

- แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 31242 **รายวิชาชีววิทยา**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม **เวลา 5 คาบ**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **ครูผู้สอน นางสาวธัญชนก ทาระเนตร**

---

1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด (รายวิชาพื้นฐาน)

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

2. สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คือการใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมตัดต่อและถ่ายยีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ทั้งในจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ ทำได้โดยการโคลนยีน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนของ DNA ที่เหมือน ๆ กันอาจทำได้โดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชันหรือ PCR การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียเพื่อสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ อาจทำได้โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดสาย DNA ที่มียีนที่ต้องการและตัดพลาสมิดที่จุดตัดจำเพาะ เมื่อตัดสาย DNA ต่างโมเลกุลกันด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน ปลายสาย DNA จะมีลำดับเบสที่เข้าคู่กันได้ และเชื่อมต่อกันได้ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสทำให้ได้เป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ จากนั้นถ่ายดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านเพื่อเพิ่มจำนวน สำหรับการเพิ่มจำนวน DNA ด้วยเทคนิค PCR สามารถเพิ่มปริมาณของ DNA บริเวณที่ต้องการจากดีเอ็นเอแม่แบบที่มีปริมาณน้อยผ่านกระบวนการจำลองดีเอ็นเอซ้ำกันหลาย ๆ รอบในหลอดทดลอง นักเรียนควรอธิบายและสืบค้นข้อมูลเพื่อให้เข้าใจหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ รวมทั้งการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถ

- อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้

- อภิปรายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCRได้
- อธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCRได้

ด้านทักษะและกระบวนการ นักเรียนสามารถ

T : Technology

- สืบค้นข้อมูลการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้
- สืบค้นข้อมูลการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCRได้

E : Engineering

- ออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัดได้

A : Art

- คิดและออกแบบเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานให้สวยงามได้

M : Mathematic

- จัดองค์ประกอบของชิ้นงานได้

ด้านเจตคติและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนมี

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน

4. สาระการเรียนรู้

1) พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน

1.1) การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย

1.2) การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

1.3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

1.4) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถด้านการคิด

6. ชิ้นงาน/ภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

- ใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs)

7. กิจกรรมการเรียนรู้

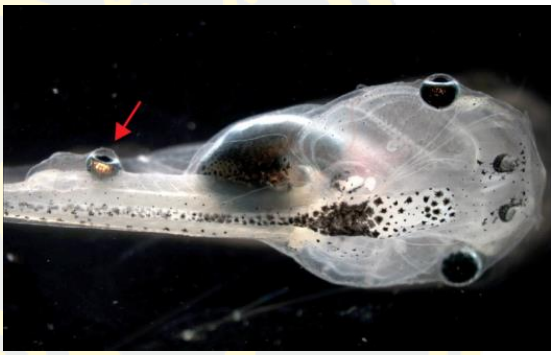
ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

1) ครูผู้สอนใช้รูปภาพต่อไปนี้แล้วสอบถามนักเรียนว่านักเรียนเคยมีประสบการณ์พบเจอหรือเคยได้ยินสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเหล่านี้หรือไม่ *(นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย)*

ข้าวโพดสายรุ้ง

หมูเรืองแสง

ฝ้ายบีที



ลูกอ๊อด 3 ตา

ขั้นกิจกรรมการเรียนการสอน (240 นาที)

1) ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (คาบที่ 1 : 10 นาที)

1.1) นักเรียนร่วมกันศึกษาวิเคราะห์และอภิปรายภาพปลาม้าลายเรืองแสงในหนังสือเรียน หน้า 113 ว่าปลาม้าลายเรืองแสงได้อย่างไร และนักวิทยาศาสตร์สร้างปลาม้าลายเรืองแสงเพื่ออะไร โดยใช้ข้อมูลจากคำบรรยายใต้ภาพเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ปลาม้าลายเรืองแสงเกิดจากการใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมเคลื่อนย้ายยีนที่สร้างโปรตีนเรืองแสงจากแมงกะพรุนหรือดอกไม้ทะเลใส่ให้ปลาม้าลาย จุดประสงค์ของการทำวิจัยปลาเรืองแสงคือเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำโดยการดัดแปรพันธุกรรมปลาม้าลายให้สร้างโปรตีนเรืองแสงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารพิษชนิดต่าง ๆ แต่ในปัจจุบันมีปลาม้าลายที่เรืองแสงได้ตลอดเวลาและนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม

1.2) นักเรียนตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมารับใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) จากนั้นแล้วให้สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ที่นักเรียนรู้จักมาให้ได้จำนวนมากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที โดยให้นักเรียนในกลุ่มเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ในหัวข้อที่ 1

1.4) นักเรียนศึกษาสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ดังนี้

“จากรายงานข่าวของ BBC พบว่ามีงานวิจัยได้กล่าวถึงปัญหาวิกฤตโภชนาในปัจจุบัน เรื่องจำนวนคนอ้วนและภาวะน้ำหนักเกินที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยพบตั้งแต่ช่วงวัยเด็กจนถึงผู้สูงอายุ ส่งผลทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพตามมา จากสถานการณ์ดังกล่าวบริษัทอุตสาหกรรมอาหารแห่งหนึ่งจึงต้องการทีมนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถออกแบบและสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่สามาถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยสมมตินักเรียนเป็นทีมนักวิทยาศาสตร์กลุ่มดังกล่าว นักเรียนจะออกแบบและสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร”

1.5) จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มคิดออกแบบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) โดยใช้หลักการสร้างสิ่งมีสีวิตดัดแปลงพันธุกกรมของกลุ่มตนเองตามที่โจทย์กำหนดให้ โดยทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ในหัวข้อที่ 2

2) ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (คาบที่ 1 : 30 นาที)

2.1) นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์รายละเอียด และองค์ประกอบเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดรวมทั้งการออกแบบของกลุ่มตนเอง โดยบูรณาการตามแนวคิดสะตีม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยทำเป็นแผนผังความคิด โดยทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ในหัวข้อที่ 2.1 ประเด็นที่วิเคราะห์รายละเอียดของสถานการณ์ มีดังนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์คือ (Science)
2. สาเหตุของปัญหา (Science)
3. ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ใดบ้างในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Science)
4. คุณสมบัติเด่นของสิ่งมีสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้น (Science)
5. ใช้เทคโนโลยีการสืบค้นหาข้อมูลได้จากช่องทางใดบ้าง (Technology)

3) ขั้นการค้นพบ (คาบที่ 2-3 : 100 นาที)

3.1) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเรื่องพันธุวิศวกรรมและการโคลนยีนในหัวข้อเรื่อง การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย โดยนักเรียนศึกษาจากวีดิทัศน์เรื่องการโคลน DNA โดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย จาก http://youtube.com/watch?v=TWOg2Nk1Dlg

3.2) จากนั้นนักเรียนสืบค้นจากหนังสือเรียนเพื่อร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียเป็นการเพิ่ม DNA ที่ต้องการโดยอาศัยพลาสมิดเป็น ดีเอ็นเอพาหะนำยีนเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย และนำแบคทีเรียไปเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการจะเพิ่มจำนวนด้วยโดยที่พลาสมิดที่ใช้เป็นเวกเตอร์มีสมบัติดังนี้

1. มีจุดเริ่มต้นของการจำลองดีเอ็นเอเพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนได้ด้วยตัวเอง

2. มียีนสำหรับคัดเลือกในเซลล์เจ้าบ้าน เช่น ยีนต้านทานยาปฏิชีวนะ

3. มีบริเวณที่เป็นตำแหน่งตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะหลายชนิดสำหรับแทรก DNA หรือยีนที่ต้องการ

การใช้พลาสมิดที่มียีนต้านยาปฏิชีวนะในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์นั้น เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายในการคัดเลือกเซลล์ เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มียาปฏิชีวนะ เซลล์แบคทีเรียที่ได้รับพลาสมิดเท่านั้นที่จะเจริญได้ ส่วนเซลล์ที่ไม่มีพลาสมิดจะตายไป ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่า เซลล์แบคทีเรียที่นิยมใช้ในการโคลน คือ *Escherichia coli* เนื่องจากเพาะเลี้ยงง่าย เพิ่มจำนวนได้รวดเร็วภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง เป็นแบคทีเรียที่มีการศึกษามานานและมีการพัฒนาสายพันธุ์ให้เหมาะสมในการที่จะรับเวกเตอร์เข้ามาในเซลล์

การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียมี 3 ขั้นตอน คือการตัดสาย DNA ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ การเชื่อมสาย DNA ต่างโมเลกุลด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส และการถ่ายดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย

3.3) นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับเอนไซม์ตัดจำเพาะในตาราง 6.1 ตัวอย่างเอนไซม์ตัดจำเพาะลำดับเบสที่เป็นบริเวณจดจำและตำแหน่งตัดจำเพาะ จากหนังสือเรียนหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และตอบคำถามดังนี้

เอนไซม์	แบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์	ลำดับเบสที่เป็นบริเวณจดจำและตำแหน่งตัดจำเพาะ (↓)	ผลิตภัณฑ์จากการตัดของเอนไซม์
EcoRI	*Escherichia coli* RY13	5'...G↓AATTC...3' 3'...CTTAA↓G...5'	5'...GAATTC...3' 3'...CTTAAG...5'
PstI	*Providencia stuartii*	5'...CTGCA↓G...3' 3'...G↓ACGTC...5'	5'...CTGCAG...3' 3'...GACGTC...5'
XmaI	*Xanthomonas malvacearum*	5'...C↓CCGGG...3' 3'...GGGCC↓C...5'	5'...CCCGGG...3' 3'...GGGCCC...5'
XcyI	*Xanthamonas cyanopsidis*	5'...C↓CCGGG...3' 3'...GGGCC↓C...5'	5'...CCCGGG...3' 3'...GGGCCC...5'
SmaI	*Serratia marcescens*	5'...CCC↓GGG...3' 3'...GGG↓CCC...5'	5'...CCCGGG...3' 3'...GGGCCC...5'
HaeIII	*Haemophilus aegypticus*	5'...GG↓CC...3' 3'...CC↓GG...5'	5'...GGCC...3' 3'...CCGG...5'

ตาราง 6.1 ตัวอย่างเอนไซม์ตัดจำเพาะ ลำดับเบสที่เป็นบริเวณจดจำ และตำแหน่งตัดจำเพาะ

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, 2561, หน้า 118)

- บริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะแต่ละชนิดมีจำนวนเบสเท่ากันหรือไม่อย่างไร *(แนวคำตอบ : เอนไซม์ตัดจำเพาะแต่ละชนิดอาจมีจำนวนลำดับเบสที่เป็นบริเวณจดจำเท่ากัน เช่น EcoRI และ PstI หรือไม่เท่ากันก็ได้ เช่น EcoRI และ HaeIII)*

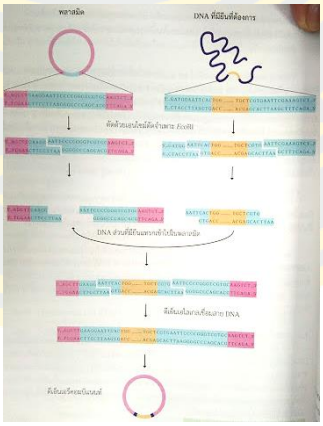
- การเรียงลำดับเบสของ DNA แต่ละสายในบริเวณจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะมีลักษณะร่วมกันอย่างไร *(แนวคำตอบ : การเรียงลำดับเบสในแต่ละสายจากปลาย 5′ ไปปลาย 3′ พบว่าจะเหมือนกันทั้งสองสาย เช่น 5′ ... G A A T T C ...3′*

3′... C T T A A G ...5′)

3.4) นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการเชื่อมสาย DNA ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสจากหนังสือเรียนหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยมีประเด็นการอภิปรายดังนี้

- เอนไซม์ตัดจำเพาะที่ตัดสาย DNA ที่มียีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิต และเอนไซม์ตัดจำเพาะที่ใช้ตัดพลาสมิดควรเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ อย่างไร *(แนวคำตอบ : ถ้าตัดสาย DNA ที่ต้องการโคลนและ พลาสมิดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันที่ให้ปลายเหนียวจะทำให้มีปลายสายเดี่ยวที่มีเบสคู่สมกันพอดี)*

- ปลาย DNA ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะสามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างไร *(แนวคำตอบ : สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสที่สามารถเร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่าง DNA จำนวน 2 โมเลกุลให้เชื่อมต่อกันทำให้ได้เป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ควรเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงให้ได้ว่าการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เป็นเทคนิคการตัดและเชื่อมต่อDNA ต่างโมเลกุลเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นเทคนิคพันธุวิศวกรรม แต่ยังไม่สามารถนำดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องมีวิธีการที่จะให้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์คงอยู่และเพิ่มจำนวนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป)* ดังรูป 6.2 การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

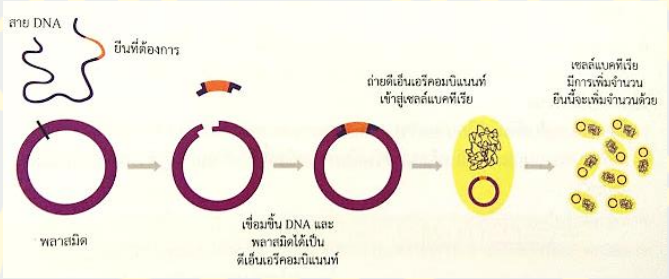


รูป 6.2 การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, 2561, หน้า 120)

- การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ทำได้อย่างไร

(แนวคำตอบ : ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ที่มียีนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์จะต้องมีจำนวนมากและเหมือน ๆ กัน ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้โดยการถ่ายโอนดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย เมื่อแบคทีเรียแบ่งเซลล์ พลาสมิดจะจำลองตัวเองและถ่ายทอดไปยังเซลล์ลูกทั้งสองเซลล์ได้ ดังนั้นเมื่อนำแบคทีเรียที่ได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ไปเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนพลาสมิดที่มีดีเอ็นเอที่ต้องการแทรกอยู่ก็จะเพิ่มจำนวนด้วย และเขียนแผนภาพได้ดังรูป 6.3 การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย)



รูป 6.3 การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, 2561, หน้า 121)

3.5) จากนั้นนักเรียนศึกษาเรื่องการเพิ่มจำนวน DNA ด้วยเทคนิค PCR จากวีดีทัศน์เรื่อง พอลิเมอเรสเชนรีแอคชั่นจาก https://www.youtube.com/watch?v=BBRGPx23rQs

3.6) หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ เพื่อให้เข้าใจหลักการและขั้นตอนการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียมากขึ้น (กิจกรรมแนบท้ายแผนการสอน)

4) ขั้นการประยุกต์ใช้ (คาบที่ 4 : 50 นาที)

4.1) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้สืบค้นและรวบรวมมาแล้วร่วมกันออกแบบสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมตามสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ลงในในใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) หัวข้อที่ 2.2 และ 2.3 โดยครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แก่ผู้เรียน ใช้เวลาในการทำกิจกรรม 50 นาที

5) ขั้นการนำเสนอ (คาบที่ 5 : 30 นาที)

5.1) จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลงานการออกแบบของตนเองหน้าชั้นเรียนเพื่อจูงใจให้เพื่อนรวมชั้นและครูผู้สอนเลือกชิ้นงานการออกแบบของกลุ่มตนเองให้มากที่สุด ใช้เวลากลุ่มละประมาณ 5 นาที

6) ขั้นประเมินและปรับปรุง (คาบที่ 5 : 20 นาที)

4.1) นักเรียนตัวแทนกลุ่มประเมิน พร้อมทั้งให้เหตุผลวิพากวิจารณ์ในการเลือกผลงานการออกแบบของเพื่อนแต่ละกลุ่ม (กลุ่มละ 1 นาที)

4.2) นักเรียนประเมินชิ้นงานการออกแบบของกลุ่มตนเอง รวมทั้งปรับแก้ไขผลงานตามความเหมาะสม

4.3) นักเรียนและครูเลือกชิ้นงานที่น่าสนใจและเหมาะสมที่สุด โดยการยกมือโหวต (1 คนยกมือได้เพียง 1 ครั้ง) และตัวแทนนักเรียนนับคะแนนพร้อมสรุปคะแนน

4.4) ครูกล่าวชมเชยหรือมอบของรางวัลตามความเหมาะสม

ขั้นสรุป (5 นาที)

1) นักเรียนเขียนสะท้อนคิดที่ได้จากการเรียนการสอนภายในคาบนี้

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1) หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2) วีดิทัศน์เรื่องการโคลน DNA โดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย จาก http://youtube.com/watch?v=TWOg2Nk1Dlg
3) วีดีทัศน์เรื่องพอลิเมอเรสเชนรีแอคชั่น จาก https://www.youtube.com/watch?v=BBRGPx23rQs
4) กิจกรรม 6 เรื่องการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
5) ใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs)

9. การวัดและเกณฑ์การประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ที่ใช้วัด
ด้านความรู้			
- S : Science อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ - อธิบายการโคลนยีนโดยใช้ พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้ - อภิปรายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้	- ตรวจใบกิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	- แบบประเมินใบกิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	- เกณฑ์แบบประเมิน 70 % ขึ้นไปถือว่าผ่าน
ด้านทักษะและกระบวนการ			
- T : Technology - สืบค้นข้อมูลการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ - สืบค้นข้อมูลการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ - E : Engineering ออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัดได้ - A : Art คิดและออกแบบเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานให้สวยงาม	- สังเกตจากการทำกิจกรรม - ตรวจใบกิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	- แบบสังเกตการทำกิจกรรม - แบบประเมินใบกิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	- เกณฑ์แบบประเมิน 80 % ขึ้นไปถือว่าผ่าน

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ที่ใช้วัด
- M : Mathematic การจัดองค์ประกอบของชิ้นงานได้			
ด้านเจตคติและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - ใฝ่เรียนรู้ - มุ่งมั่นในการทำงาน	- สังเกตจากการทำกิจกรรม	- แบบประเมินลักษณะอันพึงประสงค์	- เกณฑ์แบบประเมิน 80 % ขึ้นไปถือว่าผ่าน
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน - ความสามารถด้านการคิด	- สังเกตจากการทำกิจกรรม	- แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- เกณฑ์แบบประเมิน 80 % ขึ้นไปถือว่าผ่าน

10. กิจกรรมเสนอแนะ (ถ้ามี)

-

11. บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้

11.1 สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถอธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ และอธิบายอภิปรายการโคลนยีนโดยใช้ พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้

2. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ/กระบวนการ (P)

นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 สามารถสืบค้นข้อมูล คิดออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัดอย่างสร้างสรรค์ และจัดองค์ประกอบของชิ้นงานได้

3. นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 มีความใฝ่เรียนรู้ และมีความมุ่งมั่นในการทำงานจนสามารถทำงานและส่งงานที่ได้รับมอบหมายได้ในเวลาที่กำหนด

4. นักเรียนจำนวน 40 คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ 34 คน คิดเป็นร้อยละ 90

ไม่ผ่านจุดประสงค์ 6 คน คิดเป็นร้อยละ 10

รายชื่อดังแนบ (ถ้ามี และแนบไว้ในภาคผนวก)

และได้ดำเนินการจัดการเรียนซ่อมเสริม ในช่วงพักกลางวัน/ช่วงเลิกเรียน ผลเป็นอย่างไร

นักเรียนในกลุ่มดังกล่าวสามารถผ่านจุดประสงค์ด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

11.2 ปัญหา/อุปสรรค /แนวทางแก้ไข

1) เนื้อหารายวิชาดังกล่าวค่อนข้างเป็นเรื่องที่ไกลตัวนักเรียนพอสมควรส่งผลให้นักเรียนไม่ค่อยให้ความสนใจ

แนวทางแก้ไข : ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการใช้คำถามที่ท้าทายความอยากรู้อยากเห็นใช้สถานการณ์ที่ทันสมัยและเป็นข่าวเหตุการณ์ในปัจจุบัน

2) นักเรียนยังขาดทักษะการสืบค้นข้อมูลที่หลากหลายและน่าเชื่อถือ ส่งผลให้นักเรียนทำงานค่อนข้างช้าและไม่ค่อยละเอียดเท่าที่ควร

แนวทางแก้ไข : ใช้เวลาในช่วงต้นของการเรียนการสอนสัก 2-3 นาที หรือในระหว่างการดำเนินกิจกรรมเป็นรายกลุ่ม หรือนอกห้องเรียนแนะนำแหล่งข้อมูลพร้อมทั้งเทคนิคการสืบค้นข้อมูล

3) เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนมีอย่างจำกัด

แนวทางแก้ไข : ใช้เวลานอกห้องเรียน

11.3 ข้อเสนอแนะ

ครูควรเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนการสอนเพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง ใช้คำถาม สถานการณ์ เหตุการณ์ที่ทันสมัย เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้มากที่สุด ครูควรติดตามการดำเนินกิจกรรมของรักเรียนอย่างต่อเนื่อง และสามารถแนะนำแหล่งข้อมูลในการสืบค้นให้นักเรียนได้อย่างเหมาะสมและหลากหลาย นอกจากนี้ควรควบคุมเวลาให้เหมาะสมและมีการประเมินผลงานอย่างเหมาะสมและหลากหลาย

ลงชื่อ……ธัญชนก ทาระเนตร……ครูผู้สอน

(นางสาวธัญชนก ทาระเนตร)

ตำแหน่ง ครู

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รหัสวิชา ว 31242 รายวิชา ชีววิทยา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 /1

คำชี้แจง : ให้ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วให้คะแนนระดับพฤติกรรมที่สังเกตได้ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับพฤติกรรม

เกณฑ์การให้คะแนนระดับพฤติกรรม

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติตนเองเป็นประจำโดยไม่มีใครบังคับ

ระดับ 2 หมายถึง ละเลยไม่ปฏิบัติเป็นครั้งคราว และต้องกระตุ้นบ้าง

ระดับ 1 หมายถึง ไม่ค่อยปฏิบัติ ต้องบังคับหรือกระตุ้นเตือนบ่อย ๆ

เลขที่ /รหัส	ใฝ่เรียนรู้			มุ่งมั่นในการทำงาน		คะแนน (15)
	แสวงหาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ	มีการจดบันทึกความรู้อย่างเป็นระบบ	สรุปความรู้ได้อย่างมีเหตุผล	มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย	มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อความสำเร็จ	
1	3	2	3	3	3	14
2	2	3	3	3	3	14
3	3	3	3	3	3	15
4	3	2	3	3	3	14
5	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
7	1	2	3	2	2	10
8	3	3	3	3	3	15
9	3	2	3	3	3	14
10	3	3	3	3	3	15
11	2	3	3	3	3	14
12	3	3	3	3	3	15
13	3	3	3	3	3	15
14	3	2	3	2	2	12
15	2	3	3	3	3	14
16	3	3	3	3	3	15

17	3	3	3	3	3	15
18	3	3	3	3	3	15
19	3	3	3	3	3	15
20	3	2	3	2	2	12
21	3	3	3	3	3	15
22	3	3	3	3	3	15
23	3	3	3	3	3	15
24	3	3	3	3	3	15
25	3	2	3	3	3	14
26	2	3	3	3	3	14
27	3	3	3	3	3	15
28	3	3	3	3	3	15
29	3	3	3	3	3	15
30	3	3	3	3	3	15
31	3	2	3	2	2	12
32	3	3	3	3	3	15
33	2	3	3	2	2	12
34	3	3	3	3	3	15
35	3	3	3	3	3	15
36	3	3	3	3	3	15
37	3	3	3	3	3	15
38	3	3	3	3	3	15
39	3	3	3	3	3	15
40	3	3	3	3	3	15

เกณฑ์การผ่าน

ต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 12 คะแนน ขึ้นไป จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

แบบบันทึกการประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

รหัสวิชา ว 31242 รายวิชา ชีววิทยา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 /1

คำชี้แจง : ให้ **ผู้สอน** สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคุณภาพ

เลขที่/รหัส	ความสามารถในการคิด					สรุปผลการประเมิน
	มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์	มีทักษะในการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์	สามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ	มีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้	ตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเองได้อย่างเหมาะสม	
1	3	2	3	3	3	ดีมาก
2	2	3	3	3	3	ดีมาก
3	3	2	3	2	3	ดีมาก
4	3	2	3	3	3	ดีมาก
5	3	3	3	3	3	ดีมาก
6	3	3	3	3	3	ดีมาก
7	2	2	3	2	2	ดี
8	3	3	3	3	3	ดีมาก
9	3	2	3	3	3	ดีมาก
10	3	3	3	3	3	ดีมาก
11	2	3	3	3	3	ดีมาก
12	3	3	3	3	3	ดีมาก
13	3	3	3	3	3	ดีมาก
14	3	2	3	2	2	ดี
15	2	3	3	3	3	ดีมาก
16	3	3	3	3	3	ดีมาก
17	3	3	3	3	3	ดีมาก

18	3	3	3	3	3	ดีมาก
19	3	3	3	3	3	ดีมาก
20	3	2	3	2	2	ดี
21	3	3	3	3	3	ดีมาก
22	3	3	3	3	3	ดีมาก
23	3	3	3	3	3	ดีมาก
24	3	3	3	3	3	ดีมาก
25	3	2	3	3	3	ดีมาก
26	2	3	3	3	3	ดีมาก
27	2	3	3	3	3	ดีมาก
28	2	3	3	2	2	ดี
29	3	3	3	3	3	ดีมาก
30	3	3	3	3	3	ดีมาก
31	3	2	3	2	2	ดี
32	3	3	3	3	3	ดีมาก
33	2	3	3	2	2	ดี
34	3	3	3	3	3	ดีมาก
35	3	3	3	3	3	ดีมาก
36	3	3	3	3	3	ดีมาก
37	3	3	3	3	3	ดีมาก
38	2	3	3	2	3	ดีมาก
39	3	3	3	3	3	ดีมาก
40	3	3	3	3	3	ดีมาก

สรุปผลการประเมินสมรรถนะทั้ง 5 ด้าน อยู่ในระดับคุณภาพ

☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ

ครูใช้คำถาม สถานการณ์ เหตุการณ์ที่ทันสมัย เพื่อกระตุ้นความสนใจ กระตุ้นความคิด ความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนให้มากที่สุด ครูควรติดตามการดำเนินกิจกรรมของรักเรียนอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการออกแบบกิจกรรมหรือใบกิจกรรมควรกระตุ้นหรือเป็นแนวทางให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ

ลงชื่อ....ธัญชนก ทาระเนตร....ครูผู้สอน

(นางสาวธัญชนก ทาระเนตร)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพ

ดีมาก	หมายถึง พฤติกรรมที่ปฏิบัตินั้นชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้ระดับ 3 คะแนน
ดี	หมายถึง พฤติกรรมที่ปฏิบัตินั้นชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้ระดับ 2 คะแนน
พอใช้	หมายถึง พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ระดับ 1 คะแนน
ต้องปรับปรุง	หมายถึง ไม่เคยปฏิบัติพฤติกรรมนั้นเลย	ให้ระดับ 0 คะแนน

เกณฑ์การสรุปผล และเกณฑ์การผ่าน : ระดับดีมาก ถือว่าผ่านเกณฑ์

ดีมาก	หมายถึง คะแนนรวม 11-15 คะแนน
ดี	หมายถึง คะแนนรวม 6-10 คะแนน
พอใช้	หมายถึง คะแนนรวม 0-5 คะแนน

แบบประเมินใบกิจกรรม ....6.1... เรื่อง .....การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม.....

รหัสวิชา ว 31242 รายวิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 /1

กลุ่มที่ ..... สมาชิกในกลุ่ม

1. เลขที่/รหัส ..... 5. เลขที่/รหัส .....
2. เลขที่/รหัส ..... 6. เลขที่/รหัส .....
3. เลขที่/รหัส ..... 7. เลขที่/รหัส .....
4. เลขที่/รหัส ..... 8. เลขที่/รหัส .....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความถูกต้องข้อมูล สาระ ความรู้ (Science)			
2. เข้าใจปัญหา วิเคราะห์รายละเอียด (Science)			
3. การวางแผนการทำงาน (Technology)			
4. การสืบค้นข้อมูล (Technology)			
5. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Art, Engineering, Mathematic)			
6. การนำเสนอ สื่อสาร อธิบาย (Science)			
คะแนนรวม			
คะแนนรวมทั้งหมด (18 คะแนน)			

เกณฑ์การให้คะแนน

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน / ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
1. ความถูกต้องข้อมูล สาระ ความรู้ (Science)	อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์และอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของ	อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์และอธิบายการ	อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์และอธิบายการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิ

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน / ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
	แบคทีเรียและเทคนิค PCRได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	โคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก	ดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย
2. เข้าใจปัญหาวิเคราะห์รายละเอียด (Science)	มีความคิดริเริ่มในการแก้ไขปัญหา แยกแยะส่วนประกอบของปัญหาได้ตรงประเด็นและชัดเจน	มีความคิดริเริ่มในการแก้ไขปัญหา แยกแยะส่วนประกอบของปัญหา ได้ตรงประเด็นบางส่วนและยังไม่ค่อยชัดเจน	ไม่มีความคิดริเริ่มในการแก้ไขปัญหา ไม่สามารถแยกแยะส่วนประกอบของปัญหาได้ตรงประเด็นและชัดเจน
3. การวางแผนการทำงาน (Technology)	แบ่งกันทำงานเป็นระบบและสามารถดำเนินตามแผนที่วางไว้อย่างถูกต้องทุกประการ	แบ่งกันทำงานยังไม่ค่อยเป็นระบบ และสามารถดำเนินตามแผนที่วางไว้อย่างถูกต้องบางประการ	แบ่งกันทำงานไม่เป็นระบบ และไม่สามารถดำเนินตามแผนที่วางไว้อย่างถูกต้อง
4. การสืบค้นข้อมูล (Technology)	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นได้อย่างหลากหลายมากกว่า 3 แหล่งข้อมูล และน่าเชื่อถือ	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นได้อย่างหลากหลายน้อยกว่า 3 แหล่งข้อมูล	ไม่สามารถใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นได้
5. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Art, Engineering, Mathematic)	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ทุกประเด็นและการออกแบบ (Engineering) แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่มีความสวยงาม (Art) มี	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์เป็นส่วนใหญ่ มีแนวคิดแปลกใหม่บ้าง มีความสวยงาม มีการจัดองค์ประกอบครบถูกต้องเป็นส่วนน้อย	ผลงานไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ไม่แสดงแนวคิดใหม่ มีความสวยงามบ้าง องค์ประกอบไม่ครบ

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน / ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
	การจัดองค์ประกอบครบถูกต้อง (Mathematic)		
6. การนำเสนอสื่อสาร อธิบาย (Science)	นำเสนอเข้าใจง่าย รายละเอียดข้อมูลครบและถูกต้อง เกินร้อยละ 90 มีความมั่นใจในการนำเสนอ	นำเสนอเข้าใจง่ายบ้าง รายละเอียดข้อมูลครบและถูกต้อง ระหว่างร้อยละ 50-80 ไม่มีความมั่นใจในการนำเสนอ	นำเสนอเข้าใจยาก รายละเอียดข้อมูลครบน้อยกว่าร้อยละ 50 และไม่มีความมั่นใจในการนำเสนอ

เกณฑ์การผ่าน : ต้องได้คะแนนรวมตั้งแต่ 15 คะแนน ขึ้นไป จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

ลงชื่อ.....ธัญชนก ทาระเนตร.....ครูผู้สอน

(นางสาวธัญชนก ทาระเนตร)

วันที่...../...../.....

กิจกรรม 6.1 เรื่องการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

จุดประสงค์

1. อธิบายหลักการตัด DNA ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะและการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
2. อธิบายความแตกต่างของเซลล์แบคทีเรียที่ได้รับและไม่ได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ) 60 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

1. กระดาษสีเหลืองและสีฟ้า (หรือกระดาษที่มีสีต่างกัน)
2. ปากกา
3. เทปใสติดกระดาษ
4. กรรไกร
5. ถุงทึบ
6. ถาดกระดาษ

การเตรียมล่วงหน้า

1. ตัดกระดาษสีเหลืองให้มีขนาดกว้าง 3 cm และยาว 30 cm จำนวน 10 ชิ้น
2. ตัดกระดาษสีฟ้าให้มีขนาดกว้าง 3 cm และยาว 20 cm จำนวน 10 ชิ้น หรือ download ใบกิจกรรมของพลาสมิดและ DNA ที่มีลำดับเบสได้จาก QR code ประจำบทเรียน
3. พับกระดาษเป็นรูปถาด จำนวน 5 ถาด

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ในวิธีการทำกิจกรรมข้อ 4 เมื่อตัดตามรอยประสีแดงแล้วจะได้กระดาษ 3 ชิ้น นำเฉพาะกระดาษส่วนที่มียีนเท่านั้นไปทำกิจกรรมข้อต่อไป อีก 2 ชิ้นไม่ได้นำมาใช้เนื่องจากเป็นส่วนที่ไม่มียีนที่ต้องการ
2. เมื่อนักเรียนนำกระดาษที่เป็นพลาสมิดและชิ้น DNA จำนวนทั้งหมด 20 ชิ้นใส่ลงในถุงทึบแล้ว เขย่าถุงให้กระดาษกระจายทั่วถุง หลังจากนั้นหยิบกระดาษพร้อมกัน 2 ชิ้นออกจากถุง และการหยิบกระดาษจะต้องเป็นแบบสุ่ม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

เมื่อสุ่มหยิบกระดาษ 1 ชิ้น แล้วนำไปวางลงในถาดกระดาษที่สมมติให้เป็นเซลล์แบคทีเรีย ทำจนครบ 5 ครั้ง เมื่อพิจารณาพลาสมิดและชิ้น DNA ที่สุ่มหยิบมาวางในถาดกระดาษจะได้เป็น 3 กรณี คือ กระดาษชิ้นสีฟ้าต่อกับสีเหลืองเป็นวง กระดาษชิ้นสีฟ้า 2 ชิ้นต่อเป็นวง และกระดาษสีเหลืองต่อเป็นวง อย่างไรก็ตามบางกลุ่มอาจจะสุ่มหยิบได้ไม่ครบทั้ง 3 กรณี

ครูและนักเรียนร่วมกับอภิปรายเกี่ยวกับกรณีที่แตกต่างกัน 3 แบบนี้ ส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน และผลต่อการสร้างสารของแบคทีเรียอย่างไร ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังนี้

- กระดาษชิ้นสีฟ้าต่อกับสีเหลืองเป็นวง แสดงว่า เซลล์แบคทีเรียได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ถ้านำไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน จะเจริญเติบโตได้เนื่องจากบนพลาสมิดมียีนต้านยาปฏิชีวนะ และเซลล์แบคทีเรียสร้างสารที่ต้องการได้เพราะได้รับชิ้นดีเอ็นเอที่มียีนนั้น

- กระดาษชิ้นสีฟ้า 2 ชิ้นต่อเป็นวง ซึ่งแสดงว่า เซลล์แบคทีเรียได้รับเฉพาะ DNA แต่ไม่ได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ถ้านำไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากไม่มีพลาสมิดที่มียีนต้านยาปฏิชีวนะ เซลล์แบคทีเรียจะตาย

- กระดาษสีเหลืองต่อเป็นวง ซึ่งแสดงว่า เซลล์แบคทีเรียได้รับพลาสมิด แต่ไม่ได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ถ้านำไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน จะเจริญเติบโตได้เนื่องจากบน พลาสมิดมียีนต้านยาปฏิชีวนะ แต่เซลล์แบคทีเรียไม่สามารถสร้างสารที่ต้องการได้เพราะไม่ได้รับชิ้นดีเอ็นเอที่มียีนนั้น

นักเรียนอาจบันทึกผลการทำกิจกรรมได้ดังนี้

ภาพ	การเจริญเติบโต	การสร้างสาร
ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	เจริญ	สร้างสาร
DNA	ไม่เจริญ	ไม่สร้างสาร
พลาสมิด	เจริญ	ไม่สร้างสาร

อภิปรายและสรุปผล

การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดนั้น เซลล์แบคทีเรียมีทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับพลาสมิด เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มียาปฏิชีวนะ เซลล์แบคทีเรียที่ได้รับพลาสมิดเท่านั้นจะเจริญได้ เนื่องจากพลาสมิดที่ได้รับนั้นมียีนที่ต้านยาปฏิชีวนะ แต่เซลล์แบคทีเรียที่ไม่ได้รับพลาสมิดจะตายไป อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้นั้นมีทั้งเซลล์ที่ได้รับเฉพาะพลาสมิดและได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ซึ่งเป็นพลาสมิดที่มียีนแทรกอยู่ แต่เฉพาะเซลล์ที่ได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เท่านั้นที่สร้างสารที่ต้องการ

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

1. ถ้านำเซลล์แบคทีเรียจำนวน 5 เซลล์ที่ได้จากการทำกิจกรรมไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน จะมีเซลล์จำนวนเท่าใดที่เจริญได้

(แนวคำตอบ : จำนวนเซลล์ที่เจริญได้ขึ้นกับการทำกิจกรรมว่าแบคทีเรียได้รับพลาสมิดทั้งที่ไม่มียีนแทรก(กระดาษสีเหลืองต่อเป็นวง) และมียีนแทรก (กระดาษสีฟ้ากับสีเหลืองต่อเป็นวง) มีจำนวนเท่าใด)

2. เพราะเหตุใดแบคทีเรียบางเซลล์จึงไม่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะ

(แนวคำตอบ : เพราะไม่ได้รับพลาสมิดที่มียีนต้านยาปฏิชีวนะ)

3. เซลล์ที่เจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่ยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลินนั้นจะมีเซลล์จำนวนเท่าใดที่สามารถสร้างสารที่ต้องการได้ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ : จำนวนเซลล์ที่เจริญได้ขึ้นกับการทำกิจกรรมว่า มีแบคทีเรียได้รับดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์(กระดาษสีฟ้ากับสีเหลืองมาต่อกันเป็นวง) จำนวนเท่าใด และเซลล์สร้างสารที่ต้องการได้เพราะเซลล์เหล่านั้นได้รับพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการแทรกอยู่

4. ถ้าไม่มีเอนไซม์ EcoRI จะสามารถใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดใดได้ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ : สามารถใช้เอนไซม์ PstI แทนได้เนื่องจากลำดับเบสของพลาสมิดและสาย DNA มีลำดับจดจำและตำแหน่งตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดนี้ (5’ CTGCAG 3’))

ใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs)

สมาชิกกลุ่มที่ ..... ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ...../.....

1. เลขที่/รหัส .....
2. เลขที่/รหัส .....
3. เลขที่/รหัส .....
4. เลขที่/รหัส .....
5. เลขที่/รหัส .....
6. เลขที่/รหัส .....
7. เลขที่/รหัส .....
8. เลขที่/รหัส .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำกิจกรรมและตอบคำถามลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) ที่นักเรียนรู้จักมาให้ได้จำนวนมากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ใช้สถานการณ์ต่อไปนี้ตอบคำถามดังนี้

“จากรายงานข่าวของ BBC พบว่ามีงานวิจัยได้กล่าวถึงปัญหาวิกฤตโภชนาในปัจจุบันเรื่องจำนวนคนอ้วนและภาวะน้ำหนักเกินที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยพบตั้งแต่ช่วงวัยเด็กจนถึงผู้สูงอายุ ส่งผลทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพตามมา จากสถานการณ์ดังกล่าวบริษัทอุตสาหกรรมอาหารแห่งหนึ่งจึงต้องการทีมนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถออกแบบและสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่สามาถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยสมมติ นักเรียนเป็นทีมนักวิทยาศาสตร์กลุ่มดังกล่าวนักเรียนจะออกแบบและสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างไร”

2.1 วิเคราะห์รายละเอียดและองค์ประกอบเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนด (ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดละเอียดอ่อน)

2.2 นักเรียนออกแบบวาดรูปสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมที่นักเรียนต้องการจะสร้างขึ้นมา (Engineering, Technology, Art) พร้อมระบุรายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ ให้ชัดเจน (Mathematic, ความคิดริเริ่ม, ความคิดละเอียดอ่อน)

2.3 เขียนขั้นตอนและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Science) ของกลุ่มตนเองให้ละเอียดมากที่สุด (ความคิดริเริ่ม, ความคิดละเอียดอ่อน)

3. ประเมินและปรับปรุงชิ้นงาน

3.1 จุดเด่นของชิ้นงาน

.....

.....

3.2 จุดด้อยของชิ้นงาน

.....

.....

3.3 การปรับปรุงชิ้นงาน

.....

.....

3.4 นักเรียนประเมินชิ้นงานกลุ่มตนเองและเพื่อนร่วมชั้น

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน							
		ตนเอง				เพื่อน			
		4	3	2	1	4	3	2	1
1	ตรงจุดประสงค์								
2	มีความถูกต้องสมบูรณ์ สามารถเชื่อมโยงเข้ากับ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ								
3	มีความคิดสร้างสรรค์								
4	มีความเป็นระเบียบ								
	รวม								
	รวมเฉลี่ยทั้งหมด								

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. ตรงจุดประสงค์ที่กำหนด	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ ทุกประเด็น	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์เป็นส่วนใหญ่	ผลงานสอดคล้องกับจุดประสงค์บางประเด็น	ผลงานไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
2. ผลงานมีความถูกต้องสมบูรณ์	เนื้อหาสาระของผลงานถูกต้องครบถ้วนและสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะทุกประเด็น	เนื้อหาสาระของผลงานถูกต้องและสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะเป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระของผลงานถูกต้องและสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะเป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระของผลงานไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
3. ผลงานมีความคิดสร้างสรรค์	ผลงานแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์แปลกใหม่ และเป็นระบบ	ผลงานมีแนวคิดแปลกใหม่แต่ยังไม่เป็นระบบ	ผลงานมีความน่าสนใจ แต่ยังไม่มีแนวคิดแปลกใหม่	ผลงานไม่แสดงแนวคิดใหม่
4. ผลงานมีความเป็นระเบียบ	ผลงานมีความเป็นระเบียบแสดงออกถึงความประณีต	ผลงานส่วนใหญ่มีความเป็นระเบียบแต่ยังมีข้อบกพร่องเล็กน้อย	ผลงานมีความเป็นระเบียบแต่มีข้อบกพร่องบางส่วน	ผลงานส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบ และมีข้อ บกพร่องมาก

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน 13 - 16 คะแนน แปลผล ดีมาก

คะแนน 9 - 12 คะแนน แปลผล ดี

คะแนน 5 - 8 คะแนน แปลผล พอใช้

คะแนน 1 - 4 คะแนน แปลผล ควรปรับปรุง

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ฉบับนี้เป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ
2. ให้นักเรียนตอบคำถามแต่ละข้อโดยการเขียนคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้องและมีจำนวนให้มากที่สุด
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 40 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้
   3.1 ข้อที่ 1-5 จำกัดเวลาในการทำแบบทดสอบ ข้อละ 3 นาที
   3.2 ข้อที่ 6-10 จำกัดเวลาในการทำแบบทดสอบ ข้อละ 5 นาที
4. ครูผู้คุมสอบเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบทดสอบในแต่ละข้อ เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำทันที จากนั้นครูผู้คุมสอบจะเก็บแบบทดสอบข้อนั้น แล้วแจกข้อคำถามถัดไป
5. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำถามได้จำนวนมาก มีความสมเหตุสมผล มีความสอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
6. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบทดสอบก่อนได้รับอนุญาต
7. ไม่อนุญาตให้นำแบบทดสอบออกนอกห้องสอบเด็ดขาด
8. ไม่อนุญาตให้คัดลอกแบบทดสอบไม่ว่าด้วยวิธีใดก็ตาม

1. ให้นักเรียนตั้งปัญหาเกี่ยวกับภาพหมูนักกล้ามที่กำหนดให้ได้มากที่สุด (ปัญหาที่ตั้งขึ้นต้องมีความเป็นไปได้) (ใช้เวลา 3 นาที)

(ที่มาของภาพ : https://www.catdumb.com/shocking-footage-emerges-mutant-hulk-like-boars-093/)

ข้อมูลเพิ่มเติม : หมูนักกล้ามเป็นหมูที่ได้รับการดัดแปรพันธุกรรมให้แตกต่างจากหมูทั่วไป จนส่งผลให้มีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่กว่าปกติมากถึง 2 เท่า

ตัวอย่างคำตอบ

1) ด้านอาหาร

1.1) สามารถรับประทานได้หรือไม่

1.2) ถ้ารับประทานจะเกิดผลอย่างไรกับร่างกาย

1.3) สามารถนำมาประกอบอาหารอะไรได้บ้าง

2) ด้านเศรษฐกิจ

2.1) สามารถเพิ่มมูลค่าของสุกรได้หรือไม่

2.2) ราคาซื้อขายในตลาดเป็นอย่างไร แพง-ถูกหรือไม่ อย่างไร

3) ด้านสิ่งแวดล้อม

3.1) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร

3.2) สัตว์หรือมนุษย์ที่รับประทานเนื้อสุกรนี้จะได้รับผลกระทบอย่างไร

4) ด้านการเกษตร

4.1) มีความแตกต่างจากสุกรพันธ์อื่น ๆ หรือไม่ อย่างไร

4.2) สัตว์ชนิดอื่นสามารถทำแบบนี้ได้หรือไม่ อย่างไร

4.3) มีวิธีการขยายพันธุ์อย่างไร

4.4) สามารถเลี้ยงได้ในสภาพแวดล้อมอย่างไร

5) ด้านงานวิจัย/วิทยาศาสตร์

5.1) สุกรมีลักษณะดังกล่าวได้อย่างไร

5.2) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากฝีมือมนุษย์

5.3) ถ้าเกิดจากฝีมือมนุษย์ทำเพราะสาเหตุใด มีวิธีการดัดแปลงอย่างไร

5.4) มีต้นกำเนิดที่ไหน

2. จากรูปภาพในข้อที่ 1 (หมูนักกล้าม) ให้นักเรียนเขียนสาเหตุของการสร้างหมูนักกล้ามให้ได้มากที่สุด (ใช้เวลา 3 นาที)

(ที่มาของภาพ : https://www.catdumb.com/shocking-footage-emerges-mutant-hulk-like-boars-093/)

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

1) ด้านการแพทย์

1.1) ใช้รักษาโรคบางชนิด

1.2) ใช้สารบางอย่างผลิตยารักษาโรค

2) ด้านการเกษตร

2.1) ต้องการสุกรที่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่ไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโต

2.2) ต้องการสุกรที่มีความสามารถต้านทานโรคบางชนิดได้

2.3) ต้องการสุกรที่มีสารอาหารทางโภชนาการหรือสารชีวโมเลกุลบางชนิดที่เพิ่มขึ้น เช่น มีโปรตีน หรือวิตามิน หรือไขมันที่เพิ่มขึ้น

3) ด้านการวิจัย

3.1) ศึกษาวิจัยด้านยีน โครโมโซมต่าง ๆ

3.2) ศึกษาเพื่อการปรับปรุงพันธุ์สุกร

4) ด้านเศรษฐกิจ

4.1) เพื่อความสวยงาม แข็งแรง

4.2) เพิ่มมูลค่าของสินค้า

3. จากรูปภาพในข้อที่ 1 (หมูนักกล้าม) ให้นักเรียนเขียนผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นตามมาในด้านต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด (ใช้เวลา 3 นาที)

(ที่มาของภาพ : https://www.catdumb.com/shocking-footage-emerges-mutant-hulk-like-boars-093/)

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

1) ด้านการแพทย์

1.1) ได้รักษาโรคบางชนิด

1.2) ได้สารบางอย่างผลิตยารักษาโรค

2) ด้านการเกษตร

2.1) ได้สุกรที่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่ไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโต

2.2) ได้สุกรที่มีความสามารถต้านทานโรคบางชนิดได้

2.3) ได้สุกรที่มีสารอาหารทางโภชนาการหรือสารชีวโมเลกุลบางชนิดที่เพิ่มขึ้น เช่น มีโปรตีน หรือวิตามิน หรือไขมันที่เพิ่มขึ้น

3) ด้านการวิจัย

3.1) ได้งานวิจัยด้านยีน โครโมโซมต่าง ๆ

3.2) ได้สุกรที่ปรับปรุงพันธ์แล้วมีลักษณะตามความต้องการ

4) ด้านเศรษฐกิจ

4.1) ได้สุกรที่มีเพื่อความสวยงาม และมีความแข็งแรง

4.2) ได้สุกรที่มีมูลค่าของเพิ่มขึ้น

4. ให้นักเรียนเขียนเทคนิควิธีการตรวจจับหาผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอให้ได้มากที่สุดเท่าที่นักเรียนจะคิดได้ (ใช้เวลา 3 นาที)

ตัวอย่างคำตอบ

1) การตรวจสถานที่เกิดเหตุและการถ่ายรูป

2) การตรวจลายนิ้วมือฝ่ามือฝ่าเท้า

3) การตรวจเอกสาร เช่น ตรวจลายเซ็น ลายมือเขียน

4) การตรวจทางฟิสิกส์ เช่น ตรวจร่องรอยการเฉี่ยวชนรถ

5) การตรวจทางนิติเวช เช่น งานนิติพยาธิ งานนิติวิทยา งานชีวเคมี และการตรวจทางชีววิทยา เช่น ตรวจเส้นผม เลือด อสุจิ และตรวจรหัสพันธุกรรม (DNA)

5. ให้นักเรียนคิดวิธีที่ทำให้ดอกบัวมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดพร้อมทั้งมีความสวยงาม จงเขียนให้ได้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น สร้างดอกบัวที่สามารถสะท้อนแสงได้ในที่มืด เป็นต้น (ใช้เวลา 3 นาที)

เป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนน (อยู่ในดุลยพินิจของครู)

6. จากรูปภาพที่กำหนดต่อไปนี้ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ของเมล็ดข้าวในด้านต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด (ใช้เวลา 5 นาที)

(ที่มาของภาพ : https://mumuu9985.wordpress.com)

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

แบ่งประเภทตามการใช้ประโยชน์

1) *ด้านอาหาร*

1.1) ใช้บริโภคเป็นอาหารหลักและใช้ทำเป็นของหวานชนิดต่าง ๆ

1.2) รำข้าวสามารถนำมาใช้ทำเป็นน้ำมันรำข้าว ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

1.3) รำข้าวสำหรับปรุงอาหาร

1.4) ผลิตเบียร์ ไวน์ และสุราได้

1.5) ทำเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบำรุงสุขภาพ

2) ด้านเศรษฐกิจ

2.1) เมล็ดข้าว สามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับได้

2.2) เพิ่มมูลค่าของข้าวได้ในแง่ของน้ำหนักข้าวที่เพิ่มขึ้น และมีสารอาหารที่เพิ่มขึ้น

2.3) รำข้าวสามารถนำมาใช้ทำลิปสติก ทำยาหม่อง ทำแวกซ์ หรือทำเป็น โลชันบำรุงผิว ฯ

2.4) ทำแป้งสำหรับอัดกลีบเสื้อผ้า เครื่องสำอาง และเคลือบเส้นใย

2.5) รำข้าวผลิตสบู่ เนยเทียม เครื่องสำอาง สารป้องกันสนิม สารป้องกันความชื้น สารเคลือบเงา และสารเคลือบหนัง

2.6) แกลบถูกนำมาใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง วัสดุปลูกพืช สารดูดซับน้ำ ผสมวัสดุก่อสร้างและซีเมนต์ ทำวัสดุกรองน้ำ

3) ด้านการแพทย์

3.1) ใช้เป็นยารักษาโรคได้

4) ด้านการเกษตร

4.1) ทำปุ๋ย

4.2) ถ่านแกลบสีดำที่ได้จากการเผาแกลบถูกนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชเนื่องจากดูดซับน้ำได้ดี และถูกนำมาใช้ทำวัสดุกรองน้ำ

7. ให้นักเรียนเขียนวิธีการปรับปรุงมะเขือเทศนี้ให้มีลักษณะดีขึ้นให้ได้วิธีมากที่สุด (ใช้เวลา 5 นาที)

(ที่มาของภาพ : http://www.pakasoap.com/product/tomato/)

ตัวอย่างคำตอบ

1) ผสมข้ามสายพันธุ์จนได้มะเขือเทศที่ตรงตามความต้องการ

2) ใส่ยีนที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ตรงตามความต้องการเพื่อให้แสดงออกตามความต้องการ

8. จากรูปภาพที่กำหนดให้ต่อไปนี้ (ผักตบชวา) ถ้าสมมตินักเรียนสามารถดัดแปรพันธุกรรมของผักตบชวาได้ นักเรียนจะดัดแปรพันธุกรรมของผักตบชวาตรงส่วนใดเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายให้ได้มากที่สุด จงระบุให้ชัดเจนและแสดงรายละเอียดให้ได้มากที่สุด (ใช้เวลา 5 นาที)

(ที่มาของภาพ : http://www.laddagardenshop.com/)

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

1) ใบ

1.1) นำมาประดิษฐ์เป็นข้าวของเครื่องใช้ ของประดับสวยงาม อาทิ ตะกร้า กล่องใส่ของ จานใส่กับข้าว ห่อสิ่งของ

1.2) ใช้เพาะเห็ด

1.3) ใช้ทำปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพ

2) ลำต้น

2.1) นำมาประดิษฐ์เป็นข้าวของเครื่องใช้ ของประดับสวยงาม อาทิ สานทำตะกร้า ปลาตะเพียน กล่องใส่ของ ตุ๊กตา แจกันดอกไม้ และยังดัดแปลงเป็นรูปสัตว์ เช่น แมลงปอ กิ้งก่า ตั๊กแตน

2.2) ใช้เพาะเห็ด

2.3) ใช้ทำถ่านอัดแท่ง

2.4) ทำกระดาษสา

2.5) ทำปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพ

3) ราก

3.1) ปุ๋ยหมักและปุ๋ยน้ำชีวภาพ

9. ให้นักเรียนเลือกออกแบบสัตว์ดัดแปรพันธุกรรมอย่างสร้างสรรค์มา 1 ชนิด โดยวาดรูปพร้อมทั้งระบุชื่อหน้าที่ของอวัยวะแต่ละส่วน (ใช้เวลา 5 นาที)

เป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนน(อยู่ในดุลยพินิจของครู)

10. จากสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันพบปัญหาที่เกิดขึ้นตามมามากมายและส่งผลกระทบกับสิ่งมีชีวิตแทบทั้งสิ้น ถ้าสมมตินักเรียนสามารถสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ นักเรียนจะเลือกสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมชนิดใดบ้าง เพราะเหตุใด (ใช้เวลา 5 นาที)

เป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนน (อยู่ในดุลยพินิจของครู)

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 30 ข้อ มี 4 ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบคำตอบที่ถูกต้องที่สุด และฝนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 40 นาที

1. ข้อใดกล่าวถึงหน้าที่เอนไซม์ตัดจำเพาะได้อย่างถูกต้อง

ก. ตัดพันธะไฮโดรเจนในสาย DNA ตรงบริเวณที่มีลำดับเบสจำเพาะ

ข. ตัดพันธะไฮโดรเจนในสาย DNA ตรงบริเวณที่มียีนและมีคู่เบสซ้ำ ๆ กัน

ค. ตัดพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ของพลาสมิด และ DNA ตรงบริเวณยีนที่ต้องการด้วยลำดับเบสที่จำเพาะ

ง. ตัดพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ของพลาสมิด และ DNA ตรงบริเวณยีนที่ต้องการด้วยลำดับเบสที่ไม่จำเพาะ

2. กำหนดให้ข้อความต่อไปนี้คือขั้นตอนการทำ Recombinant DNA

A ตัด DNA ที่มียีนที่ต้องการด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ

B เชื่อมต่อ DNA ที่ต้องการกับ DNA พาหะที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ

C แยก DNA ที่มียีนที่ต้องการออกจากผู้ให้

D คัดเลือกเซลล์แบคทีเรียที่มียีนที่ต้องการ

E นำ Recombinant DNA เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย

ข้อใดเรียงลำดับการทำ Recombinant DNA ได้ถูกต้อง

ก. A B E D C ข. C A B E D ค. D E C B A ง. D C A B E

3. ข้อใดกล่าวถึงการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ต้องการด้วยวิธีการใช้พลาสมิดได้อย่างถูกต้องที่สุด

ก. บริเวณจดจำจะมีจุดตัดที่พันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่างหมู่น้ำตาล

ข. พลาสมิดที่ใช้มักมียีนที่สามารถต้านยาปฏิชีวนะและบริเวณตำแหน่งตัดของเอนไซม์ตัดจำเพาะ

ค. ปลายทู่ (blunt end) คือบริเวณที่เกิดจากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะบางชนิดแล้วมีนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยวยื่นออกมา

ง. การเชื่อมสายดีเอ็นเอที่เกิดจากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์เฮลลิเคส

4. ข้อใดคือเหตุผลสำคัญที่นิยมใช้พลาสมิดเป็น DNA พาหะในกระบวนการตัดต่อยีน

ก. พลาสมิดเป็น DNA ที่ขนาดเล็ก

ข. มียีนที่ต้านทานยาปฏิชีวนะสำหรับใช้เป็นเครื่องหมายในการคัดเลือกเซลล์แบคทีเรียที่มีพลาสมิด

ค. สามารถจำลองตัวเองได้และยังพบว่าเป็นอิสระอยู่นอกโครโมโซมของแบคทีเรีย

ง. มีบริเวณของ DNA ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะหลายชนิด

5. หากกำหนดสายดีเอ็นเอดังด้านล่างนี้ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ HaeIII --- 5' CC - GG 3' ซึ่งมีตำแหน่งจัดจำเพาะที่ลำดับเบส C กับ G จะทำให้เกิดการตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอได้กี่ชิ้นส่วนและเกิดผลิตภัณฑ์แบบใด

5' ACGCCGGCCGTATTATCCGGATCCGCCGCCGGCTGT 3'

3' TGCGGCCGGCATAATAGGCCTAGGCGGCGGCCGACA 5'

ก. 3 ชิ้นส่วน ปลายทู่ ข. 3 ชิ้นส่วน ปลายเหนียว

ค. 4 ชิ้นส่วน ปลายทู่ ง. 4 ชิ้นส่วน ปลายเหนียว

6. ข้อใดคือวัตถุประสงค์หลักของเทคนิค PCR ในขั้นตอนการลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส

ก. เพื่อให้ primer จับคู่กับ DNA ที่เป็นแม่แบบ

ข. เพื่อให้ DNA สายคู่ที่เป็นแม่แบบแยกออกจากกัน

ค. เพื่อให้เบสที่เข้าคู่กับ DNA แม่แบบมาเชื่อมต่อที่ปลาย primer

ง. เพื่อให้ DNA สายใหม่ที่กำลังสร้างเชื่อมต่อนิวคลีโอไทด์ต่อจาก primer

7. ขั้นตอนใด<u>ไม่ใช่</u>ขั้นตอนในการเกิดปฏิกิริยา PCR

ก. Annealing ข. Denature ค. Extension ง. DNA ligase

8. ในการทำเทคนิค PCR สามารถเพิ่มปริมาณ DNA เป้าหมายได้ด้วยการเติมสารในข้อใดเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขต

ก. Primer ข. $MgCl_2$ ค. dNTP ง. Taq polymerase

9. ขั้นตอน denature ในเทคนิค PCR ทำเพื่อวัตถุประสงค์ในข้อใด

ก. ขั้นตอนที่ชิ้น DNA สองชิ้นเชื่อมต่อกัน

ข. การใช้ความร้อนแยก DNA สายคู่สมออกจากกัน

ค. อุณหภูมิที่เอนไซม์ Taq polymerase ทำงานได้ดี

ง. ขั้นตอนที่ primer จะเข้าไปจับกับ DNA ต้นแบบ

10. ถ้าเริ่มต้นปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวนโมเลกุลดีเอ็นเอจำนวน 50 โมเลกุล ด้วยเทคนิค PCR จำนวน 10 รอบ จะได้ผลผลิตสุดท้ายกี่โมเลกุล

ก. 51,200 โมเลกุล ข. 512,000 โมเลกุล

ค. 5,120,000 โมเลกุล ง. 25,600,000 โมเลกุล

11. ข้อใดจำเป็นต้องใช้ปฏิกิริยา polymerase chain reaction

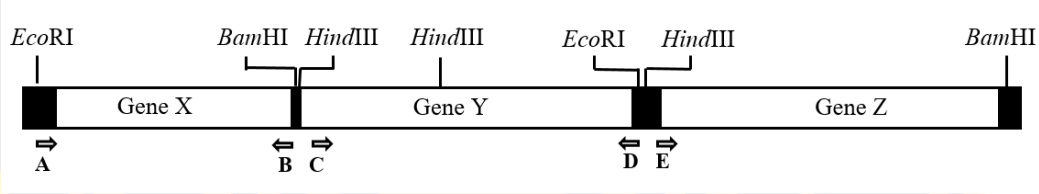
ก. การรักษาโรคด้วยวิธีบำบัดด้วยยีน

ข. การโคลนชิ้นส่วน DNA ที่ต้องการโดยอาศัยพลาสมิด

ค. การทำลายพิมพ์ DNA จากคราบเลือดที่พบในที่เกิดเหตุ

ง. การโคลนลูกแกะให้มีลักษณะทางพันธุกรรมเช่นเดียวกับแม่แกะ

12. DNA ของกระรอกส่วนหนึ่ง ประกอบด้วยยีน X Y และ Z โดยมีเอนไซม์ตัดจำเพาะในตำแหน่งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบไพรเมอร์ A B C D และ E ไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ อีกด้วย ดังภาพ ส่วน DNA ที่เป็นสีเข้มเป็น DNA ที่ไม่ได้เป็นยีน หากต้องการโคลนยีน Y จะสามารถทำได้โดยวิธีใดเหมาะสมที่สุด



ก. ตัดด้วยเอนไซม์ *Eco*RI แล้วนำชิ้น DNA ที่ได้ไปแทรกในพลาสมิด

ข. ตัดด้วยเอนไซม์ *Hind*III แล้วนำชิ้น DNA ที่ได้ไปแทรกในพลาสมิด

ค. นำ DNA มาผ่านกระบวนการ polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ ไพรเมอร์ B และ D

ง. นำ DNA มาผ่านกระบวนการ polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ ไพรเมอร์ C และ D

13. ข้อใดถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับหลักการการวิเคราะห์ DNA และการตรวจสอบโดยวิธี gel electrophoresis

ก. การแยกโมเลกุลของ DNA ที่มีขนาดต่างกันออกจากกันโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก

ข. DNA ที่มีประจุเป็นลบจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกบนอะกาโรสเจลที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ค. DNA โมเลกุลขนาดใหญ่เคลื่อนที่เร็วกว่า DNA โมเลกุลขนาดเล็กในอะกาโรสเจล

ง. ต้องย้อมด้วยสี SYBY green ซึ่งจะให้สีเขียวเมื่อส่องผ่านแสงอินฟราเรด

14. ความสัมพันธ์ในข้อใดไม่ถูกต้อง

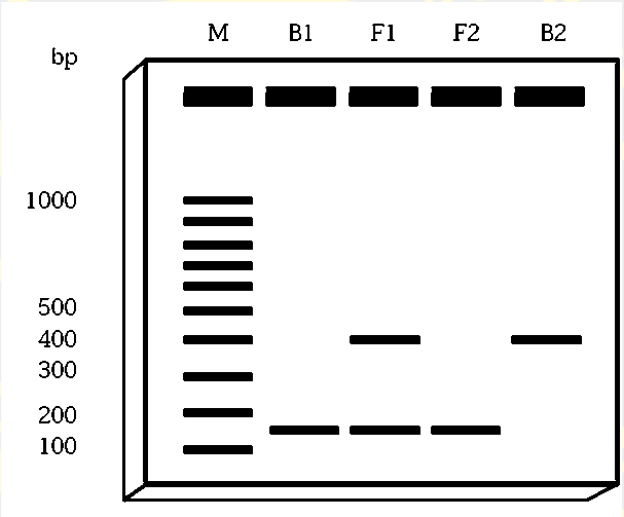
ก. การเพิ่มปริมาณ DNA - Gel electrophoresis

ข. Thermocycler - DNA สายคู่แยกออกจากกันเป็น DNA สายเดี่ยว

ค. Ethidium bromide - สีที่ใช้ย้อม DNA ซึ่งเมื่อจับกับ DNA จะเรืองแสงเป็นสีชมพูเมื่อรับรังสีอัลตราไวโอเลต

ง. การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ - automated sequence

15. ตัวอย่างในแถวของ F1 มีแถบโมเลกุล DNA กี่แถบ และแต่ละแถบมีขนาดประมาณเท่าใดตามลำดับ



ก. 1 แถบ มีขนาด 150 bp

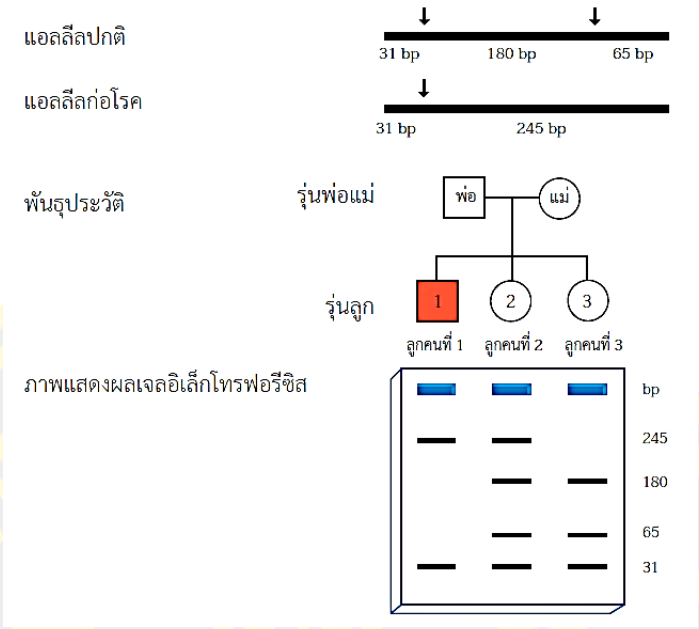
ข. 2 แถบ มีขนาด 150 bp และ 400 bp

ค. 2 แถบ มีขนาด 200 bp และ 400 bp

ง. 3 แถบ มีขนาด 150 bp 200 bp และ 400 bp

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 16-17

“โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ซึ่งเป็นโรคที่ควบคุมโดยแอลลีลด้อยบนออโตโซม เกิดจากลำดับเบส GAG ตำแหน่งหนึ่งภายในยีน β globin เปลี่ยนเป็น GTG โดย DNA ที่มีลำดับเบส GAG ถูกตัดได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Dde*I แต่ DNA ที่ลำดับเบส GTG จะไม่สามารถถูกตัดได้ และการศึกษาการถ่ายทอดโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ของครอบครัวหนึ่งที่มีลูก 3 คน โดยลูกคนที่ 1 เป็นโรค ส่วนลูกคนที่ 2 และ 3 ไม่แสดงอาการของโรคดังแสดงในพันธุประวัติ และเมื่อใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Dde*I ตัดชิ้นยีนและนำไปตรวจสอบด้วยเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้ผลดังภาพ กำหนดให้ (↓) เป็นตำแหน่งตัดจำเพาะด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Dde*I”



16. จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ข้างต้น สมมติฐานในข้อใดมีความเป็นไปได้มากที่สุด

ก. ถ้าโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ถูกควบคุมโดยแอลลีลด้อยบนออโตโซม ดังนั้นลูกคนที่ 2 และ 3 ถ้าได้รับแอลลีลด้อยทั้งคู่ก็มีโอกาสเป็นโรคได้

ข. ถ้าโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ถูกควบคุมโดยแอลลีลด้อยบนออโตโซม ดังนั้นลูกคนที่ 2 และ 3 ถ้าได้รับแอลลีลด้อยบางยีนก็มีโอกาสเป็นโรคได้

ค. ถ้าคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์มีลำดับเบส GAG ถูกตัดได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Dde*I ดังนั้นเมื่อลำดับเบสถูกตัดก็ไม่สามารถปรากฏโรคได้

ง. ถ้าคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์มีลำดับเบส GTG ถูกเปลี่ยนเป็น GAG ดังนั้นก็ส่งผลให้ลูกสามารถปรากฏโรคได้

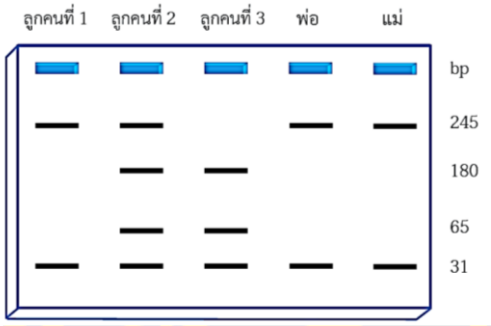
17. จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ข้างต้น ผลการตรวจ DNA ข้างต้น นักเรียนจะลงข้อสรุปว่าลูกคนที่เท่าใดมีแอลลีลก่อโรค

ก. ลูกคนที่ 1 เท่านั้น ข. ลูกคนที่ 2 เท่านั้น

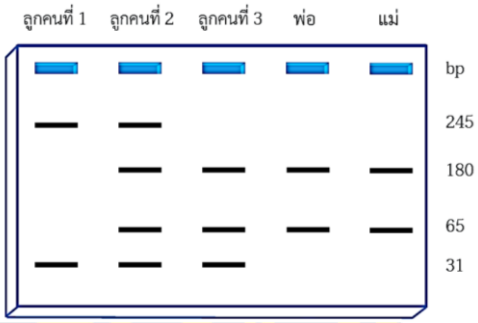
ค. ลูกคนที่ 3 เท่านั้น ง. ลูกคนที่ 1 และ 2 เท่านั้น

18. จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ข้างต้น หากพ่อและแม่ไม่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ ถ้าตรวจ DNA ในยีน β globin ของพ่อและแม่ ผลของแถบ DNA จะเป็นอย่างไร

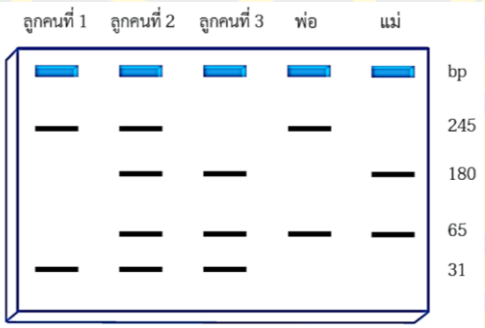
ก.



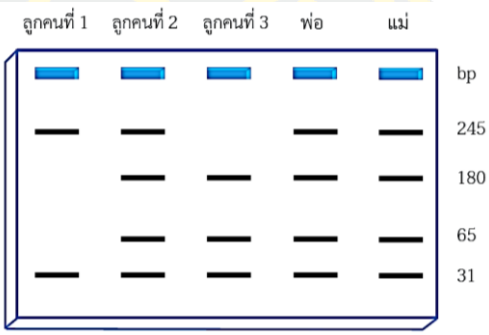
ข.



ค.



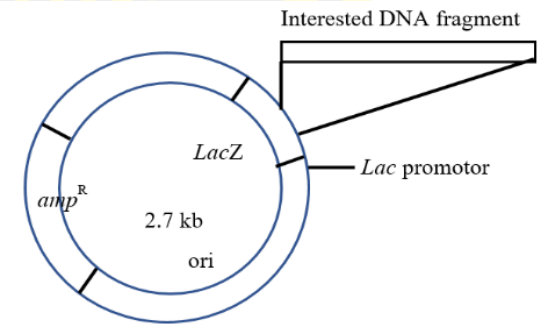
ง.



ใช้คำถามต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 19-20

การโคลน ส่วนของ DNA ด้วยวิธีการแทรกชิ้น DNA เข้าไปใน ยีน *LacZ* ของพลาสมิด ดังภาพ ทำให้เซลล์แบคทีเรียที่ได้รับพลาสมิดนั้นไม่สามารถสร้างเอนไซม์ β-galactosidase ได้จะย่อยสารตั้งต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อได้โคโลนีสีฟ้า หากไม่มีสารตั้งต้นหรือเอนไซม์ได้โคโลนีสีขาว นักเรียน 3 คน โคลนชิ้นส่วน DNA ด้วยตัวอย่าง DNA ด้วยตัวอย่างชุดเดียวกัน ได้ผลดังตาราง

นักเรียนคนที่	จำนวนโคโลนี	
	สีขาว	สีฟ้า
1	10	170
2	180	-
3	-	50



19. จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ข้างต้น หากต้องการพลาสมิดแบคทีเรียที่มีชิ้นส่วน DNA ที่ต้องการนี้ควรเลือกอย่างไร

ก. โคโลนีสีขาว จากนักเรียนคนที่ 1
ข. โคโลนีสีขาว จากนักเรียนคนที่ 2
ค. โคโลนีสีขาว จากนักเรียนคนที่ 1 หรือคนที่ 2
ง. โคโลนีสีฟ้า จากนักเรียนคนที่ 1

20. จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ข้างต้น หากตัดพลาสมิดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ S*cal* ภายในยีนต้านทานยาปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน (apm^R) และใส่ชิ้น DNA ที่ตัดด้วยเอนไซม์ดังกล่าวจะเกิดผลอย่างไร

ก. สีของโคโลนีแบคทีเรียที่ได้รับดีเอนเอรีคอมบิแนนท์มีสีฟ้า

ข. สีของโคโลนีแบคทีเรียที่ได้รับดีเอนเอรีคอมบิแนนท์มีสีขาว

ค. มีการเจริญของแบคทีเรียที่ได้รับดีเอนเอรีคอมบิแนนท์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแอมพิซิลลิน

ง. ไม่มีการเจริญของแบคทีเรียที่ได้รับดีเอนเอรีคอมบิแนนท์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแอมพิซิลลิน

21. ข้อใดเป็นประโยชน์ที่ได้จากพันธุวิศวกรรมในด้านเพิ่มผลผลิตโปรตีนที่หายาก

ก. การผลิตยาปฏิชีวนะจากเชื้อรา

ข. การผลิตต้นกล้าใบยาสูบปลอดโรคไวรัส

ค. การผลิตฮอร์โมนอินซูลินจากเซลล์แบคทีเรีย

ง. การผลิตต้นถั่วเพื่อให้ได้รับเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียม

22. นายอุดมได้ทำการทดลองผสมดอกกล้วยไม้พันธุ์สามปอยขุนตาลกับกล้วยไม้พันธุ์ฟ้ามุ้ย ผลปรากฏว่าได้กล้วยไม้พันธุ์ใหม่มีสีสวยและกลิ่นหอม และได้ตั้งชื่อว่ากล้วยไม้พันธุ์อุดมซันซาย และสามารถขยายพันธุ์ได้ จากการผสมพันธุ์นี้พอสรุปได้อย่างไร

ก. มีการเปลี่ยนแปลงยีนบนโครโมโซม สปีชีส์ยังคงเดิม

ข. มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม สปีชีส์ยังคงเดิม

ค. มีการเปลี่ยนแปลงยีนบนโครโมโซม เกิดสปีชีส์ใหม่

ง. มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เกิดสปีชีส์ใหม่

23. ข้อใดเป็นการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม

ก. การผลิตเนยแข็งหรือชีส

ข. ปรับปรุงพันธุ์ข้าวแบบดั้งเดิม

ค. ยีสต์ดัดแปรพันธุกรรมเพื่อเปลี่ยนโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน

ง. แบคทีเรียดัดแปรพันธุกรรมย่อยน้ำมันที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

24. จากกรณีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการจำแนกและปรับปรุงทุเรียนของไทย สามารถทำได้อย่างไร

ก. สร้างไพรเมอร์ใหม่

ข. พัฒนาเครื่องหมายโมเลกุล SSR

ค. หาลำดับจุดจำเพาะของเอนไซม์ตัดจำเพาะ

ง. วิเคราะห์ลำดับคู่น้ำตาลใหม่ในกรดนิวคลีอิก

25. ข้อใดกล่าว<u>ไม่ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับการวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยการวิเคราะห์ด้วย STR

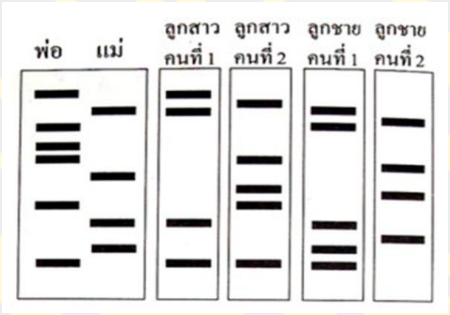
ก. การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอนิยมใช้พลาสมิดมากกว่า PCR ในการเพิ่มยีนที่สนใจ

ข. การหาเบสซ้ำมักหาได้ตั้งแต่ 2 – 6 คู่เบส อ่านจาก ทิศ 5’ ไป 3’ ที่มีขนาดความยาวซ้ำไม่เท่ากัน

ค. การวิเคราะห์ STR มักใช้ primer หลายชนิดเพื่อวิเคราะห์ STR ที่มีขนาดแตกต่างกัน และสามารถวิเคราะห์ได้หลายจุด

ง. การวิเคราะห์ STR ในปัจจุบันต้องทำเทียบ 2 อัลลีลในหนึ่งคู่โครโมโซม และต้องวิเคราะห์อย่างต่ำ 16 จุด

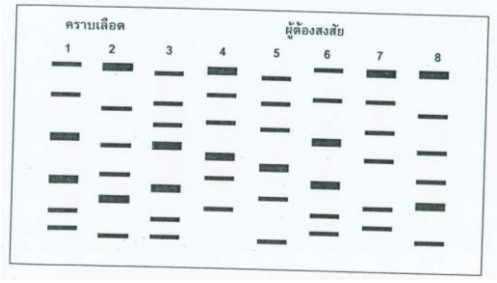
26. สามีภรรยาคู่หนึ่งมีบุตร 4 คน ในจำนวนนี้มี ลูกสาว 2 คน และลูกชาย 2 คน จงวิเคราะห์ลายพิมพ์ DNA ของทุกคน ใครเป็นลูกที่เกิดจากทั้งสามีและภรรยาคู่นี้



ก. ลูกสาวคนที่ 1 และลูกชายคนที่ 2 ข. ลูกชายคนที่ 1 และลูกสาวคนที่ 1

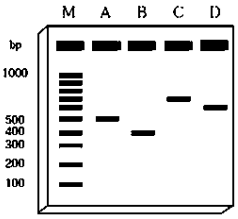
ค. ลูกสาวคนที่ 2 และลูกชายคนที่ 2 ง. ลูกชายคนที่ 1 และลูกชายคนที่ 2

27. เกิดเหตุฆาตกรรมในบ้านร่างแห่งหนึ่ง เมื่อตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากคราบเลือดที่ปรากฏพบว่ามีฆาตกร 2 คน (หมายเลข 1 และ 2) ตำรวจสืบสวนแล้วได้ผู้ต้องสงสัยว่าจะเป็นฆาตกร 6 คน จึงนำผู้ต้องสงสัยทั้ง 6 คน ไปตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (หมายเลข 3-8 ในภาพ) เพื่อเปรียบเทียบกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากคราบเลือดในที่เกิดเหตุ ซึ่งลายพิมพ์ดีเอ็นเอทั้งหมดแสดงในภาพ ผู้ต้องสงสัยหมายเลขใดเป็นฆาตกร

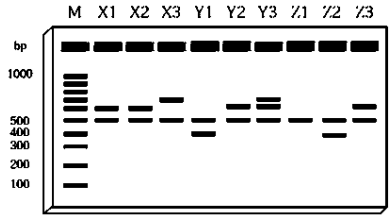


ก. หมายเลข 3 และ 5 mm ข. หมายเลข 4 และ 7nnค. หมายเลข 6 และ 7 ง. หมายเลข 6 และ 8

28. หอยเชลล์แช่แข็งส่วนมากที่วางขายตัดมาเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อยึดเปลือก หอยเชลล์สปีชีส์ A B C และ D มีกล้ามเนื้อยึดเปลือกที่คล้ายกันมากจนไม่สามารถแยกได้จากลักษณะภายนอก ทำให้บางครั้งมีการนำสปีชีส์ B C และ D ซึ่งราคาถูกกว่ามาขายปนกับสปีชีส์ A ที่มีราคาแพง บริษัทที่ทำธุรกิจนำเข้าและส่งออกอาหารทะเลจึงมีการสุ่มตรวจหอยเชลล์แช่แข็งที่วางขายและติดป้ายบอกว่าเป็นสปีชีส์ A ซึ่งผลิตจาก 3 โรงงาน คือ X Y และ Z โรงงานละ 3 ถุงจากร้านค้าต่าง ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์ DNA โดยใช้เครื่องหมายพันธุกรรมว่ามีการปลอมปนหอยเชลล์หรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับ DNA ที่ทราบขนาด (M) ผลการตรวจหอยเชลล์สปีชีส์ A B C และ D ได้ผลดังแผนภาพที่ 1 และผลการตรวจหอยเชลล์จากโรงงาน X Y และ Z ได้ผลดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 2

ถ้านักเรียนทำงานอยู่บริษัทนำเข้าและส่งออกอาหารทะเลและต้องการหาซื้อหอยเชลล์สปีชีส์ A เพื่อส่งขายทั่วโลก จะซื้อหอยเชลล์จากโรงงาน X Y และ Z หรือไม่เพราะเหตุใด

ก. ซื้อ เพราะหอยเชลล์แต่ละสปีชีส์ก็มีกล้ามเนื้อยึดเปลือกที่คล้ายกัน

ข. ซื้อ เพราะเป็นการลงทุนที่สมเหตุสมผล

ค. ไม่ซื้อ เพราะมีการปลอมปนหอยเชลล์แช่แข็งที่ติดฉลากว่าเป็น สปีชีส์ A

ง. ยังตัดสินใจไม่ได้

29. ข้อใดคือการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม หรือ GMOs ที่ถูกกฎหมายและเป็นที่ยอมรับขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration; FDA)

ก. ข้าวสีทองที่มียีนสร้างวิตามินเอจากต้นแดฟโฟดิล

ข. ปลาแซลมอนดัดแปรพันธุกรรมเพื่อใช้ประกอบอาหาร

ค. การถ่ายยีนสร้างสารพิษที่ฆ่าหนอนได้เข้าไปในต้นฝ้ายบีที

ง. การผลิตฮอร์โมนอินซูลินจากเซลล์แบคทีเรียเพื่อใช้รักษาคนไข้ที่เป็นโรคเบาหวาน

30. ข้อใดกล่าว<u>ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับการแสดงข้อคิดเห็นต่อข้อกังวลที่ว่า “อาหารที่มีส่วนผสมของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือผลิตภัณฑ์ของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นจะกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้ในตัวผู้บริโภคได้หรือไม่”

ก. ปัจจุบันพบผลกระทบที่น่าเป็นห่วงจากยีนก่อภูมิแพ้ทั่วโลก

ข. การยืนยันยีนก่อภูมิแพ้ต้องพิสูจน์จากโปรตีนที่สร้างจากยีนนั้น

ค. การถ่ายยีนจากสิ่งมีชีวิตที่กระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้ยังไม่มีรายงานการตรวจพบ

ง. โดยหลักการไม่ควรถ่ายยีนจากสิ่งมีชีวิตที่อาจกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้ไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น

เฉลยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

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