ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พิมพ์พจี ภิญโญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พิมพ์พจี ภิญโญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Effects of Creativity-Based Learning (CBL) on biology achievement and scientific creativity of Mattayomsuksa four students

PIMPAJEE PINYO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พิมพ์พจี ภิญโญ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

63910091: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พิมพ์พจี ภิญโญ : ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 . (Effects of Creativity-Based Learning (CBL) on biology achievement and scientific creativity of Mattayomsuksa four students) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นพมณี เชื้อวัชรินทร์, เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ปี พ.ศ. 2568.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมารีวิทย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนาและสถิติอนุมาน

ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการศึกษาสะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

63910091: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: Creativity-Based Learning Learning Achievement Scientific Creativity

PIMPAJEE PINYO : EFFECTS OF CREATIVITY-BASED LEARNING (CBL) ON BIOLOGY ACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC CREATIVITY OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS . ADVISORY COMMITTEE: NOPMANEE CHAUVATCHARIN, Ph.D. CHADE SIRISAWAT, Ph.D. 2025.

This research aims to examine the effects of Creativity-Based Learning (CBL) on learning achievement and scientific creativity in biology among Mattayomsuksa four students. A quasi-experimental design was employed with a cluster random sample of one Mattayomsuksa four classroom from Maryvit School, Chonburi, during the second semester of the 2024 academic year. Research instruments included a CBL-based lesson plan, a biology achievement test, and a scientific creativity assessment. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics.

The results indicated that (1) students' post-learning biology achievement was significantly higher than their pre-learning scores at the .05 level, (2) students' post-learning achievement exceeded the 70% benchmark, and (3) students' scientific creativity scores surpassed the 70% criterion. These findings suggest that CBL effectively enhances both learning achievement and scientific creativity in biology education.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร. สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์สรวิศ แก้วงาม อาจารย์ธัญญารัตน์ สุขเกษม อาจารย์ณัฏฐนิช สมอารยพงศ์ อาจารย์พิชิตชัย ชูชื่นพรม ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้องและมีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู เจ้าหน้าที่ โรงเรียนมารีวิทย์พัทยา ที่อำนวยความสะดวกและกรุณาให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในโรงเรียน และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2567 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างดียิ่ง

ขอบกราบขอบพระคุณ คุณแม่วนิดา ภิญโญ และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแก้บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พิมพ์พจี ภิญโญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 7

ขอบเขตของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

บทที่ 2 13

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เพิ่มเติม เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม 13

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning) 22

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 37

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 44

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 66
บทที่ 3 70
วิธีดำเนินการวิจัย 70
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 70
รูปแบบการวิจัย 70
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 71
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 71
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 82
การวิเคราะห์ข้อมูล 83
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 83
บทที่ 4 89
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 89
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 89
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 90
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 90
บทที่ 5 97
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ 97
สรุปผลการวิจัย 98
อภิปรายผลการวิจัย 98
ข้อเสนอแนะ 105
บรรณานุกรม 107
ประวัติย่อของผู้วิจัย 113
ภาคผนวก 114
ภาคผนวก ก 115

ภาคผนวก ข 120

ภาคผนวก ค 155

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 14

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม 17

ตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างแนวคิดการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยแบบดั้งเดิม ของบลูม (Bloom, 1956) กับ Bloom's Taxonamy Revised โดย แอนเดอสัน และคราทโวล (Anderson and Krathwohl, 2001) 39

ตารางที่ 4 พฤติกรรมที่แสดงออกที่สามารถประเมินได้จากการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยของแอนเดอสัน และคราทโวล (Anderson and Krathwohl, 2001) 40

ตารางที่ 5 ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553) 43

ตารางที่ 6 การประเมินความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด 56

ตารางที่ 7 ช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 64

ตารางที่ 8 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design 71

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้สาระชีววิทยา เรื่อง โครโมโซม 72

ตารางที่ 10 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับ 75

ตารางที่ 11 ตารางแสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 79

ตารางที่ 12 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้อ 1-7 (Hu & 80

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการ 90

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 91

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ตามพฤติกรรมการ 93

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการ 94

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 95

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น .. 96

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย 9

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์ มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานตรวจสอบได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงการนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ มีเหตุผล มีคุณธรรม นอกจากนั้นยังช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุล และยั่งยืน (วรารัตน์ กาแปง, 2561)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กล่าวถึงผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาความคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและในอนาคตได้ กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของไทยในปัจจุบัน เพื่อให้ประชาชนได้เข้าใจถึงหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พัฒนากระบวนการคิด จินตนาการ มีความสามารถในทักษะการสื่อสาร การแก้ปัญหา และความสามารถในการตัดสินใจ ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2546) โลกในปัจจุบันเป็นโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างก็เข้ามามีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ด้านของสังคม อีกทั้งยังเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าของประเทศนั้น ๆ ด้วยความเจริญก้าวหน้านี้เกิดจากประชากรในประเทศที่กล้าคิดแตกต่าง และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ผสมผสานกับการใช้จินตนาการ

ในการสรรค์สร้างนวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อสังคมโลก จึงทำให้มวลมนุษย์มีนวัตกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกกันอยู่ในโลกปัจจุบัน (วิจารณ์ พาณิช, 2555) จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อประเทศอย่างยิ่ง ประเทศใดมีบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นจำนวนมาก นับได้ว่ามีทรัพยากรบุคคลที่มีคุณค่าและมีความสำคัญต่อประเทศชาติซึ่งจะสามารถนำพาประเทศชาติของตนให้เกิดการพัฒนาและเจริญก้าวหน้าไปได้ในทุก ๆ ด้าน (ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์, 2546) ดังนั้นในการจัดการศึกษาในปัจจุบัน จึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ศรายุทธ ชาญนคร (2558) พบว่าการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดสร้างสรรค์มากพอ โดยพบว่าเมื่อจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคิดหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่ก่อนแล้วได้ แต่จะคิดออกแบบภายใต้แนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่

ความคิดสร้างสรรค์ถือเป็นกระบวนการทางความคิดที่มีความสำคัญต่อเด็ก ทำให้เด็กสร้างความคิด สร้างจินตนาการต่อสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ การฝึกฝนให้เด็กคิดอย่างสร้างสรรค์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นคุณภาพในตัวเด็กให้มั่นใจในตนเองและเติบโตเป็นผู้ใหญ่ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น (สุวิทย์ มูลคำ, 2550) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) เป็นกระบวนการอิสระที่ทำให้ค้นพบวิธีแก้ปัญหา กฎเกณฑ์ใหม่ ตลอดจนสิ่งใหม่หรือแนวทางใหม่ด้วยการใช้สติปัญญาของมนุษย์ ลักษณะพิเศษของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์คือมีเป้าหมายอยู่ที่การตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นซึ่งเป็นธรรมชาติพื้นฐานของมนุษย์ผสมผสานกับการใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อสังคมโลก จึงทำให้มวลมนุษย์มีนวัตกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกกันอยู่ในโลกปัจจุบัน (วิจารณ์ พานิช, 2555) ซึ่งในปัจจุบันการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ได้เตรียมพร้อมและพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ให้กับผู้เรียนเท่าที่ควร เห็นได้จากการสอนกระบวนการคิด หรือการสอนให้นักเรียนคิดมีความคลุมเครืออยู่มาก (ไพลิน แก้วดก, 2562) เนื่องจากกระบวนการคิดนั้นไม่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อหา ที่ครูจะสามารถเห็นและนำไปสอนได้ง่าย การคิดมีลักษณะเป็นกระบวนการ ดังนั้นการสอนจึงต้องเป็นการสอนกระบวนการด้วย (ทิศนา แขมมณี, 2540) ซึ่งปัญหาการเรียนการสอนพบว่านักเรียนไม่อยากคิด ไม่อยากเรียน ไม่กล้าแสดงออก ไม่สนใจและไม่พยายามหาคำตอบด้วยตัวเอง ไม่กระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ขาดความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ ใช้เวลาคิดนาน ขาดความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน ขาดความคิดคล่องแคล่ว และนักเรียนยังขาดทักษะเพื่อสร้างสรรค์ผลงาน และผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนไม่เป็นที่น่าพอใจ (ไพลิน แก้วดก, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับประสบการณ์ในการสังเกตชั้นเรียนรายวิชาชีววิทยาของผู้วิจัย และการสัมภาษณ์ครูผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา (กลุ่มงานหลักสูตรชีววิทยาโรงเรียนมารีวิทย์, สัมภาษณ์ 7 กรกฎาคม 2565)พบว่าวิชาชีววิทยา (Biology) เป็นวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน แปลผล และสรุปผลการทดลองจนได้มาซึ่งองค์ความรู้ซึ่งเป็นผลของกระบวนการของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งสาเหตุหลักที่เป็นปัญหาในการเรียนวิชาชีววิทยา พบว่าเนื้อหาวิชาที่มีความเป็นรูปธรรม ทำให้ยากต่อการจินตนาการ นักเรียนคิดตามเนื้อหาไม่ทัน หรืออาจจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องมาจากเนื้อหามีความซับซ้อน ยากแก่การเข้าใจตลอดจนเวลาที่ใช้สอนในแต่ละครั้งมีอย่างจำกัด ทำให้การสอนส่วนใหญ่จะเน้นที่การบรรยาย การนำเสนอสื่อวิดีโอ การฝึกทำข้อสอบ จากเวลาที่มีจำกัดและปริมาณของเนื้อหาที่ไม่สมดุลกัน ทำให้การเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยามีการสอดแทรกกระบวนการคิดไม่มากเท่าที่ควร

นอกจากนี้ทิพย์รัตน์ มังกรทอง (2558) พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยามีหลายด้าน ได้แก่ 1) ด้านผู้สอนขาดเทคนิคและวิธีการที่ดีในการสอน ขาดความเอาใจใส่ในการสอนอย่างเต็มที่ซึ่งพบว่าครูส่วนใหญ่ไม่สอนตามแผนการสอนของสสวท. ไม่รู้จักเชื่อมโยงความรู้ใหม่และเก่าเข้าด้วยกันกับความรู้ที่เป็นปัจจุบัน และมีการสอนแบบเน้นครูเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ ปลูกฝังค่านิยมและทัศนคติที่เน้นการท่องจำบทเรียนให้กับเด็กอย่างไม่รู้ตัว 2) ด้านผู้เรียน พบว่าผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการรับฟังหรือจดบันทึก ทำให้เกิดการเรียนรู้หรือจดจำเนื้อหาได้แค่เพียงในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากไม่ได้เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสืบเสาะแสวงหาด้วยตนเอง เพราะขาดความรับผิดชอบเอาใจใส่ จึงทำให้ไม่สามารถที่จะนำเอาความรู้ใหม่มาผนวกกับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้ 3) ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ในเรื่องที่เป็นทฤษฎี ไม่มีการปฏิบัติ หรือการทดลองเป็นเรื่องที่น่าเบื่อสำหรับผู้เรียน ทำให้ขาดความสนในเนื้อหาได้ 4) ด้านสภาพแวดล้อม บรรยากาศของบริเวณโรงเรียน สื่อการเรียนการสอน สภาพห้องเรียนที่น่าเบื่อจำเจซ้ำซาก ล้วนแต่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนั้น จากสาเหตุที่กล่าวมาแล้วนั้น จึงทำให้ผู้เรียนบางส่วนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน ไม่มีความกระตือรือร้นในการเรียน และขาดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้จะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง และจากงานวิจัยของศันสนีย์ วิชาโรจน์ (2559) พบว่า ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ครูส่วนใหญ่มักสอนแบบบรรยายอย่างเดียว ไม่เห็นความสำคัญในการใช้สื่อและการสอนในโรงเรียนทั้งหมดเป็นการสอนแบบกลุ่มใหญ่ และเกิดจากการสอนที่จำเจ ไม่น่าสนใจ ไม่สามารถกระตุ้นความสนใจและเกิดแรงจูงใจให้นักเรียนอยากเรียนได้ ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาชีววิทยาค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของชยพัทธ์ ศรีกรด (2558)

ที่พบว่าสาเหตุที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงความรู้ และความสนใจในการเรียนวิชาชีววิทยา เนื่องจากมองว่าวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่มีเนื้อหาในลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรมซับซ้อน และที่มีเนื้อหามากต้องอาศัยการท่องจำเพียงอย่างเดียว จึงทำให้นักเรียนขาดทักษะกระบวนการคิดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้เรียนมา จึงส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากการวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาข้างต้น จึงควรมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ เกิดทักษะกระบวนการ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL) เป็นแนวทางที่คาดว่าจะสามารถช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสร้างสรรค์ให้กับผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยโครงสร้างหลักของรูปแบบการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานพัฒนาต่อยอดมาจากกระบวนการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ร่วมกับทฤษฎีด้านการวัดความคิดสร้างสรรค์ของศาสตราจารย์ อี พอล ทอร์แรนซ์ (E. Paul Torrance) และแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบความคิดแนวขนานของเอ็ดเวิร์ด เดอโบโน (Edward de Bono) นำมาสร้างรูปแบบการเรียนการสอนแบบใหม่ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ที่กระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวในการค้นคว้าแทนที่จะรอรับการบรรยายแบบเดิม นักเรียนมีความสุขในการเรียน มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสารและการทำงานเป็นทีมของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น (วิพรพรรณ ศรีสุธรรม, 2562) โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นกระตุ้นความอยากรู้ กระตุ้นความสนใจ ในขั้นตอนนี้ครูจะนำเสนอเรื่องราวที่น่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นข่าวสาร สถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับเนื้อหาที่จะสอน ซึ่งต้องทำให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย เกิดข้อคำถาม เกิดความสนใจ และอยากจะหาคำตอบด้วยตนเองตามธรรมชาติของมนุษย์ที่จะแสวงหาคำตอบเมื่อมีความอยากรู้อยากเห็นเกิดขึ้น (2) ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ในขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากขั้นตอนที่หนึ่ง เมื่อผู้เรียนเกิดความสงสัยและอยากรู้ อยากหาคำตอบแล้ว ผู้เรียนจะทำการแบ่งกลุ่มกัน โดยสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจะมีความสงสัย ข้อคำถาม หรือแนวทางในการหาคำตอบในแบบเดียวกัน ดังนั้นการจับกลุ่มนี้จะมีจำนวนกลุ่ม และจำนวนสมาชิกที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับข้อคิดเห็นและข้อสงสัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในแต่ละคน (3) ค้นคว้าและคิด ในขั้นนี้จะต้องมีเวลาให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มสืบหาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้สื่ออินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายในปัจจุบันในการหาข้อมูล และสมาชิกแต่ละคนช่วยกันเรียบเรียง

วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ จนได้เป็นข้อสรุปและสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตัวของผู้เรียนเอง (4) นำเสนอ ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะการสื่อสารในการนำเสนอข้อสรุปที่ได้มาจากขั้นค้นคว้าและคิดว่าได้มีการค้นพบปัญหา แนวทางแก้ไข หรือได้องค์ความรู้อะไรมาบ้างมานำเสนอให้กับเพื่อนในกลุ่มอื่น ๆ และครูฟัง โดยในขั้นนี้ครูจะมีบทบาทในการรับฟังและเพิ่มเติมข้อมูลจนได้เป็นองค์ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด (5) ประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ โดยประเมินผลครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยมีการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินในด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์, 2558)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้พบว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์และปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาชีววิทยาได้ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานนี้ อาจารย์ ดร.วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558) เป็นผู้ทำงานวิจัยเพื่อสร้างโมเดลการสอนแบบความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีความเหมาะสมสำหรับเด็กไทย สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และปัญหาการเรียนการสอนในประเทศไทย โดยการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานนี้จะสามารถสร้างทักษะแห่งอนาคต โดยนักเรียนได้ฝึกฝนทักษะในการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม ทักษะในการเรียนรู้ และที่สำคัญที่สุดคือทักษะในการคิดสร้างสรรค์ ดังเช่นงานวิจัยของไพลิน แก้วดก (2562) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน: การวิจัยผสานวิธี พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีพัฒนาการด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ดีขึ้นทุกด้าน โดยด้านการเข้าใจความท้าทาย มีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (ร้อยละ 84) และด้านการวางแผนปฏิบัติ มีคะแนนต่ำที่สุด (ร้อยละ 75)

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อีกทั้งยังมีการนำทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เข้ามาช่วยส่งเสริมในการจัดการ

เรียนรู้ สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นได้ และจากกระบวนการจัดการเรียนรู้นี้เป็นการเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจึงทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในความรู้มากกว่าการเรียนแบบท่องจำ ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีความเหมาะสมกับนักเรียนไทย สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และปัญหาการเรียนการสอนในประเทศไทยด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เพื่อที่จะศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ไพลิน แก้วดก (2562) ที่ได้ทดลองใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานกับการเรียนรู้แบบปกติกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และวิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562) ที่ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีพัฒนาการทักษะด้านการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ขึ้นทุกด้าน นอกจากนั้น กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์ (2540) ที่ได้ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ร่วมกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานกับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูง และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการแบบผสมผสาน

ร่วมกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐาน 3 ข้อ ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรมที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานในวิชาอื่นๆ

3. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเพิ่มขึ้น และมีความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมารีวิทย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 90 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมารีวิทย์ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ วิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประกอบด้วยเนื้อหาย่อย ต่อไปนี้

3.1 โครโมโซม

3.2 สารพันธุกรรม

3.3 สมบัติของสารพันธุกรรม

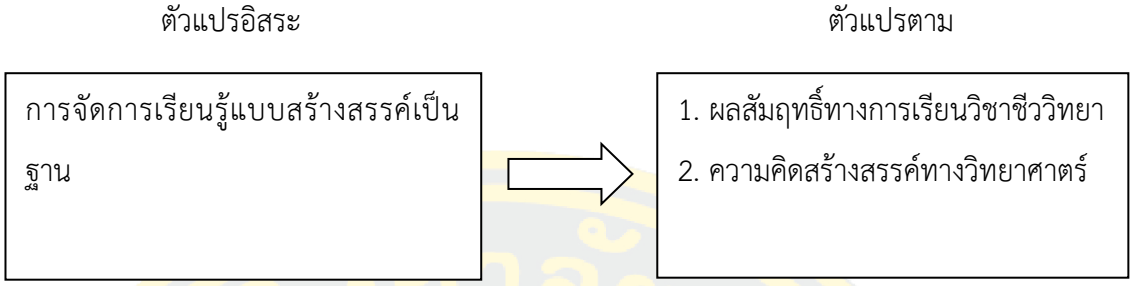
3.4 มิวเทชัน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 25 คาบ เป็นคาบเรียน 21 คาบ คาบละ 50 นาที สอบ pretest 2 คาบ คาบละ 50 นาที และสอบ posttest 2 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานตามแนวความคิดของ ดร.วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวในการค้นคว้า มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสารและการทำงานเป็นทีม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมาจากการนำเอาทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เข้ามาใช้ร่วมกับการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดมากกว่าการได้รับความรู้แบบเดิม โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิด ทักษะการนำเสนอ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1.1 กระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยการใช้สื่อ กิจกรรม ข่าวสาร ปัญหาหรือสถานการณ์รอบ ๆ ตัวของนักเรียนมาใช้เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน ให้นักเรียนอยากรู้อยากหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

1.2 ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ เป็นขั้นที่มีการใช้ปัญหาจากขั้นตอนกระตุ้นความสนใจเป็นตัวนำ โดยปัญหานั้นจะเกิดจากตัวผู้เรียนเอง จากการปล่อยให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย หลังจากค้นพบปัญหาจึงทำการแบ่งกลุ่มตามความสนใจของผู้เรียน โดยที่จำนวนของกลุ่มจะตั้งขึ้นตามจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

1.3 ค้นคว้าและคิด เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยใช้สื่ออินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการสืบค้นข้อมูล และผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด โดยหลีกเลี่ยงการตัดสิน และการอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียดอันจะเป็นการส่งผลให้ผู้เรียนหมดอิสระทางความคิด

1.4 นำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะนำเสนอผลงานของตนเองที่ได้ไปค้นคว้าและคิดออกมา โดยที่ผู้สอนควรปล่อยให้ผู้เรียนนำเสนอจนจบ โดยไม่จำเป็นต้องแทรกแซงระหว่างนำเสนอ แสดงความคิดเห็น หรือซักถาม ผู้ที่มีหน้าที่หลักในการแสดงความคิดเห็นหรือซักถามนั้นคือ

ผู้เรียนร่วมชั้น เมื่อจบการนำเสนอ ผู้สอนจึงเปิดประเด็นให้มีการซักถามในชั้นเรียน ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา และการค้นพบประเด็นใหม่ ๆ จากการซักถามในชั้นเรียน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ควบคุมคำถาม และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้อยู่ในประเด็น ไม่หลุดจากเนื้อหามากนัก

1.5 ประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ โดยประเมินผลครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยมีการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินในด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณาจากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยใช้หลักการวัดผลตาม Bloom’s Taxonamy Revised โดยแอนเดอสัน และคราทโวล (Anderson and Krathwohl, 2001) ในด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ได้แก่

2.1 จำ (Remember) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้มามีสาระอะไรบ้าง ซึ่งคำตอบนั้นมาจากการจำ

2.2 เข้าใจ (Understand) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ความสัมพันธ์ และโครงสร้างของสิ่งที่เรียน สามารถอธิบายเป็นคำพูดของตนเองได้

2.3 นำไปใช้ (Apply) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล ความรู้และความเข้าใจที่ได้เรียนมาไปใช้ในการหาคำตอบ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.4 วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดที่ลึกซึ้งขึ้นเนื่องจากไม่สามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง

2.5 ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า ผู้เรียนจะต้องสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินสิ่งต่าง ๆ ได้ และแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้นได้

2.6 สร้างสรรค์ (Create) การเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถคิดสิ่งใหม่ขึ้นมาได้ สามารถทำนายสถานการณ์ที่อาจเกิดในอนาคตได้อย่างมีเหตุผล และคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิด และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยความคิดนั้นจะต้องเป็นประโยชน์หรือสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยมีองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

3.1 ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้องและมีจำนวนมากในเวลาจำกัด

3.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้ถูกต้อง และมีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทาง

3.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับบริบท

ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 7 ข้อ ตามแนวคิดของเว่ยปิง ฮู และฟิลลิป เอดี้ (Hu & Adey, 2002) ในแต่ละข้อจะมีการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (ข้อ 1-4) ความคิดยืดหยุ่น (ข้อ 1-7) และความคิดริเริ่ม (ข้อ 1-7) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนของทอแรนซ์ ซึ่งการวัดคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม และผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดคิดได้จากผลบวกของคะแนนในแต่ละข้อ จากนั้นนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ เพื่อบอกถึงระดับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะสามารถพัฒนาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)

4. เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานแล้วนักเรียนมีผสสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ ในที่นี้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามข้อกำหนดของการวัดประเมินผลทางการเรียนของโรงเรียน โดยมีแนวการปฏิบัติการวัดผลดังนี้

คะแนนร้อยละ 80 – 100 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม

คะแนนร้อยละ 75 – 79 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดีมาก

คะแนนร้อยละ 70 – 74 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดี

คะแนนร้อยละ 65 – 69 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ค่อนข้างดี

คะแนนร้อยละ 60 – 64 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ น่าพอใจ

คะแนนร้อยละ 55 – 59 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ พอใช้

คะแนนร้อยละ 50 – 54 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

คะแนนร้อยละ 0 – 49 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เพิ่มเติม เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม
2. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL)
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เพิ่มเติม เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนมารีวิทย์ ได้กำหนดกรอบสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งประกอบไปด้วยสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ดังนี้ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ในวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

คำอธิบายรายวิชา

สืบค้นข้อมูล อธิบาย สังเกต เปรียบเทียบ สรุป สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และการจำลองดีเอ็นเอ ขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

การเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน โรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะความรู้ ใช้กระบวนการคิดเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหา ใช้ทักษะกระบวนการ และเทคโนโลยีมาผสมผสานเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการตัดสินใจ มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (คาบ)**
1. โครโมโซมและสารพันธุกรรม	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ 2. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน	18
2. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล 2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล 3. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการ	16

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
	รวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่างๆ ของรุ่น F_1 และ F_2 4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล 5. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง และลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง 6. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ	
3. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ 2. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำานึงถึงด้านชีวจริยธรรม	12

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
4. วิวัฒนาการ	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 2. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน 3. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีล และจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก 4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต	14
	รวม	60

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ในรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 21 คาบเรียน โดยมีผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน ดังที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
1. โครโมโซมและสารพันธุกรรม	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซม และหลักการจำแนกโครโมโซม 2. อภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน 5. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม	8

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
2. สมบัติของสารพันธุกรรม	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ 2. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	6. อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม 7. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปกระบวนการจำาลองดีเอ็นเอ 8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 9. อธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 10. เปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต	9
3. มิวเทชัน	3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน	11. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม 12. ยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม	4
		รวม	21

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

สาระสำคัญของวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม

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

1. โครโมโซมและสารพันธุกรรม

โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์มีจำนวนคงที่ โครโมโซมประกอบด้วย DNA และโปรตีน นักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม ส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเรียกว่า ยีน และสารพันธุกรรมทั้งหมดที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตเรียกว่าจีโนม DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายบิดเป็นเกลียวเวียนขวา แต่ละสายเกิดจากนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาว นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส ซึ่ง DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวน และลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างกัน DNA สามารถจำลองตัวเองขึ้นได้ใหม่ โดยมีโครงสร้างทางเคมีและลำดับของนิวคลีโอไทด์เหมือนเดิม DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โดยถ่ายทอดรหัสพันธุกรรมให้แก่ mRNA เพื่อกำหนดลำดับของกรดแอมิโนในโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม เช่น เอนไซม์ที่ทำงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต

มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงของลำดับหรือจำนวนนิวคลีโอไทด์ใน DNA ซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของโปรตีนซึ่งเกิดได้ทั้งในระดับยีน และระดับโครโมโซม มิวเทชันสามารถเกิดได้ทั้งเซลล์ร่างกาย และเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมิวเทชันที่เกิดในเซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ จึงอาจก่อให้เกิดลักษณะใหม่ในสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อไป มนุษย์ประยุกต์ใช้การเกิดมิวเทชันในการชักนำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิมโดยการใช้รังสีและสารเคมีต่างๆ

2. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ เมนเดลศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาจนสรุปเป็นกฎการแยกและกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ กฎการแยกมีใจความว่าแอลลีลที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะมีเพียงแอลลีลใดแอลลีลหนึ่ง กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระมีใจความว่า หลังจากคู่ของแอลลีลแยกออกจากกัน แต่ละแอลลีลจะจัดกลุ่มอย่างอิสระกับแอลลีลอื่น ๆ ที่แยกออกจากคู่เช่นกันในการเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะให้อัตราส่วนที่แตกต่างจากผลการศึกษาของเมนเดล เรียกลักษณะเหล่านี้ว่า ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล เช่น ความเด่นไม่สมบูรณ์ ความเด่นร่วม มัลติเพิลแอลลีล ลักษณะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะมีความแตกต่างกันชัดเจน เช่น การมีติ่งหูหรือไม่มีติ่งหู ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง แต่บางลักษณะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยและลดหลั่นกันไป เช่น ความสูงและสีผิวของมนุษย์ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่องและสิ่งแวดล้อมอาจมีผลต่อการแสดงลักษณะนั้น

โครโมโซมภายในเซลล์ร่างกายแบ่งเป็นออโตโซมและโครโมโซมเพศ ยีนบนโครโมโซมจะถ่ายทอดสู่รุ่นถัดไปผ่านเซลล์สืบพันธุ์ ลักษณะทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม ซึ่งยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ จะอยู่กันเป็นคู่ บางลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ ซึ่งทำให้โอกาสในการแสดงลักษณะในเพศชาย และเพศหญิงแตกต่างกัน

เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ยีนบนโครโมโซมเดียวกันที่อยู่ใกล้กันมักจะถูกถ่ายทอดไปด้วยกัน แต่การเกิดครอสซิงโอเวอร์ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสอาจทำาให้ยีนบนโครโมโซมเดียวกันแยกจากกันได้ ส่งผลให้รูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้แตกต่างไปจากกรณีที่ไม่เกิดครอสซิงโอเวอร์

3. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่างๆ เช่น ใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมตัดต่อและถ่ายยีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ได้เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมสามารถทำได้ทั้งในจุลินทรีย์ พืช และสัตว์

การเพิ่มจำนวนของ DNA ที่เหมือน ๆ กันนั้นเรียกว่า การโคลนดีเอ็นเอและถ้า DNA บริเวณ ดังกล่าวเป็นยีนเรียกว่า การโคลนยีน การเพิ่มจำนวน DNA อาจทำได้โดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย และเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชันหรือ PCR

การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียเพื่อสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ อาจทำได้โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดสาย DNA ที่มียีนที่ต้องการ และตัดพลาสมิดที่จุดตัดจำเพาะ เมื่อตัดสาย DNA ต่างโมเลกุลกันด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน ปลายสาย DNA จะมีลำดับเบสที่เข้าคู่กันได้ และเชื่อมต่อกันได้ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสทำให้ได้เป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ จากนั้นถ่ายดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านเพื่อเพิ่มจำนวน การเพิ่มจำนวน DNA ด้วยเทคนิค PCR สามารถเพิ่มปริมาณของ DNA บริเวณที่ต้องการจากดีเอ็นเอแม่แบบที่มีปริมาณน้อยผ่านกระบวนการจำลองดีเอ็นเอซ้ำกันหลาย ๆ รอบในหลอดทดลอง

ผลิตภัณฑ์ DNA ที่ได้จาก PCR สามารถตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณ DNA และหาขนาดของโมเลกุล DNA ด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ซึ่งเป็นเทคนิคการแยกโมเลกุล DNA ที่มีขนาดแตกต่างกันในสนามไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นวุ้นแล้วเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐานที่ทราบขนาด และสามารถวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบอัตโนมัติ

เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์ในการวินิจฉัยโรค และใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม การประยุกต์ในด้านการเกษตรในการสร้างพืชหรือสัตว์ที่มีสมบัติตามต้องการ รวมทั้งประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมในด้านนิติวิทยาศาสตร์ สามารถใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการพิสูจน์ตัวบุคคล และหาความสัมพันธ์ทางสายเลือด อย่างไรก็ตาม การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

4. วิวัฒนาการ

สิ่งมีชีวิตในปัจจุบันเป็นลูกหลานที่มีลักษณะที่แตกต่างจากบรรพบุรุษในอดีต โดยผ่านการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมทีละเล็กทีละน้อย มีการสะสมลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะนั้น ๆ เป็นเวลานานหลายชั่วรุ่น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เรียกว่า วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

หลักฐานที่บ่งบอกว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการศึกษาได้จาก ซากดึกดำาบรรพ์ กายวิภาคเปรียบเทียบวิทยาเอ็มบริโอ ชีววิทยาโมเลกุล และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่สำคัญ ได้แก่ แนวคิดของชอง ลามาร์ก และชาลส์ ดาร์วิน โดยลามาร์กเสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการโดยอาศัยกฎการใช้และไม่ใช้ และกฎการถ่ายทอดลักษณะที่เกิดขึ้นมาใหม่ ส่วนดาร์วินเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ประชากรในการอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่ทำาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่แอลลีลในประชากร ได้แก่ เจเนติกดริฟท์แบบสุ่ม การถ่ายเทยีน การผสมแบบไม่สุ่ม มิวเทชัน และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยปัจจัยดังกล่าว ทำให้ยีนพูลในประชากรเปลี่ยนแปลงหรือเกิดวิวัฒนาการและทำาให้เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ขึ้น สิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กันจะมีกลไกในการป้องกันการผสมพันธุ์ต่างสปีชีส์ สิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่เป็นผล มาจากการแยกกันทางการสืบพันธุ์ ซึ่งมี 2 แนวทาง คือ กำเนิดสปีชีส์แบบแอลโลพาทริก และกำเนิดสปีชีส์แบบซิมพาทริก

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558, หน้า 23) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานว่า หมายถึง การสอนแบบสร้างสรรค์พัฒนามาจากการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) และแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบความคิดแนวขนานของเอ็ดเวิร์ด เดอ โบโน และเป็นการนำทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์มาสร้างรูปแบบการเรียนแบบใหม่ที่เรียกว่า การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)

อนรรฆ สมพงษ์ และลดาวัลย์ มะลิไทย (2560, หน้า 6) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานว่า หมายถึง การสอนที่หลากหลายไม่ยึดติดกับวิธีใดวิธีหนึ่ง และเน้นผู้เรียนให้มีทักษะมากกว่ามีแค่ความรู้แบบเดิม อันได้แก่ ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skills) ทักษะการคิด (Thinking Skills) ทักษะการทำงาน (Working Skills) และทักษะชีวิต (Life Skills)

ลัดดา ศิลาน้อย (2558, หน้า 141) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานว่า หมายถึง การสอนที่เป็นกระบวนการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดทักษะการคิด ทักษะการนำเสนอ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์

วิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562, หน้า 26) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานว่า หมายถึง การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานพัฒนามาจากการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning: PBL) และแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบความคิดแนวขนานของเอ็ดเวิร์ด เดอโบโน (Edward De Bono) และเป็นการนำทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์มาสร้างรูปแบบการเรียนการสอนแบบใหม่ที่เรียกว่า การสอนด้วยรูปแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน การสอนด้วยรูปแบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ กระตุ้นความสนใจ ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ค้นคว้าและคิด นำเสนอผลงาน และประเมินผล

สรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาจากการนำเอาทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เข้ามาใช้ร่วมกับการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดมากกว่าการได้รับความรู้แบบเดิม โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิด ทักษะการนำเสนอ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ กระตุ้นความสนใจ ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ค้นคว้าและคิด นำเสนอผลงาน และประเมินผล

ทฤษฎีพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

โครงสร้างหลักของรูปแบบการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ออกแบบตามทฤษฎีด้านการวัดความคิดสร้างสรรค์ของศาสตราจารย์อี พอล ทอร์แรนซ์ (E. Paul Torrance) แนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบความคิดแนวขนานของเอ็ดเวิร์ด เดอโบโน (Edward de Bono) และพัฒนามาจากกระบวนการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) โดยแต่ละทฤษฎีมีรายละเอียด ดังนี้

ทฤษฎีของทอร์แรนซ์

Torrance (1965) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์จะแสดงออกตลอดกระบวนการของความรู้สึกหรือการเห็นปัญหา การรวบรวมความคิดเพื่อตั้งเป็นข้อสมมติฐาน การทดสอบและดัดแปลงสมมติฐาน ตลอดจนวิธีการเผยแพร่ผลสรุปที่ได้ โดยยังคงศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบว่าด้วยความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ในที่สุดทอร์แรนซ์ได้สรุปว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องขาดหายไป แล้วจึงรวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐานขึ้น ต่อจากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ขั้นต่อไปจึงเป็นการรายงานผลที่ได้รับจากการทดสอบสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางใหม่ต่อไป ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (The Creative problem solving process) (ทวีศักดิ์ แก้วทอน, 2546) กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การพบความจริง (Fact-finding) ในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่เกิดความรู้สึกกังวลใจ มีความสับสนวุ่นวาย (Mess) เกิดขึ้นในจิตใจแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นอะไร จากจุดนี้ก็พยายามตั้งสติ และพิจารณาดูว่าความยุ่งยาก วุ่นวาย สับสน หรือสิ่งที่ทำให้กังวลใจนั้นคืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นพบปัญหา (Problem-finding) ขั้นนี้เกิดต่อจากขั้นที่ 1 เมื่อได้พิจารณาโดยรอบคอบแล้ว จึงสรุปว่า ความกังวลใจ ความสับสนวุ่นวายในใจนั้นก็คือการมีปัญหาเกิดขึ้นนั่นเอง

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐาน (Idea-finding) ขั้นนี้ต่อจากขั้นที่ 2 เมื่อรู้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นก็จะพยายามคิดและตั้งสมมติฐานขึ้น และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานต่อไป

ขั้นที่ 4 การค้นพบคำตอบ (Solution-finding) ในขั้นนี้ก็จะพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐานในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 ยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance-finding) ขั้นนี้จะเป็นการยอมรับคำตอบที่ได้จากการพิสูจน์เรียบร้อยแล้วว่าจะแก้ปัญหาให้สำเร็จได้อย่างไร และต่อจากจุดนี้การแก้ปัญหาหรือการค้นพบยังไม่จบตรงนี้ แต่ที่ได้จากการค้นพบจะนำไปสู่หนทางที่จะทำให้เกิดแนวคิดหรือสิ่งใหม่ต่อไปนี้เรียกว่า new challenges

สรุปได้ว่ากระบวนการคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์จะให้ความสำคัญในการทำปัญหาให้กระจ่าง และผู้คิดจะต้องทำปัญหาให้กระจ่าง ผู้คิดจะต้องมีสติสัมปชัญญะที่สมบูรณ์ จึงจะทำการเข้าใจปัญหาได้อย่างถูกต้อง และความสำเร็จที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นแรงกระตุ้นให้มีการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ท้าทายต่อไป

แนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แบบความคิดแนวขนานของเอ็ดเวิร์ด เดอโบโน

แนวคิดแบบคู่ขนาน (Parallel thinking) ของ ดร. เอ็ดเวิร์ด เดอ โบ โน (Dr. Edward de Bono) ยึดหลักที่ว่า อย่าเอาความเห็นที่ขัดแย้งมาปะทะกัน ให้วางเรียงขนานกันไว้ แล้วประเมินผลได้เสียอย่างเป็นระบบ โดยสาระสำคัญของการคิดแบบคู่ขนานคืออาจจะมีบางเวลาที่ทุก ๆ คนกำลังมองไปในทิศทางเดียวกัน แต่เราก็เปลี่ยนทิศทางนั้นได้ คน ๆ หนึ่งอาจจะถูกมองไปในทางเหนือ หรือมองไปทางทิศตะวันออก นั่นเป็นชื่อของทิศทางตามมาตรฐานเท่านั้น เราจำเป็นต้องมีชื่อทิศทางในการคิดโดยใช้เทคนิคหมวกหกใบ ที่มีการใช้สีเป็นชื่อหมวก เพื่อช่วยให้มองเห็นภาพของความคิดได้โดยง่าย และสีของหมวกแต่ละใบยังสอดคล้องกับแนวความคิดของหมวกแต่ละใบ โดยหมวกที่มีสีต่างกันแทนประเภทของการคิดในแต่ละแบบ ถ้าสวมใบไหนให้คิดแบบนั้นการเปลี่ยนหมวกจึงเป็นการเปลี่ยนประเภทของการคิด การคิดแบบหมวกหกใบมีความหมายดังนี้ (De Bono, 1992)

1. หมวกสีขาว แสดงถึง ความเป็นกลาง การคิดแบบหมวกสีขาวจึงหมายถึงตัวเลขและข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีขาว คือ

อะไรคือข้อมูลที่เรามี

อะไรคือข้อมูลที่จำเป็น

อะไรคือข้อมูลที่ขาดหายไป

อะไรคือปัญหาที่เราต้องยกขึ้นมาถาม

เราจะหาข้อมูลที่ต้องการใช้ มาได้อย่างไร

2. หมวกสีแดง แสดงถึง ความโกรธ ความเดือดดาล และอารมณ์ หมวกสีแดงให้มุมมองทางด้านอารมณ์ เป็นการแสดงความรู้สึกของผู้คิด ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีแดง คือ

เรื่องนี้มีอารมณ์ความรู้สึกอย่างไรเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง

3. หมวกสีดำ แสดงถึง ความมืดครึ้ม ดังนั้นการคิดแบบหมวกสีดำ จึงหมายถึงเหตุผลด้านลบ เหตุผลในการปฏิเสธเป็นการคิดเชิงวิจารณ์ การคิดแบบหมวกสีดำช่วยป้องกันไม่ให้คิดหรือตัดสินใจที่เสี่ยง หมวกสีดำทำให้หาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนได้ สามารถจะมองปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ล้วงหน้า รวมทั้งช่วยตรวจสอบหาหลักฐานหาความเป็นเหตุเป็นผล หาผลกระทบ หาความเหมาะสม และการสำรวจความเป็นไปได้ หมวกสีดำเป็นการใช้ความคิดเพื่อตรวจสอบดังนี้

3.1 ตรวจสอบหาหลักฐาน

3.2 ตรวจสอบหาความเป็นเหตุเป็นผล

3.3 ตรวจสอบการสำรวจความเป็นไปได้

3.4 ตรวจสอบหาผลกระทบ

3.5 ตรวจสอบหาความเหมาะสม

3.6 ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง

ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีดำ คือ

การทดลองวิทยาศาสตร์เรื่องนี้มีข้อผิดพลาดตรงไหน

เรื่องนี้มีจุดอ่อนตรงไหน

การที่นักเรียนไม่เลือกนาย บี เป็นหัวหน้ากลุ่มมีเหตุผลเชิงลบอย่างไร

4. หมวกสีเหลือง แสดงถึง ความสว่างสไวและด้านบวก ดังนั้นการคิดแบบหมวกสีเหลือง หมายถึง เหตุผลทางบวก ความมั่นใจ เหตุผลในการยอมรับประโยชน์ ข้อดี จุดเด่น และเป็นความพยายามในการค้นหาผลดีที่จะได้รับ ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีเหลือง คือ

การที่นักเรียนทำงานเป็นทีมมีข้อดีอย่างไร

ความคิดที่นักเรียนเสนอในที่ประชุมมีประโยชน์ มีคุณค่า หรือข้อได้เปรียบอะไรบ้าง

5. หมวกสีเขียว แสดงถึง ความเจริญเติบโต ความอุดมสมบูรณ์ ดังนั้นการคิดแบบหมวกสีเขียว จึงหมายถึงความคิดใหม่ ๆ มุมมองใหม่และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ของการคิดแบบหมวกสีเขียวมี 2 ลักษณะ คือ

5.1 ความคิดสร้างสรรค์นำมาหรือก่อให้เกิดบางสิ่งบางอย่าง การคิดแบบหมวกสีเขียวให้ความสนใจกับข้อเสนอแนะ คำแนะนำ

5.2 ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดใหม่ ๆ ทางเลือกใหม่ วิธีแก้ไขปัญหาแบบใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ จะเห็นได้ว่าคำที่เน้นย้ำในที่นี้เสมอก็คือ “ความคิดใหม่” การคิดแบบหมวกสีเขียวจะถูกใช้ในเรื่องหลัก ๆ 5 เรื่อง คือ

5.2.1 การสำรวจความคิด (Exploration)

5.2.2 การให้ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำ (Proposals and Suggestions)

5.2.3 การสร้างทางเลือกต่าง ๆ (Alternatives)

5.2.4 สร้างความคิดใหม่ ๆ (New Ideas)

5.2.5 การยั่วยุทางความคิด (Provocations)

ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีเหลือง คือ

นักเรียนจะนำความคิดนี้ไปสร้าง ปรับปรุงพัฒนา อะไรได้บ้าง

ถ้าจะให้ชิ้นงานนี้ดีขึ้นจะต้องเปลี่ยนแปลงอย่างไร

การแก้ปัญหาเรื่องนี้มีทางเลือกกี่ทาง

6. หมวกสีฟ้า แสดงถึง ความเยือกเย็นเปรียบเสมือนท้องฟ้าซึ่งอยู่เหนือทุกสิ่งทุกอย่าง ดังนั้น การคิดแบบหมวกสีฟ้าจึงหมายถึง การควบคุมและจัดระเบียบกระบวนการและขั้นตอน การใช้หมวกสีอื่น ๆ ทำหน้าที่เหมือนผู้ควบคุมวงดนตรีที่จะสั่งว่า เมื่อไหร่ดนตรีชนิดใดจึงจะบรรเลง การคิดแบบหมวกสีฟ้าใช้กำหนดโครงสร้างจุดเน้นของการคิดตามประเภทของการคิด กำหนดปัญหาให้ชัด สรุปหรือตัดสินใจในขั้นต่อไป

ตัวอย่างคำถามเมื่อคิดแบบหมวกสีฟ้า คือ

ข่าวในหนังสือพิมพ์ที่ให้นักเรียนอ่านสรุปได้ว่าอย่างไร

การแก้ปัญหาเรื่องนี้มีขั้นตอนอย่างไร

ให้นักเรียนวางแผนการพัฒนาแปลงไม้ดอกของเพื่อน

สรุปว่าแนวคิดแบบหมวกหกของ ดร. เอ็ดเวิร์ด เดอ โบ โน เป็นเครื่องมือหนึ่งที่พัฒนาขึ้นบนแนวคิดการคิดแบบคู่ขนาน โดยใช้หมวก 6 สี แทนมุมมองหรือวิธีคิดที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทุกคนในกลุ่มคิดในมุมเดียวกันในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะในด้านการคิด โดยเป็นการใช้หมวกหกสีที่ช่วยให้มีมุมมองแบบรอบด้าน เพราะหมวกแต่ละใบจะช่วยให้มองในมุมที่แตกต่างกัน เป็นวิธีคิดที่ช่วยจัดระเบียบการคิด ทำให้การคิดมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning: PBL)

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มาจากภาษาอังกฤษว่า Problem-Based Learning (PBL) มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

Gallagher (1997, pp. 332-362) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องเรียนรู้จากการเรียน (learn to learn) โดยนักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหา โดยจะบูรณาการความรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้รับกับการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน ปัญหาที่ใช้มีลักษณะเกี่ยวกับชีวิตประจำวันและมีความสัมพันธ์กับนักเรียน การเรียนรู้โดย

ใช้ปัญหาเป็นฐานจะมุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในด้านทักษะการเรียนรู้ และพัฒนานักเรียนสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้

Barell (1998, p. 7) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการของการสำรวจเพื่อจะตอบคำถามสิ่งที่อยากรู้อยากเห็น ข้อสงสัยและความมั่นใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ปัญหาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้จะเป็นปัญหาที่ไม่ชัดเจนมีความยากหรือมีข้อสงสัยมาก สามารถหาคำตอบได้หลายคำตอบ

Torp and Sage (1998, pp. 14-16) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า และการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวันซึ่งนักเรียนอาจพบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นทั้งยุทธวิธีการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดนักเรียนให้เข้าไปมี ส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำและออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและสำรวจ หลักสูตรที่สร้างขึ้นจะมีปัญหาเป็นแกนกลาง มีบทบาทในการ เตรียมประสบการณ์จริงที่ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
และบูรณาการสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนรู้ในโรงเรียนกับชีวิตจริงเข้าด้วยกัน ในขณะที่เรียนรู้นักเรียนจะถูกทำให้เป็นนักแก้ปัญหาและพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้ ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ครูจะเป็นผู้ร่วมในการแก้ปัญหา ที่มีหน้าที่สร้างความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์

Finkle and Torp (อ้างถึงใน รัชนีกร หงส์พนัส, 2547, หน้า 46) กล่าวว่า การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การพัฒนาหลักสูตรและวิธีการสอน ทั้งการแก้ปัญหาความรู้พื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ และทักษะการแก้ปัญหาไปพร้อม ๆกัน โดยผู้เรียนมีบทบาทในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

ทองจันทร์ หงศ์ลดารมณ์ (2538) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง วิธีการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหา (Problem) เป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะใฝ่หาความรู้เพื่อแก้ปัญหา โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหา และรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายในกลุ่มผู้เรียน โดยผู้สอนมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องน้อยที่สุด ข

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง เป็นบริบทของการเรียนรู้เพื่อให้

ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาด้วย การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจ และการแก้ไขปัญหาเป็นหลัก

สุปรียา วงษ์ตระหง่าน (2545) กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก คือ ขบวนการที่แสวงหาความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และเจตคติจากสถานการณ์ (ปัญหา) ที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน เป็นการรวบรวมข้อมูลการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์นั้น ๆ เป็นกระบวนการทางการศึกษาที่ออกแบบอย่างเหมาะสม และกระตุ้นเร้าให้เกิดการเรียนรู้ แต่ควรให้โอกาสผู้เรียนในการฝึกหัดประยุกต์ในสิ่งที่ได้เรียนมา และได้รับผลลัพธ์ที่ทันเวลา ควรจะทำให้เกิดการฝึกวิเคราะห์ใช้เหตุผลอย่างต่อเนื่อง และสร้างโครงความคิดของผู้เรียนอย่างมีแบบแผน

รัชนีกร หงส์พนัส (2547) กล่าวว่า การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เป็นการบูรณาการ ทั้งนี้เป็นการเรียนการสอนที่เริ่มด้วยปัญหา เพื่อกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้เพิ่มเติม และพัฒนาการคิดด้วยทักษะการแก้ปัญหา (Problem-Solving Skill) การเรียนรู้ด้วยตนเองและการทำงานเป็นกลุ่ม

ทิศนา แขมมณี (2548) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นลักษณะของการสอนโดยใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนมาทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดความสงสัย อยากที่จะหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ผู้เรียนจะค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้สอนจัดหามาให้ โดยผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะได้รับความรู้ใหม่ ๆ จากการค้นคว้า และรู้จักการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นหนึ่งในแนวทางการสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลางซึ่งได้ผลดีในหลายประเทศ เป็นการสอนแบบ Active Learning คือการจัดการสอนให้ผู้เรียนตื่นตัวในการค้นคว้าแทนที่จะรอรับการบรรยายแบบเดิม ซึ่งผู้เรียนเองจะมีโอกาสพัฒนาตนเองในด้านทักษะ

ต่าง ๆ และยังเก็บเกี่ยวความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าด้วยตนเองอีกด้วย จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะกับยุคสมัยที่ข้อมูลความรู้ง่ายต่อการเข้าถึงอย่างทุกวันนี้ และได้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในโรงเรียนทั่วไป เพราะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะต่าง ๆ แทนที่จะได้แต่เนื้อหาความรู้แบบเดิม โดยวิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้ผลดี แต่สิ่งที่ยังขาดหายไปในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือทักษะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ อาจจะเป็นเพราะวัฒนธรรมและสังคมไทยมักเน้นให้เด็กอยู่ในกฎระเบียบที่ต้องทำอะไรเหมือนกัน แต่งตัว เข้าแถว เรียน และการสอบก็มุ่งเน้นให้นักเรียนทำข้อสอบชุดเดียวกัน และเลือกตอบคำตอบที่ถูกซึ่งมักจะมีคำตอบเดียว ความเคยชินในเรื่องที่ทุกคนต้องตอบข้อเดียวกัน ทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับความเหมือนและขาดทักษะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ เพราะความคิดสร้างสรรค์เกิดจากความแตกต่าง จากการวิจัยเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพบว่าความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันน้อยมาก จึงได้มีการนำเอาทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เข้ามาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนใหม่ที่น่าจะเหมาะกับระบบการศึกษาของประเทศไทย โดยในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่ต่อยอดมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ มีสามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่หนึ่ง ค้นหาว่ามีองค์ประกอบ และบรรยากาศอะไรบ้างที่จะช่วยให้ผู้เรียนนอกจากจะมีทักษะต่าง ๆ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วยังมีทักษะในการคิดสร้างสรรค์อีกด้วย

ขั้นที่สอง นำไปทดลองใช้ในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเพื่อวัดผลความแตกต่าง

ขั้นตอนที่สาม นำไปใช้ทั่วไปในหลายวิชา เพื่อวัดประสิทธิภาพ จากการทำการทดลองสอนวิชาฟิสิกส์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากผู้เรียนจะสนุกกับการเรียนแล้วยังสามารถนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหารอบ ๆ ตัวได้จริง และยังได้พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558, หน้า 33-37) ได้อธิบายวิธีการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานไว้ว่าเป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม โดยผ่านกระบวนการ 8 ข้อ และบรรยากาศ 9 ข้อ ต่อไปนี้

กระบวนการ 8 ข้อ ได้แก่

1. สร้างแรงบันดาลใจ กระตุ้นความอยากรู้ (Inspiration)
2. เปิดโอกาสให้ค้นหา รวบรวมข้อมูล แยกแยะและนำมาสร้างเป็นความรู้ (Self Study)
3. การสอนมักจะทำเมื่อมีคำถาม เป็นการสอนแบบรายคนหรือรายกลุ่มมากกว่าการสอนรวม
4. ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Individual Problem Solving)
5. ใช้เกมส์ให้มีส่วนในการเรียนรู้ในห้องเรียน (Game-based Learning)
6. แบ่งกลุ่มทำโครงงาน (Team Project)
7. ให้นำเสนอผลงาน ด้วยวิธีการต่าง ๆ (Creative Presentation)
8. ใช้การวัดผลที่เป็นการวัดผลด้านต่าง ๆ ออกมาตามเป้าหมายที่ได้ออกแบบไว้

บรรยากาศ 9 ข้อ ได้แก่

1. ครูควรเหลือเวลาให้เด็กค้นคว้ามาก ๆ คุยมาก ๆ นำเสนอมาก ๆ ใช้เวลาในการสอนให้น้อยลง และมักจะเดินสอนตามกลุ่มมากกว่าสอนรวม
2. หลีกเลี่ยงการอธิบายอย่างละเอียด แต่จะพยายามให้เด็กค้นหาคำตอบเอง ครูมักจะตอบคำถามด้วยคำถามเพื่อให้เด็กสนใจต่อ ในการสอนแบบเดิม
3. ผู้เรียนมักกลัวผิด เพราะผู้สอนมักจะมีคำตอบที่ถูกเอาไว้แล้ว ดังนั้นใน CBL ครูควรหลีกเลี่ยงการตัดสินแบบเด็ดขาด
4. ครูควรหลีกเลี่ยงการตัดสินแบบเด็ดขาด เช่น ถูกต้อง ผิด แต่จะใช้วิธีถามว่าแน่ใจหรือ ทำไมคิดอย่างนั้นหรือเพื่อน ๆ คิดเห็นอย่างไรในเรื่องนี้
5. บรรยากาศของ CBL ที่สำคัญมาก ๆ คือ การสนับสนุนให้คิด
6. ใช้เรื่องที่เด็กสนใจเป็นเนื้อหานำ และการค้นคว้า และเนื้อหาวิชาความรู้ตามตำราเป็นตัวตามช่วงเวลาเรียนควรยาวกว่า 90 นาที และอาจเรียนหลายวิชาพร้อม ๆ กัน
7. ขึ้นกับปัญหาที่ตั้งเกี่ยวโยงกับวิชาใดบ้าง ครูอาจสอนพร้อม ๆ กันทั้ง 2-3 วิชาใน

ห้องเรียนเดียวกัน CBL จะเน้นให้เด็กสนใจพัฒนาการตนเองในด้านต่าง ๆ จึงไม่จำเป็นต้องวัดผลครั้งเดียว

8. ควรมีการวัดผลและรายงานผลให้เด็กรู้และพัฒนาตนเอง ในแต่ละด้าน CBL จะได้ผลดีจากความสมัครใจ ความสนใจของเด็ก และความร่วมมือมากกว่าการบังคับให้รู้ ดังนั้นการตัดคะแนนและลงโทษ เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง

9. ครูจะเป็นผู้รับฟังเรื่องราวที่เด็กคิด นำเสนอ และเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กับเด็ก ครูอาจมีการติติง และแสดงความคิดเห็นในจังหวะที่เหมาะสม และสิ่งที่จำเป็นมาก ๆ คือการให้กำลังใจ

อย่างไรก็ตาม สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยสำนักพัฒนานวัตกรรมการจัดการศึกษา ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2560 พบว่าควรลดกระบวนการเรียนรู้จาก 8 ขั้นตอน เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ

ขั้นที่ 2 ตั้งปัญหา และแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

ขั้นที่ 3 ค้นคว้า และคิด

ขั้นที่ 4 นำเสนอผลงาน

ขั้นที่ 5 ประเมินผล

ผลวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าและคิด เรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ และใช้สื่อดิจิทัลช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ ทักษะในการคิด ทักษะในการนำเสนอ ทักษะในการทำงานเป็นกลุ่ม และทักษะในการบริหารเวลาอีกด้วย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ

กระตุ้นความสนใจผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนอยากเรียน อยากรู้ อยากค้นหาคำตอบ ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน โดยสามารถกระตุ้นความสนใจได้ ดังนี้

1. ใช้เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน หรือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจเป็นตัวกระตุ้น

โดยปกติผู้สอนมักจะมีเป้าประสงค์ในใจว่า เรียนเพื่อสอบ จึงสอนเพื่อให้ผู้เรียนไปสอบ จนลืมคิดไปว่าการเรียนคือการพัฒนาชีวิต เนื้อหาที่เรียนต้องนำไปใช้ในชีวิตจริงของผู้เรียนได้ จึงจะเป็นเนื้อหาที่มีค่า ผู้สอนจึงมีหน้าที่จัดการให้เนื้อหานั้นเกี่ยวข้องกับชีวิตของผู้เรียน เช่น “เงินหา

ง่ายถ้าใช้เป็น” “คนรวยใช้เงินอย่างไร” การใช้เรื่องการเก็บออมและการลงทุน เพื่อกระตุ้นความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์แทนที่จะบอกสูตรให้จำอย่างเดียว การใช้เนื้อหาเรื่องพืชที่ปลูกได้ในบ้านของตัวเองกระตุ้นความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ แทนที่จะสอนให้จำพืชที่ไกลตัว หรือการใช้บทสนทนาที่จำเป็นในชีวิตประจำวันในการกระตุ้นความสนใจในวิชาภาษาอังกฤษ แทนที่จะสอนแค่ไวยากรณ์ เป็นต้น

2. ใช้สื่อมัลติมีเดีย

การใช้สื่อมัลติมีเดียสามารถช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี ทั้งรูปภาพ เสียง ข้อความต่าง ๆ ที่นำมาใช้ ผู้สอนจำเป็นจะต้องเลือกสื่อที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา โดยที่สื่อนั้นเป็นสื่อที่กระตุ้นความสนใจ หรือสร้างแรงบันดาลใจในบทเรียนนั้น ๆ ได้ดี ช่วยให้ผู้เรียนอยากหาคำตอบในเนื้อหาที่จะทำการเรียนการสอน

3. ใช้เกม หรือกิจกรรม

การใช้เกม หรือกิจกรรมนั้นเป็นตัวเลือกที่ดีมากในการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ซึ่งเกม หรือกิจกรรมที่เลือกมานั้นอาจจะเป็นสันทนาการง่าย ๆ ทั่วไป จนไปถึงเกม หรือกิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะจัดการเรียนการสอน ซึ่งผู้สอนสามารถเลือกใช้ได้หลากหลายให้หเมาะสมกับผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

ขั้นตอนนี้จะใช้ปัญหาเป็นตัวนำ โดยผู้สอนไม่ได้เป็นผู้กำหนดคำถามให้ตั้งแต่แรก แต่จะเป็นการปล่อยให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจในบทเรียน เมื่อผู้เรียนค้นพบปัญหาที่ตนสงสัยแล้ว จึงทำการแบ่งกลุ่มตามความสนใจ จำนวนของกลุ่มนั้นจะตั้งขึ้นตามจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และสมาชิกของแต่ละกลุ่มนั้นก็จะเกิดจากความพอใจของผู้เรียนเอง และดำเนินการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานนั้นจะได้ผลดีมากจากความสมัครใจ ความสนใจ และความร่วมมือกันของผู้เรียน กระบวนการนี้จะเห็นได้ว่าผู้เรียนนั้นไม่ได้ถูกบังคับให้รู้ แต่เกิดความอยากรู้ ด้วยตนเอง และเมื่อผู้เรียนเกิดความอยากรู้ นั่นจึงเป็นจังหวะที่ดีที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนั้นค้นหาเนื้อหาที่ตนเองต้องการ ซึ่งผู้เรียนนั้นพร้อมที่จะเปิดรับความรู้นั้นได้อย่างเต็มที่

ขั้นตอนที่ 3 ค้นคว้าและคิด

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดในการจัดกระบวนการเรียนการสอน โดยผู้สอนจะปล่อยให้ผู้เรียนนั้นได้ใช้เวลาในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ ผู้สอนนั้นมีหน้าที่เดินให้คำปรึกษาตามกลุ่มให้คำปรึกษาเวลาที่ผู้เรียนมีปัญหา ผู้สอนจะต้องหักห้ามใจไม่ให้สอน แต่จะเปลี่ยนหน้าที่จากการสอนทั่วไปที่คอยบอกต่อเนื้อหา คำตอบและตัดสินความถูกต้องของคำตอบ เป็นผู้ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และ

ตอบคำถามด้วยคำถาม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด โดยหลีกเลี่ยงการตัดสิน และการอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียดอันจะเป็นการส่งผลให้ผู้เรียนหมดอิสระทางความคิด แต่จะใช้วิธีการง่าย ๆ เช่นการถามกลับ จะดีเหรอ แน่ใจเหรอ ทำไมถึงคิดแบบนั้น มันมีวิธีการอื่นที่ดีกว่านี้หรือไม่ หรือเพื่อน ๆ คิดเห็นอย่างไรในเรื่องนี้

สิ่งที่ได้จากกระบวนการนี้ ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง แต่เป็นทักษะการคิดและค้นคว้าหาคำตอบที่จะเกิดขึ้นจากช่วงเวลาที่ผู้สอนนั้นปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เวลากับเนื้อหาที่ตนเองสนใจได้อย่างเต็มที่ ไม่ได้เน้นที่ความถูกต้อง แต่เป็นการฝึกฝนให้ผู้เรียนได้รู้จักคิด และรู้จักค้นคว้าหาข้อมูล รู้จักเลือกใช้ และตัดสินใจในข้อมูลที่หาได้อย่างง่ายดายผ่านเครื่องมือต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 4 นำเสนอผลงาน

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนั้นจะได้นำเสนอผลงานที่ตนเองที่ได้ไปค้นคว้าและคิดออกมา และผลงานที่นำเสนอนั้นอยากให้ผู้สอนพึงระลึกว่านี่คือผลงานแห่งความทุ่มเทของผู้เรียนอย่างแท้จริง ดังนั้น เมื่อผู้เรียนออกมาทำการเสนอหน้าชั้น ผู้สอนนั้นจำเป็นจะต้องปล่อยให้ผู้เรียนนั้นนำเสนอจนจบ โดยที่ผู้สอนนั้นไม่มีความจำเป็นต้องแทรกแซงระหว่างการนำเสนอ แสดงความคิดเห็นหรือซักถามใดใด ผู้ที่มีหน้าที่หลักในการแสดงความคิดเห็น และซักถามนั้นคือผู้เรียนร่วมชั้น

เมื่อจบการนำเสนอผู้สอนจะเป็นผู้เปิดประเด็นให้มีการซักถามในชั้นเรียน และนี่คือกระบวนการที่จะทำให้ผู้เรียนนั้นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา ถ้าหากข้อมูลที่หามานั้นไม่ถูกต้อง การซักถามในห้องเรียนนั้นจะเกิดประเด็นใหม่ ๆ ที่ผู้นำเสนอนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อตอบผู้ซักถามให้ถูกต้อง ซึ่งผู้นำเสนอก็จะพบว่าข้อมูลของตนไม่ถูกต้อง หรือครอบคลุมพอและต้องเพิ่มเติมตรงไหนบ้างจากการซักถามของผู้เรียนด้วยกัน โดยที่ผู้สอนจะทำหน้าที่คอยควบคุมคำถามและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้อยู่ในประเด็น ไม่หลุดจากเนื้อหามากนัก ถ้าหากในผู้เรียนร่วมชั้นไม่มีข้อซักถามหรือข้อสงสัยใดใด ผู้สอนอาจจะเป็นผู้เริ่มถามเองก็ได้ เพื่อให้เกิดบรรยากาศของการซักถามในชั้นเรียน ซึ่งวิธีการนี้ อาจจะต่อยอดไปสู่ความรู้ใหม่ ๆ ที่ไกลกว่าเนื้อหาเดิมที่เคยสอนกันมา และเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนนั้นเต็มใจที่จะค้นหาด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินผล

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ โดยในการประเมินผลนั้น ต้องทำให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะ (Skill) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) ด้านความรู้ สามารถประเมินความรู้ได้ด้วยวิธีการจัดให้มีการสอบวัด หรือแบบฝึกหัดต่างๆ และนำคะแนนมาชี้วัดว่าผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาด้านต่าง ๆ เท่าไหร่

2) ด้านทักษะ เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียน โดยใช้รูปแบบการประเมินแบบรูบริค (Rubric) ในการประเมินผู้เรียนได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการตั้งหัวข้อในการประเมิน และรายละเอียดการประเมินที่จำเป็น เช่น เราจะประเมินในหัวข้อทักษะการนำเสนอ รายละเอียดการประเมินที่จำเป็นคือด้านเนื้อหา ด้านความชัดเจนในการพูด และด้านเทคนิคในการนำเสนอ เป็นต้น

3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สามารถใช้การประเมินแบบรูบริค (Rubric) ได้ ซึ่งก็จะมีส่วนคล้ายกับการประเมินด้านทักษะ นั่นคือ การตั้งหัวข้อการประเมินในคุณลักษณะที่ผู้สอนอยากให้เกิดขึ้นในผู้เรียน และรายละเอียดสำหรับการประเมินที่สอดคล้องกัน ทั้งนี้ ผู้สอนจำเป็นต้องรู้ว่าต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ใดเกิดขึ้นในผู้เรียน เพื่อการตั้งหัวข้อการประเมินที่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้ผู้สอนนั้นสามารถดูรายละเอียดได้ในหลักสูตรแกนกลางได้

สิ่งหนึ่งที่สำคัญคือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน โดยเฉพาะในด้านของทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เนื่องจากด้านความรู้ สามารถประเมินได้อย่างชัดเจนจากแบบทดสอบต่าง ๆ แต่ด้านทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์นั้นจำเป็นจะต้องประเมินจากผู้สอน และผู้เรียนด้วยกันเอง ซึ่งจะเป็นการประเมินรอบด้าน ทั้งผู้เรียนที่ทำกิจกรรมด้วยกัน และผู้สอนที่คอยสังเกตการณ์อยู่ในชั้นเรียน เพื่อการประเมินที่มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งในส่วนนี้อาจจะเป็นการโหวตให้คะแนนในด้านต่าง ๆ หรือแม้แต่การแจกแบบสอบถามให้กรอกในหัวข้อที่ต้องการ เป็นต้น

ลัดดา ศิลาน้อย (2558, หน้า 141-148) เสนอว่า การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานประกอบ ด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นกระตุ้นให้เกิดการคิดสร้างสรรค์ ครูนำเสนอด้วยสื่อรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่รูปภาพ คลิปวิดีโอ ข่าว เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน สิ่งของ และเกม

2. ขั้นตั้งปัญหารายบุคคล นักเรียนแต่ละคน ตั้งปัญหาจากสื่อที่ครูได้นำเสนอ โดยครูทำการสุ่มเพื่อซักถาม สนทนา พูดคุย ใช้สถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

3. ขั้นกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาชุดกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสร้างผลงานสร้างสรรค์โครงงาน หรือในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลาย

4. ขั้นนำเสนอผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานต่อชั้นเรียนโดยมีการวิเคราะห์วิจารณ์ในรูปการแข่งขัน หรือนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลาย

5. ขั้นประเมินผลด้วยรูปแบบการประเมินที่หลากหลาย เช่น การเขียนความรู้สึกของตัวเอง เกมการทำแบบทดสอบ การแสดงบทบาทสมมติ การทำแผ่นพับ และการประเมินด้วยสื่อที่หลากหลาย

ตัวอย่างในทางปฏิบัติ

วิริยะ ฤชัยพาณิชย์ (2558, หน้า 34-35) ได้กล่าวถึงตัวอย่างในทางปฏิบัติไว้ว่า เริ่มจากการออกแบบการสอน โดยแต่เดิมนั้นจะสอนเนื้อหาวิชาเพื่อให้เด็กรู้ จดจำ และนำไปใช้ แต่ด้วย CBL เราจะเริ่มจากการคิดว่า เราต้องการอะไร ในวิชาที่เราจะสอน เราอยากเห็นเด็กของเราเป็นอย่างไรเมื่อผ่านการเรียนกับเรา ซึ่งแน่นอนว่า ต้องมากกว่าแค่เนื้อหา เช่น ในเรื่อง ปัญหาวัยรุ่น ยาเสพติด ความรัก ความรุนแรง มีเป้าหมายคือ จะให้นักเรียนรู้เรื่องเหล่านี้ให้มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ ให้มีทักษะในการคิดสร้างสรรค์ ให้มีทักษะในการสื่อสาร นำเสนอผลงาน ให้มีทักษะในการทำงานร่วมกัน ให้มีความรับผิดชอบ ดังนั้น แทนที่จะสอนโทษของยาเสพติด ชนิดของยาเสพติด สอนพรหมวิหาร 4 สอนให้ป้องกันการตั้งครรภ์ ฯลฯ เราจะเปลี่ยนเป็น การใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน คือ กระตุ้นความสนใจ ซึ่งอาจใช้เรื่องจากหนังสือพิมพ์ ข่าวทีวี ดาราดัง หรือเรื่องใกล้ตัวที่น่าสนใจ ให้คิดตั้งคำถามหรือหัวข้อเพื่อให้ค้นคว้าในเรื่องนั้น ๆ แบ่งกลุ่มให้ค้นคว้า ระหว่างที่ค้นคว้าครูอาจเดินเพื่อคุยและบางกลุ่มต้องการการสอนจากครู จากนั้นให้มีการนำเสนอเรื่องที่แต่ละกลุ่มค้นหามา ตรงนี้สำคัญมากนักเรียนที่ออกมาพูดเรื่องยาเสพติด ความรัก ความรุนแรง แต่ละกลุ่มก็จะจำเนื้อหาต่าง ๆ ได้เองจากประสบการณ์ในการเรียนรู้ และจะคิดได้ว่าควรจะจัดการอย่างไรกับมัน เพื่อน ๆ ก็จะคอยโหวต ให้คะแนน วิจารณ์ ซักถาม ความรู้ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนอาจดีกว่า เหมาะกว่า และเป็นจริงกว่าในตำรา ที่สำคัญคือเอาไปใช้ในชีวิตจริงได้

บทบาทผู้สอน

วิริยะ ฤชัยพาณิชย์ (2558, หน้า 33-34) กล่าวว่า ผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บรรยายเนื้อหาต่าง ๆ อย่างละเอียด มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยครูจะเป็นผู้รับฟังเรื่องราวที่ผู้เรียนคิด นำเสนอ และเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กับผู้เรียน อาจมีการแสดงความคิดเห็นที่เหมาะสม และมีการให้กำลังใจแก่ผู้เรียน นอกจากนี้ ผู้สอนนั้นต้องหาแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่ผู้สอนนั้นจะสามารถนำไปแนะนำผู้เรียนได้ ผู้สอนนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นผู้ที่รู้ที่สุดในห้องเรียน เพราะความรู้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และมีจำนวนมหาศาล แต่สิ่งที่สำคัญกว่าก็คือการที่ผู้สอนนั้นต้องแนะนำให้ผู้เรียนหาความรู้ได้ถูกแหล่ง แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักเลือกข้อมูลความรู้ได้อย่างถูกต้อง และปล่อยให้ผู้เรียนสนุกไปกับการเรียนรู้ และค้นคว้าความรู้นั้น

บทบาทผู้เรียน

วิริยะ ฤชัยพาณิชย์ (2558, หน้า 34) กล่าวว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยผู้เรียนจะเป็นผู้ที่คิด ตั้งคำถามจากสิ่งที่ผู้สอนใช้กระตุ้นความสนใจ การเรียนรู้เกิดจากการแบ่งกลุ่มค้นคว้าร่วมกันกับเพื่อน ๆ ร่วมชั้นที่มีข้อคำถามในเรื่องเดียวกัน

จากข้อมูลข้างต้นสรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมาจากการนำเอาทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เข้ามาใช้ร่วมกับการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดมากกว่าการได้รับความรู้แบบเดิม โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิด ทักษะการนำเสนอ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. กระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยการใช้สื่อ กิจกรรม ข่าวสาร ปัญหา หรือสถานการณ์รอบ ๆ ตัวของนักเรียนมาใช้เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน ให้นักเรียนอยากจะเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

2. ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ เป็นขั้นที่มีการใช้ปัญหาจากขั้นตอนกระตุ้นความสนใจเป็นตัวนำ โดยปัญหานั้นจะเกิดจากตัวผู้เรียนเอง จากการปล่อยให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย หลังจากค้นพบปัญหาจึงทำการแบ่งกลุ่มตามความสนใจของผู้เรียน โดยที่จำนวนของกลุ่มจะตั้งขึ้นตามจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

3. ค้นคว้าและคิด เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยผู้สอนมีหน้าที่ให้คำปรึกษาตามกลุ่มต่าง ๆ แต่ผู้สอนจะไม่บอกคำตอบ อาจใช้การตอบคำถามด้วยคำถาม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด โดยหลีกเลี่ยงการตัดสิน และการอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียดอันจะเป็นการส่งผลให้ผู้เรียนหมดอิสระทางความคิด

4. นำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะนำเสนอผลงานของตนเองที่ได้ไปค้นคว้าและคิดออกมา โดยที่ผู้สอนควรปล่อยให้ผู้เรียนนำเสนอจนจบ โดยไม่จำเป็นต้องแทรกแซงระหว่างนำเสนอ แสดงความคิดเห็น หรือซักถาม ผู้ที่มีหน้าที่หลักในการแสดงความคิดเห็นหรือซักถามนั้นคือผู้เรียนร่วมชั้น เมื่อจบการนำเสนอ ผู้สอนจึงเปิดประเด็นให้มีการซักถามในชั้นเรียน ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา และการค้นพบประเด็นใหม่ ๆ จากการซักถามในชั้นเรียน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ควบคุมคำถาม และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้อยู่ในประเด็น ไม่หลุดจากเนื้อหามากนัก

5. ประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ โดยประเมินผลครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยมีการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินในด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รัตนาวรรณ ธนานุรักษ์ (2547, หน้า 33) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง คุณลักษณะความสามารถของบุคคลที่พัฒนางอกงามขึ้น อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถทางสมอง ความรู้ ทักษะ ความรู้สึกและค่านิยมต่างๆ

สมใจ อลิสานันท์ (2548, หน้า 24) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลที่เกิดจากการเรียน การสอน การอบรม การฝึกฝน ทำให้นักเรียนมีความสามารถหรือมีพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

ศุภพงศ์ คล้ายคลึง (2548, หน้า 27) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดจากพฤติกรรมการกระทำกิจกรรมของแต่ละบุคคลที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมากทั้งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่างๆ

ละออ ปิ่นทอง (2549, หน้า 59) ให้ความหมายว่า คุณลักษณะและสามารถของบุคคลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นอันเนื่องเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกและประสบการณ์ที่ได้รับความรู้ความสามารถ ทักษะ ความรู้สึก และค่านิยมต่าง ๆ

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า หมายถึง ผลที่เกิดจากการเรียน การสอน การฝึกอบรมในวิชาต่างๆ ทำให้นักเรียนมีความสามารถหรือมีพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่างๆ

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นผลจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนการสอน หรือการศึกษาหาความรู้ โดยสามารถวัดและประเมินออกมาได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนด้านความรู้ ในการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่พึงประสงค์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ได้มีนักวิชาการกล่าวไว้ ดังนี้

Bloom (1976, p. 198) ได้จัดกลุ่มวัตถุประสงค์ของการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับความรู้ ความคิดและการนำความรู้ไปประยุกต์

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นวัตถุประสงค์เกี่ยวกับด้านความรู้สึก อารมณ์และทัศนคติ

3. ด้านทักษะพิสัย (Psycho-Motor Domain) เป็นวัตถุประสงค์เกี่ยวข้องกับทักษะในการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การประสานงานของการใช้อวัยวะต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานการตรวจระดับความรู้ ความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ของบุคคลว่าได้เกิดการเรียนรู้ มากน้อยเพียงใด สามารถวัดได้ 2 แนวทางตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน คือ การวัดด้านการปฏิบัติ และการวัดด้านเนื้อหา หากตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับด้านเนื้อหา (Concept) สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) เป็นการวัดพฤติกรรมนิยมด้านพุทธิพิสัย แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้

3.1 ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถระลึกหรือจดจำแนวทางหรือข้อความจริงต่าง ๆ หรือเรื่องราวประสบการณ์ที่ผ่านมา

3.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง การมีความเข้าใจในความรู้ที่เรียนโดยสามารถอธิบายด้วยคำพูดของตนเองหรืออาจสามารถแปลความหมายตีความ และขยายความหมายของเรื่องได้

3.3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักวิชาการที่เรียนมาแล้ว ในการสร้างสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

3.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวต่าง ๆ หรือ วัตถุสิ่งของเพื่อต้องการค้นหาสาเหตุเบื้องต้น หาความสัมพันธ์ระหว่างใจความระหว่างตอนตลอดจนหาหลักการที่แฝงอยู่ในเรื่อง

3.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถที่จะเรียนรู้ หรือนำประสบการณ์มาจัดระบบใหม่เป็นเรื่องใหม่ที่ไม่เหมือนเดิม มีความหมายและประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

3.6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ความรู้ที่เรียนมาในการตัดสินวินิจฉัยคุณค่าของบุคคล เรื่องราว วัสดุสิ่งของอย่างมีหลักเกณฑ์

Anderson and Krathwohl (2001) ได้ปรับปรุงแนวคิดการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยหรือทางปัญญา (Cognitive Domain) แบบดั้งเดิมของบลูม (Bloom, 1956) เกิดเป็น Bloom’s Taxonamy Revised ซึ่งมีการปรับปรุงวัตถุประสงค์ให้พิจารณาเป็นสองมิติ คือ พิจารณาลักษณะของความรู้ และพิจารณาการเรียนรู้ทางปัญญา 6 ขั้น โดยสิ่งที่แตกต่างระหว่างแนวคิดของบลูมกับแนวคิดของแอนเดอสัน และคราทโวล คือ การเพิ่มเติมมิติด้านลักษณะความรู้เพื่อช่วยให้

การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และมีการปรับรูปแบบคำที่ใช้จากคำนามเป็นคำกริยา โดยสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างแนวคิดการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยแบบดั้งเดิมของบลูม (Bloom, 1956) กับ Bloom's Taxonamy Revised โดย แอนเดอสัน และคราทโวล (Anderson and Krathwohl, 2001)

Bloom's Taxonamy	Bloom's Taxonamy Revised
ความรู้ (Knowledge)	จำ (Remember)
ความเข้าใจ (Comprehension)	เข้าใจ (Understand)
การนำไปใช้ (Application)	ประยุกต์ใช้ (Apply)
การวิเคราะห์ (Analysis)	วิเคราะห์ (Analyze)
การสังเคราะห์ (Synthesis)	ประเมินผล (Evaluate)
การประเมินค่า (Evaluation)	สร้างสรรค์ (Create)

การพิจารณาลักษณะของความรู้ (Knowledge Dimension) แบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. ความรู้เกี่ยวกับความเป็นจริง (Factual knowledge) หมายถึง ความรู้ในสิ่งที่เป็นจริงอยู่ เช่น ความรู้คำศัพท์ และความรู้ในสิ่งเฉพาะต่าง ๆ

2. ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) หมายถึง ความรู้ที่มีความซับซ้อน มีการจัดหมวดหมู่เป็นกลุ่มของความรู้ และโครงสร้างของความรู้

3. ความรู้ในเชิงวิธีการ (Procedural knowledge) หมายถึง ความรู้ว่าสิ่งนั้น ๆ ทำได้อย่างไร ซึ่งรวมถึงความรู้ที่เป็นทักษะ เทคนิค และวิธีการ

4. ความรู้เชิงอภิปรัชญา (Metacognitive knowledge) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเรื่องทางปัญญาของผู้เรียนเอง คือ ความรู้ที่ผู้เรียนจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวางแผน และการแก้ปัญหา ไปจนถึงการประเมิน

จากการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยของแอนเดอสัน Anderson and Krathwohl (2001) ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พฤติกรรมที่แสดงออกที่สามารถประเมินได้จากการแบ่งประเภทของการเรียนรู้ทางพุทธิพิสัยของแอนเดอสัน และคราทโวล (Anderson and Krathwohl, 2001)

Bloom's Taxonamy Revised	**พฤติกรรมที่แสดงออก**
จำ (Remember)	ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้มามีสาระอะไรบ้าง ซึ่งการที่สามารถตอบได้นั้น ได้มาจากการจดจำเป็นสำคัญ
เข้าใจ (Understand)	ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ความสัมพันธ์ และโครงสร้างของสิ่งที่เรียน และสามารถอธิบายสิ่งที่เรียนรู้นั้นได้ด้วยคำพูดของตนเอง สามารถตีความได้ แปลความได้ เปรียบเทียบได้ บอกความแตกต่างได้
ประยุกต์ใช้ (Apply)	ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล ความรู้ และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ในการหาคำตอบ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ
วิเคราะห์ (Analyze)	ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดในการหาคำตอบจากการแยกแยะข้อมูล และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่แยกแยะนั้น
ประเมินผล (Evaluate)	ผู้เรียนสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่าต่าง ๆ ได้ และแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้นได้
สร้างสรรค์ (Create)	ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้นมาได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของสิ่งประดิษฐ์ ความคิด สามารถทำนายสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างมีเหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554, หน้า 4) กล่าวว่า แนวทางการวัดผลและประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีดังนี้

1. การวัดประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ จะต้องดำเนินการควบคู่กันไปอย่างสอดคล้องและต่อเนื่อง

2. ในการจัดการเรียนรู้มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินพัฒนาการของผู้เรียน จึงต้องประเมินให้ครอบคลุมทุกด้าน

3. เพื่อให้การประเมินครอบคลุมทุกด้านและได้ข้อมูลเพียงพอที่จะประเมินพัฒนาการความก้าวหน้า และความสำเร็จของผู้เรียน จะต้องใช้กระบวนการและวิธีการประเมินผลหลากหลายวิธี และต่อเนื่องทั้งการสังเกตพฤติกรรมการเรียน และการเข้าร่วมกิจกรรม ฯลฯ

การวัดผลและประเมินผลของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน เน้นการวัดและการประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment) และที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ที่สามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ในการประเมินผลจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้านโดยใช้วิธีการหลากหลายในสถานการณ์ต่าง ๆ และประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงพัฒนาการของผู้เรียน

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2548) ได้แบ่งการออกแบบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยระบุเป็นข้อ ๆ และให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านั้น สอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระ ที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะ หรือผังของการสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วนพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด

ขั้นที่ 4 สร้างข้อสอบที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตาราง

สรุปการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาได้ว่า เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนการสอน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนด้านความรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 185) ได้แบ่งเครื่องมือใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อบกพร่องตรงไหนจะได้ซ่อมเสริม หรือวัดดูความพร้อมก่อนจะสอนเรื่องใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา หรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนกระทั่งมีคุณภาพที่ดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น สำหรับที่ใช้วัดพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัดได้ มักนิยมใช้ตามหลักที่ได้จากผลการประชุมของนักวัดผล ซึ่ง บลูม (Bloom) ได้เขียนรวมไว้ในหนังสือ (Taxonomy of educational objectives) โดยสรุปได้ว่า การวัดผลด้านสติปัญญาควรวัดพฤติกรรมออกเป็น 6 ระดับดังนี้ วัดด้านความรู้ความจำ (Knowledge) วัดด้านความเข้าใจ (Comprehension) วัดด้านการนำไปใช้ (Application) วัดด้านการวิเคราะห์ (Analysis) วัดด้านการสังเคราะห์ (Synthesis) วัดด้านการประเมินค่า (Evaluation)

Hughes (อ้างถึงใน จีรวรรณ ธานี, 2542) กล่าวว่า เนื้อหาของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์จะสัมพันธ์โดยตรงกับเนื้อหารายวิชาที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้วโดยมีจุดประสงค์ที่จะวัดว่าผู้เรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มที่เรียนรายวิชานั้นบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนหรือไม่ แบบทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบปลายภาค (Final achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้เมื่อผู้เรียนได้เรียนได้เรียนรายวิชานั้น ๆ แล้ว เนื้อหาของแบบทดสอบจะสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียน ดังนั้น จึงให้ผลสะท้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินผลสรุปของการเรียนการสอน

2. แบบทดสอบวัดความก้าวหน้า (Progress achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์รายวิชาเช่นกัน วิธีหนึ่งในการวัดความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้แก่การทดสอบหลาย ๆ ครั้ง คะแนนที่เพิ่มขึ้นในการทดสอบแต่ละครั้งจะแสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน และเป็นแนวทางให้ครูใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ของวัตถุประสงค์ในการสอน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545) กล่าวว่าโดยทั่วไปแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึงแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or assay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้นๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกตอบแบบจำกัดคำตอบ (Restricted

response type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือแบบทดสอบถูก - ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือมีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

สำหรับเกณฑ์การวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของรายวิชาต่าง ๆ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาจากร้อยละของคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

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

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เพื่อให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความเหมาะสมกับเนื้อหา และสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ และเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผู้ทดสอบ โดยผู้วิจัยเลือกใช้หลักการวัดผลตาม Bloom’s Taxonomy Revised ในด้านพุทธิพิสัย คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ เพราะฉะนั้นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทาง

กาเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยใช้หลักการวัดผลตาม Bloom's Taxonomy Revised

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Guilford (อ้างถึงใน สิริลักษณ์ นิติธรรมกุล, 2554, หน้า 18) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นความสามารถทางสมอง เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลายทิศทางหรือแบบอเนกนัย และความคิดสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วยความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะ คนที่มีลักษณะดังกล่าวจะต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระในการคิด

Torrance (1965) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการที่บุคคลไวต่อปัญหา ข้อบกพร่อง ช่องว่างในด้านความรู้ สิ่งที่ขาดหายไป หรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน และไวต่อการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ไวต่อการค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหา ไวต่อการเดาหรือการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับข้อบกพร่อง ทดสอบและทดสอบอีกครั้งเกี่ยวกับสมมติฐาน จนในที่สุดสามารถนำเอาผลที่ได้ไปแสดงให้ปรากฏแก่ผู้อื่นได้ โดยความคิดสร้างสรรค์จะแสดงออกตลอดกระบวนการของความรู้สึก หรือการเห็นปัญหา โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบว่าด้วยความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

Feist (2011) ได้ให้ความหมายของคำว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือพฤติกรรมใด ๆ ที่มีทั้งความใหม่ (Novel) และเป็นประโยชน์ (Useful) โดบความสร้างสรรค์จะปรากฏออกมาในรูปของความคิดหรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process) ได้แก่ การสร้างทฤษฎีและการสร้างสมมติฐาน การทำวิจัยและการออกแบบการทดลอง และการเผยแพร่ และนำเสนอผลการทดลอง โดยได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เสนอโดย Torrance ไว้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง การมีความคิดที่หลากหลาย
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การมีความคิดที่จัดเป็นหมวดหมู่ได้หลากหลาย
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การมีความคิดที่ใหม่และไม่เหมือนใคร

Madden et al. (2013) อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) ซึ่งเป็นการคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งการหาทางแก้ปัญหาที่หลากหลายและมี

ความเป็นไปได้ ต่างจากการคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) ที่คิดเพื่อมุ่งหาวิธีแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว โดยกล่าวถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) ศึกษาได้จากจำนวนของคำตอบหรือการโต้ตอบของปัญหา

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ศึกษาได้จากจำนวนของประเภทหรือจำนวนหมวดหมู่ของคำตอบหรือการตอบสนองที่แตกต่างกัน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) ศึกษาได้จากการตอบสนองหรือคำตอบที่มีความโดดเด่นเฉพาะตัว

Ayas and Sak (2014) ได้ให้นิยามว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) คือความสามารถในการสร้างความคิด (Idea) หรือผลิตภัณฑ์ (Product) ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับบริบท (Context) และมีความสำคัญหรือมีประโยชน์ต่อวิทยาศาสตร์ จากคำนิยามนี้ ความคิดใดที่เป็นความคิดใหม่ไม่เหมือนใครแต่ไม่เกี่ยวข้องกับบริบทหรือไม่มีประโยชน์ใด ๆ จะไม่ถูกพิจารณาว่าสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังนิยามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 องค์ประกอบจากวิธีการวัด ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง จำนวนหมวดหมู่ของคำตอบที่ถูกต้อง

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการคิด และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยความคิดนั้นจะต้องเป็นประโยชน์หรือสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่พบว่าสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยสามารถสรุปนิยามของแต่ละองค์ประกอบได้ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้องและมีจำนวนมากในเวลาจำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้ถูกต้องและมีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทาง

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับบริบท

กระบวนการคิดสร้างสรรค์

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) เป็นวิธีการคิดหรือกระบวนการทำงานของสมองอย่างเป็นขั้นตอน ตลอดจนกระทั่งคิดแก้ไขปัญหาได้สำเร็จ กล่าวได้ว่ากระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษามากมายต่างกล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

ทอร์แรนซ์ ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องหายไป แล้วจึงรวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวคิดและแนวทางใหม่ต่อไป (Torrance, 1965 อ้างถึงในชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์, 2546, หน้า 50) โดยกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) แบ่งออกเป็น ขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 พบความจริง (Fact Finding) โดยเริ่มตั้งแต่เกิดความรู้สึกสงสัยหรือกังวลใจ มีความสับสน วุ่นวาย (Mess) เกิดขึ้นในจิตใจแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นอะไร ซึ่งจะต้องพยายามตั้งสติและพิจารณาดูว่าความยุ่งยาก วุ่นวาย สับสน หรือสิ่งที่ทำให้กังวลใจนั้นคืออะไร พิจารณาจากหลากหลายสาเหตุหรือหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความกังวลใจนั้น

ขั้นที่ 2 พบปัญหา (Problem Finding) เมื่อได้พิจารณาอย่างรอบคอบแล้ว พิจารณาอย่างถี่ถ้วนในขั้นตอนที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนนี้จะต้องสรุปว่าความกังวลใจ สับสน วุ่นวายใจนั้นคือการมีปัญหาเกิดขึ้น เป็นการค้นพบปัญหาที่แท้จริงว่าคืออะไร อาจต้องจัดลำดับความสำคัญของปัญหา และเลือกปัญหาที่สำคัญมาพิจารณา

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน (Idea Finding) เมื่อรู้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นจะต้องพยายามคิดตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ไขปัญหา โดยรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานขั้นต่อไป ในการตั้งสมมติฐานจะต้องคิดทบทวน เพื่อให้ได้แนวทางแก้ไขปัญหาไว้หลายๆ แนวทาง ดังนั้นจึงต้องรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาใช้เรียบเรียง พินิจพิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น สมมติฐานนี้ต้องอยู่บนพื้นฐานของความเป็นไปได้ในการใช้สภาพแวดล้อมด้านต่าง ๆ เพื่อจัดการให้ปัญหาถูกขจัดออกไป

ขั้นที่ 4 พบคำตอบ (Solution Finding) เป็นการพบคำตอบจากการทดสอบสมมติฐานที่ได้หลากหลายแนวทาง โดยขั้นตอนนี้จะต้องพิจารณาแนวทางที่ดีที่สุดเพียงแนวทางเดียว หรืออาจพิจารณาหลากหลายแนวทางแล้วจัดลำดับความสัมพันธ์และความสำคัญ ใช้วิธีการที่ดีที่สุดแก้ไขไปก่อนในลำดับแรก และค่อย ๆ พิจารณาหลากหลายวิธีการที่สำคัญ หรือสัมพันธ์ลำดับรองลงมา

ขั้นที่ 5 ยอมรับผลจากการค้นพบ (Acceptance Finding) เป็นการยอมรับคำตอบที่ได้จากการพิสูจน์เรียบร้อยแล้วว่าเป็นการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จได้อย่างไร และต่อจากจุดนี้ไปการแก้ปัญหาหรือการค้นพบยังไม่จบลง แต่ที่ได้จากการค้นพบนี้จะนำไปสู่วิถีทางที่ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ต่อไป (New Challenge)

Weigand (อ้างถึงใน ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์, 2546, หน้า 12) ได้เสนอแนวคิดกระบวนการสร้างสรรค์ไม่จำเป็นต้องดำเนินทีละขั้นตอน โดยทั่วไปแล้วจะเป็นไปตามลำดับขั้นและกระบวนการสร้างสรรค์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น หาสาเหตุและปัจจัยของปัญหาว่าเกิดจากสิ่งใด เพื่อต่อไปจะเชื่อมโยงสู่กระบวนการแก้ไข

2. ขั้นการปฏิบัติ เป็นกระบวนการคิดทดลองแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยแนวทางที่ได้หาไว้บนพื้นฐานของทฤษฎีหรือหลักการต่าง ๆ มารองรับ เพื่อเชื่อมโยงสู่กระบวนการแก้ไขปัญหา

3. ขั้นความคิดติดชั้น เป็นการหาข้อสรุปทางความคิดว่าจากผลที่ได้ปฏิบัติไปแล้วนั้น ได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร มีปัจจัยนำเข้าใดที่ส่งผลต่อกระบวนการ ปัญหา หรือกรณีศึกษาแล้วท้ายที่สุดจะส่งผลอย่างไร

4. ขั้นเกิดความกระจ่าง เป็นการตกผลึกทางความคิด และสรุปตัดสินใจอย่างแน่นอนแล้วว่าจะดำเนินการอย่างไรเพื่อแก้ไขปัญหา เป็นขั้นที่ได้ภาพของความสำเร็จออกมา

5. ขั้นพิสูจน์ เป็นการดำเนินการตามสิ่งที่ได้วางแผนไว้ เพื่อให้ได้ผลการปฏิบัติออกมาอย่างที่วางแผนไว้ในตอนต้น และพิสูจน์ว่าความคิดที่ได้วางแผนไว้นั้นสามารถเป็นจริงได้

Wallach (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 23) กล่าวว่ากระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คำนึงถึงความคิดในสิ่งใหม่ ๆ โดยใช้กระบวนการทางร่างกายลองผิดลองถูกตามความคิดนั้น โดยแบ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ขั้นเตรียมข้อมูล เป็นการคำนึงถึงข้อมูลที่เป็นทฤษฎี หลักการ หรือความคิดที่เกี่ยวข้องกับกรณีหรือปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นการจัดเตรียมข้อมูลที่สามารถหามาได้ในทุกช่องทาง และทุกรูปแบบเพื่อให้ได้ปัจจัยนำเข้าที่จะนำเข้าสู่กระบวนการคิดในขั้นตอนถัดไป ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นเตรียมข้อมูลจะได้เป็นข้อมูล (Data) ที่ยังไม่ผ่านการประมวลผล (Information) ทำให้เกิดเป็นแหล่งคลังข้อมูลจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และวิธีการแก้ไขต่อไป สามารถหยิบหรือนำมาใช้ได้ทันทีทันใด ไม่ต้องค้นคว้าหาเพิ่มเติม

2. ขั้นความคิดคุกรุ่นหรือระยะฟักตัว เป็นการทบทวนข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ซ้ำไปซ้ำมาหลายๆ รอบ และคิดค้นหาข้อมูลที่จะสนับสนุนหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือกรณีศึกษานั้น

เป็นการลองผิดลองถูกทางความคิดว่าสิ่งที่ คิดนั้นเป็นไปตามอดีตที่เคยเกิดขึ้นหรือไม่ และเกิดการคาดคะเนเหตุการณ์ต่างๆ ล่วงหน้าเพื่อแก้ไขปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นความคิดคุกรุ่นหรือระยะฟักตัวจะได้เป็นสารสนเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้ผ่านกระบวนการครุ่นคิดอย่างถี่ถ้วนและรอบคอบดีแล้ว ทำให้มั่นใจได้ว่าได้สารสนเทศที่ดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปนั้นเป็นสารสนเทศอะไร และสารสนเทศที่ไม่ดีส่งผลให้กระบวนการคิดนั้นไร้คุณภาพ ก็จะพิจารณาไม่นำมาใช้ในครั้งนี้

3. ขั้นความคิดกระจ่าง เป็นการตกผลึกทางความคิดว่าสิ่งที่ได้คิดไปแล้วนั้นเกิดผลที่ได้วิเคราะห์แล้วว่าเป็นผลที่เกิดขึ้นที่ดีที่สุด เหตุผลในข้ออื่น ๆ หรือกรณีอื่น ๆ ไม่ตรงกับเหตุผลนี้ที่คิดขึ้น ดังนั้นจึงเรียกได้ว่าความคิดที่ครุ่นคิดมานาน ได้ถูกไขความกระจ่าง ผู้คิดได้วิธีการหรือแนวทางที่จะเกิดผลในทางบวกกับสถานการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นความคิดกระจ่างคือ ได้ข้อสรุปสารสนเทศที่ดีที่สุด อันเกิดจากความคิดถี่ถ้วนจนกระทั่งตกผลึกเป็นความคิดที่ดีที่สุด ซึ่งในขั้นนี้จะทำให้ทราบได้อีกว่าปัจจัยนำเข้าหรือปัจจัยส่งออกปัจจัยใดที่เมื่อดำเนินการตามความคิดนั้นแล้ว เกิดความผิดพลาดหรือเกิดข้อเสียหายไม่ดีเกิดขึ้น จะทำให้เลือกตัดสิ่งที่เป็นปัจจัยนำเข้าออกได้ ขณะเดียวกันปัจจัยส่งออกที่เป็นแนวทางที่ไม่ดี ไม่สมควร ก็สามารถคาดคะเนได้จากผลการดำเนินการ ซึ่งหากมีกระบวนการในขั้นนี้จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานหรือประหยัดความคิด เนื่องจากไม่ต้องสูญเสียทรัพยากรมาลองผิดลองถูก

4. ขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริง ขั้นนี้จะเน้นการทดสอบโดยปฏิบัติพฤติกรรมต่าง ๆ ตาม กระบวนการที่ได้วางแผนการคิดไว้ล่วงหน้าก่อนหน้านี้แล้ว ผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติจะเป็นข้อพิสูจน์ได้ว่ากระบวนการที่ได้คิดไปนั้นมีประโยชน์หรือส่งเสริมกระบวนการคิดให้ได้คุณภาพได้อย่างไร ผลลัพธ์ของขั้นทดสอบความคิดและพิสูจน์ให้เห็นจริงจะได้เป็นผลผลิตในขั้นตอนท้ายที่สุด ไม่ว่าจะออกมาอยู่ในรูปแบบของวัตถุหรือกระบวนการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผ่านการทดลองใช้งานมาแล้ว หากเป็นสภาพในทางบวกถือได้ว่าประสบความสำเร็จในการทดลอง แต่หากไม่ประสบความสำเร็จหรือเกิดข้อผิดพลาดจนส่งผลต่อตัวบุคคลแล้ว ทำให้เข้าใจได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้มานี้ไม่ใช่กระบวนการหรือไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ออกแบบ เนื่องจากเกิดข้อผิดพลาดที่ส่งผลต่อบุคคล

Osborn (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 23) กล่าวถึงกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์จะต้องดำเนินการดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. การชี้ถึงปัญหา เป็นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากสาเหตุใด หรือเกิดจากปัจจัยใดที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ และปัญหาที่เกิดขึ้นมีระดับของปัญหามากหรือน้อยอย่างไร ส่งผลกระทบต่ออะไรบ้าง ผลที่เกิดขึ้นจากปัญหาจะทำให้ผู้ใดหรือสิ่งใดต้องเดือดร้อนบ้าง ดังนั้นต้องคิดอย่างถี่ถ้วนถึงปัญหาที่เกิดขึ้น บนพื้นฐานของสถานการณ์จริง สิ่งสำคัญที่สุดของขั้นตอนนี้คือต้องพิจารณาปัญหา

ที่เกิดขึ้นว่าเป็นปัญหาที่แท้จริง ไม่ใช่ปัญหาเทียม เช่น พบว่าเด็กไม่อ่านหนังสือ เพราะคิดว่าเด็กไม่ชอบอ่านหนังสือ ไม่ชอบรับความรู้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วลืมคำนึงไปว่าบุคลิกลักษณะของแต่ละคนมีความชื่นชอบในการรับความรู้ที่แตกต่างกัน เด็กไม่ชอบอ่านหนังสือแต่อาจจะชอบรับความรู้โดยการให้ผู้อื่นอ่านแล้วนำมาเล่าต่อให้ตนเองฟัง เป็นต้น สถานการณ์ดังกล่าวทำให้เห็นว่า ปัญหาหนังสือไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง เพราะการรับความรู้ที่ถูกต้องของเด็กคนนั้นคือการฟังจากเรื่องที่ผู้อื่นเล่า ดังนั้นภายหลังจะต้องใช้วิธีการอ่านเนื้อหาแล้วมาเล่าให้เด็กฟังอีกต่อหนึ่ง

2. การเตรียมและรวบรวมข้อมูล เป็นการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ทั้งแหล่งข้อมูลจากเทคโนโลยี สารสนเทศและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ข้อมูลจากหนังสือหรือแหล่งความรู้ที่เป็นตัวอักษร หรือข้อมูลจากการบอกเล่าจากประสบการณ์ของผู้มีประสบการณ์ต่าง ๆ หากข้อมูลใดมาเกี่ยวข้องกับปัญหาจะต้องเก็บรวบรวมไว้เพื่อจัดเตรียมข้อมูลนั้นให้พร้อมใช้งานในขั้นตอนถัดไป ซึ่งในปัจจุบันสิ่งที่ต้องระวังคือการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างมากมายในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะต้องค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงที่มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากในข้อมูลบนระบบดังกล่าวจะมีผู้เขียนจำนวนมาก ซึ่งเป็นข้อมูลที่แท้จริงบ้างหรือเป็นการแสดงทัศนะ ทำให้อาจไม่ได้ข้อมูลที่แท้จริง ดังนั้นต้องพิจารณาแหล่งข้อมูลที่มีน้ำหนักน่าเชื่อถือ เช่น แหล่งข้อมูลแหล่งแรกจากหนังสือที่ผู้นั้นเขียนขึ้นเอง หรือเป็นแหล่งข้อมูลที่เป็นหน่วยงานทั้งราชการและเอกชนที่มีความน่าเชื่อถือ เป็นต้น

3. การวิเคราะห์ เป็นการนำข้อมูลในขั้นที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ โดยแยกประเด็นในข้อมูลนั้นออกจากกันให้ได้หลาย ๆ ประเด็น รวมถึงวิเคราะห์ถึงความเชื่อมโยงของปัจจัยต่าง ๆ ในหลาย ๆ ประเด็นที่เกี่ยวข้องกันอย่างจริงจัง ในการวิเคราะห์อาจจะต้องหาประเด็นเพิ่มเติมซึ่งเกิดจากประเด็นย่อยที่วิเคราะห์ขึ้นในครั้งนี้ สิ่งสำคัญคือผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้ในเรื่องที่วิเคราะห์ และต้องมีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องนั้น ๆ อย่างแท้จริง เพราะเรื่องที่จะวิเคราะห์นั้น จะต้องใช้ทั้งองค์ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่มาจัดการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ประเด็นการวิเคราะห์ที่สมบูรณ์แบบ

4. การใช้ความคิด เป็นการคำนึงว่าจะต้องใช้ความคิดในรูปแบบใด เพื่อไตร่ตรองประเด็นที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ เนื่องจากลักษณะของกระบวนการใช้ความคิดมีความแตกต่างกัน ทั้งความคิดเบื้องต้น และความคิดขั้นสูง เช่น บางประเด็นต้องใช้วิธีการคิดแบบแก้ปัญหา บางประเด็นต้องใช้วิธีการคิดแบบมีวิจารณญาณ บางครั้งต้องอาศัยความคิดเชิงบวกเข้ามาช่วย บางสถานการณ์เพียงแค่คิดวิเคราะห์ คิดประเมินค่า ก็อาจจะเพียงพอสำหรับเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งกระบวนการคิดแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนในการดำเนินการให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไป มีความเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการใช้ความคิดจะต้องใช้ประสบการณ์ในการวิเคราะห์ว่าจะใช้ความคิดรูปแบบใด

5. การคิด เป็นการไตร่ตรองประเด็นย่อย ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์หรือให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่แท้จริง เป็นการคิดทบทวนประเด็นที่ได้วิเคราะห์ไปแล้วอีกครั้งหนึ่งหลาย ๆ รอบ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในสารสนเทศที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการใช้ความคิดเข้ามาช่วยคิดให้เกิดผลลัพธ์ที่ต้องการออกมา บางครั้งอาจต้องใช้กระบวนการคิดในขั้นการใช้ความคิดหลาย ๆ รูปแบบมาผสมผสานกัน ยกตัวอย่าง เช่น การจัดการเรียนการสอนเกิดปัญหาอาจใช้วิธีการคิดแบบแก้ปัญหาเข้าไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อวิธีการคิดแก้ปัญหาได้พิจารณาร่วมกันกับข้อมูลหรือสารสนเทศที่ได้รวบรวมไว้ อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เกิดเป็นทัศนคติทางลบขึ้น ดังนั้นอาจต้องอาศัยกระบวนการคิดเชิงบวกเข้ามาผสมผสานกับการคิดแบบแก้ปัญหา เพื่อทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีทัศนะเชิงบวก ขณะเดียวกันนั้นสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วย

6. การสังเคราะห์ เป็นการนำข้อมูลหรือสารสนเทศที่ได้ผลลัพธ์เกิดจากขั้นการคิดมารวมกัน แล้วเชื่อมโยงให้เหลือเพียงสถานการณ์สำคัญสถานการณ์เดียว เพื่อให้ได้ข้อสรุปของข้อมูลหรือสารสนเทศที่แท้จริง การสังเคราะห์จะทำให้ข้อมูลหรือสารสนเทศที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากเกิดจากผู้รู้หลายคนหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องหลาย ๆ ข้อมูล เกิดจากกระบวนการที่มีหลักการน่าเชื่อถือจากหลาย ๆ แหล่งข้อมูลมารวมกัน ผนวกกับใช้กระบวนการคิดสังเคราะห์รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เป็นการใช้ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ในการสังเคราะห์ข้อมูลทำให้ได้ข้อมูลดี ๆ ที่แท้จริง

นอกจากนี้การสังเคราะห์ยังช่วยจัดประเภทของหมวดหมู่สิ่งที่สังเคราะห์ได้ ทำให้เห็นการแบ่งแยกหมวดหมู่อย่างชัดเจน และนำข้อมูลไปใช้งานได้อย่างง่ายดาย

7. การประเมินผล เป็นทั้งการวัดผลและการประเมินผล โดย

การวัดผล หมายถึง การเทียบเคียงค่าที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ การวัดผลความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะบ่งบอกออกมาเป็นค่าตัวเลขที่ต้องมีการตีความเทียบเคียงกับสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าคะแนนที่เป็นตัวเลขออกมาอย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น ประเมินว่าผู้เรียนเป็นคนมีความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ สามารถนำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาให้ผู้เรียนทดลองทำข้อสอบดู ผู้ตรวจจะทราบว่าตรวจอย่างไรถึงจะได้คะแนนเท่าไร

การประเมินผลนั้น หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหรือขั้นตอนการสังเคราะห์ เมื่อนำไปใช้งานแล้วได้ผลดีหรือไม่ดีเพียงใด จำเป็นต้องนำกลับมาเริ่มต้นกระบวนการใหม่หรือไม่ หรือดำเนินการดังที่ได้กระทำเป็นสิ่งที่ดีอยู่แล้ว หรือดำเนินการโดยพัฒนาเพียงบางส่วนเพิ่มเติมจากของเดิม และสิ่งสำคัญที่สุดจะต้องสรุปว่าดีหรือไม่ดี อย่างไร

Anderson (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 23) กล่าวถึงขั้นตอนของการคิดสร้างสรรค์ว่าประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. มีความสนใจ ในที่นี้หมายถึง บุคคลที่จะเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้จะต้องสนใจจดจ่ออยู่กับเรื่องที่ต้องการให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ด้วยใจจริง ไม่ใช่ถูกบังคับให้ต้องสนใจกับสิ่งนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น นักฝึกหัดแต่งเพลงหากถูกบังคับอาจไม่สนใจในการแต่งเพลง ทำให้ได้ผลลัพธ์คือเนื้อเพลงที่ไม่มีคุณภาพ แต่งเสร็จแล้วคนไม่อยากฟัง เนื่องจากถูกบังคับ ขณะที่ผู้ที่สนใจในการแต่งเพลงหรือมีใจรักในการแต่งเพลง จะแต่งเพลงได้ออกมาน่าชื่นชมมากกว่า เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องเกิดความสนใจเป็นลำดับแรก เพื่อจิตใจจะได้จดจ่ออยู่กับสิ่งนั้น ๆ ให้มากที่สุด เมื่อเกิดความสนใจแล้วจะทำให้รักที่จะทำอย่างตั้งใจ

2. รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีลักษณะดังขั้นตอนการเตรียมและรวบรวมข้อมูลของออสบอร์นที่กล่าวไว้ข้างต้น เพียงแต่จะไม่เน้นการจัดเตรียมข้อมูล แต่เน้นที่การรวบรวมข้อมูลให้มีความหลากหลาย และตรงกับสิ่งที่ต้องการ

3. ไตร่ตรองถึงการวางแผน เป็นการคิดใคร่ครวญอย่างถี่ถ้วน คิดซ้ำไปซ้ำมาว่าข้อมูลที่ได้มานั้นจะต้องนำมาทำอะไรต่อไปเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือได้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ลงไป ทั้งนี้จะต้องมีขั้นตอนอย่างชัดเจน

4. เกิดจินตนาการ เป็นการเพิ่มเติมความคิดเพ้อฝันบนพื้นฐานของความเป็นไปได้ลงไปในแผนการที่ได้วางไว้ในขั้นตอนก่อนนี้ การเพิ่มความคิดที่เป็นไปได้และไม่ได้ลงไปจะช่วยทำให้กระบวนการออกนอกกรอบที่เรากำหนดขึ้นในตอนแรกหลายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเติมจินตนาการลงไป จะทำให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ๆ ที่คาดการณ์ไม่ถึง ดังนั้นการคิดเพิ่มเติมจินตนาการลงไปในกระบวนการทำกิจกรรมใด ๆ จะส่งผลดีต่อผลลัพธ์แต่ทั้งนี้ต้องตั้งอยู่บนความปลอดภัยไม่ทำให้เกิดความเสียหายหรือเดือดร้อนต่อตนเองและผู้อื่น ขั้นตอนนี้อาจกระทำได้หลาย ๆ รูปแบบ หรือหลาย ๆ แนวคิด เพราะเป็นเพียงแนวคิดที่ออกแบบไว้ในระบบความคิดเท่านั้น อาจร่างออกมาในกระดาษหรือโครงร่างที่เกิดจากการวาดเพื่อให้ได้รูปที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือเหมือนกับความคิด ซึ่งสามารถร่างออกมาได้หลากหลาย เพราะเป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีให้อยู่ในลักษณะของจินตนาการ เพื่อคัดเลือกในขั้นตอนต่อไป

5. สร้างจินตนาการออกมาให้เห็นจริง เป็นการนำจินตนาการที่ได้ร่างขึ้นในขั้นตอนก่อนนี้มาจัดกระทำให้เกิดเป็นชิ้นงานจริง หรือเกิดเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนจริง ทั้งนี้ต้องประเมินถึงความคุ้มค่าในการคิดค้น ประดิษฐ์ขึ้นด้วยว่ามีจุดคุ้มทุนกับการเสียแรงคิดหรือไม่

6. รวบรวมความคิด เป็นการนำสิ่งที่ทำได้มารวบรวมเป็นคลังผลลัพธ์ผนวกกับความคิดสร้างสรรค์ เพื่อในอนาคตใครต้องการข้อมูลสามารถนำไปใช้ได้ในทันที

Jungs (อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2547, หน้า 23) กล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ว่าจะต้องประกอบไปด้วย

1. คิดรวบรวมข้อมูล เป็นการพิจารณารวบรวมข้อมูลทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งจากเทคโนโลยีสารสนเทศและจากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ

2. กระบวนการใช้วัตถุดิบ เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาเรียบเรียง เพื่อให้ได้กระบวนการที่เหมาะสมและคิดค้นกระบวนการใหม่ ๆ หรือคิดค้นเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการในกิจกรรมที่กำลังจะต้องปฏิบัติ

3. ทำใจให้ว่าง ขณะดำเนินการในขั้นกระบวนการใช้วัตถุดิบจะต้องมีสติและสมาธิกับการดำเนินการ รวมถึงพิจารณากระบวนการใช้วัตถุดิบให้เป็นไปตามขั้นตอน

4. ยูรีกา เป็นขั้นสรุปสิ่งที่ดำเนินการว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อสุดท้ายได้ข้อสรุปที่แท้จริงที่สามารถนำไปเล่าหรือบอกต่อให้เกิดการยอมรับได้

5. วิพากษ์วิจารณ์ เป็นการนำขั้นตอนต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพไปใช้ปฏิบัติจริง ทั้งนี้ต้องยอมรับกับผลสะท้อนกลับจากผู้นำไปใช้หรือผู้เกี่ยวข้องว่ามีผลเป็นเช่นไร ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ

สรุปแล้วกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่

1. รวบรวมข้อมูล เป็นการจัดเตรียมข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งข้อมูล ทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงหรือเป็นข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องบางส่วน นำมาเป็นปัจจัยนำเข้าเพื่อค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการ ทั้งนี้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ

2. วิเคราะห์ปัญหา เป็นการพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นว่าขณะนั้นมีปัญหาใดเกิดขึ้น เกิดขึ้นเพราะสาเหตุใดหรือปัจจัยใดที่ส่งผลทำให้เกิดขึ้น และจะแก้ไขปัญหานั้นไม่ให้เกิดขึ้นหรือจะพัฒนาสิ่งนั้นให้ดีขึ้นกว่าเดิมจะต้องทำอย่างไร ต้องขอความช่วยเหลือจากหน่วยงาน บุคคล หรือสิ่งใด จะต้องใช้ทรัพยากรใดเพื่อเป็นส่วนช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นได้บ้าง ซึ่งจะต้องใช้ความชำนาญหรือประสบการณ์ที่มีอยู่ผนวกกับความรู้ในศาสตร์ด้านนั้น ๆ ช่วยแก้ไขปัญหา ขั้นนี้เปรียบเสมือนกับการวางแผน การวาดภาพสิ่งที่จะทำและลองใช้ความคิดใคร่ครวญอย่างถี่ถ้วนว่าหากทำแล้วจะได้ผลเป็นอย่างไร

3. ทดลองปฏิบัติ เป็นขั้นตอนที่ต่อจากการวิเคราะห์ปัญหา เพราะเมื่อวิเคราะห์ได้สาเหตุวิธีการแก้ไขแล้ว ขั้นตอนนี้จะทดลองนำสิ่งที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาทดลองปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม เมื่อปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรมในขั้นตอนนี้อาจจะได้วิธีการที่หลากหลายจากการปฏิบัติ ซึ่งได้ผลลัพธ์ไม่เท่ากัน

4. ค้นหาคำตอบด้วยความคิด เป็นขั้นตอนที่จะต้องสรุปว่าวิธีการใดที่ได้ทดลองปฏิบัติไปเป็นวิธีการที่ดีที่สุด คุ้มค่าที่สุด ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด เหมาะสมกับสถานการณ์มากที่สุด เป็นการหาข้อสรุป

5. นำไปใช้ในสถานการณ์จริง หลังจากที่ได้ทดลองทดสอบและได้ข้อสรุปแล้วว่าสิ่งใดหรือข้อมูลใดเป็นสิ่งที่ดีที่สุด ในขั้นนี้จะนำไปทดลองใช้กับสถานการณ์จริงอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเป็นการทดลองใช้งานสิ่งที่ได้รับรู้มาว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ซึ่งตัวแปรที่แทรกซ้อนอาจจะเกิดขึ้นมากกว่าในขั้นทดลองปฏิบัติ แต่ขั้นนี้จะทำให้ได้รู้ว่าเมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์จริงตามสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่เป็นสิ่ง ๆ นั้นจะมีประสิทธิภาพเพียงใด

6. ประเมินผล เป็นขั้นตอนสำหรับสรุปว่าสิ่งที่ได้คิดขึ้นมาจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมมานั้นเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์จริงหรือไม่ อยู่ในระดับใด หากประเมินผลแล้วได้ผลดีก็แสดงให้เห็นได้ว่าควรนำไปใช้ในกระบวนการคิดครั้งถัดไป หากประเมินผลแล้วเกิดปัญหาอาจต้องหาสาเหตุของปัญหาแล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวใหม่อีกครั้งหนึ่ง

การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เมื่อดำเนินการตามกระบวนการความคิดสร้างสรรค์เสร็จสิ้นจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ออกมาอาจจะอยู่ในรูปแบบของสิ่งที่เป็นรูปธรรม เช่น ชิ้นงาน อุปกรณ์ วัสดุ ต่าง ๆ หรืออาจจะอยู่ในรูปแบบที่เป็นนามธรรม เช่น วิธีการหรือกระบวนการ ซึ่งทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวไป ล้วนแต่สร้างความแปลกใหม่ให้กับสังคมที่อยู่ทั้งสิ้น และเมื่อสร้างเสร็จจะต้องมีกระบวนการวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงรูปแบบของการวัดผลและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ไว้จำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น

อารี พันธ์มณี (2537, หน้า 185-187) กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าไม่ใช่เฉพาะทำให้รู้ถึงระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็กและเป็นข้อมูลสำหรับครูผู้สอนนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา ซึ่งหากเป็นสิ่งที่สอดคล้องกันจะเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงยิ่งขึ้น และที่สำคัญยังทำให้สกัดกั้นอุปสรรค์ที่จะส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพื่อทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สังเกต เป็นการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ โดยเฝ้าดูหรือสังเกตความคิด จินตนาการ เช่น การเฝ้าดูการเล่นของเด็กและการทำกิจกรรม สังเกตจากพฤติกรรมเลียนแบบ ทดลอง ปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่าง ๆ แสดงละครใช้คำอธิบาย และบรรยายให้เกิดภาพพจน์ชัดเจน ตลอดจนเล่านิทาน แต่งเรื่องใหม่ เล่นและคิดเกมใหม่ ๆ รวมถึงพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึกซาบซึ้งต่อความสวยงาม เป็นต้น นอกจากนี้อาจสังเกตจากพฤติกรรมการทำงานใน

ชีวิตประจำวัน เช่น เล่นเกม การทำการบ้าน การตั้งชื่อแปลก ๆ ลักษณะของความเป็นผู้นำ การสังเกตพฤติกรรมเด็กเล็กสร้างหรือต่อไม้บล็อก

2. วาดภาพ เป็นการให้เด็กฝึกวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดขึ้น เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ให้ออกมาเป็นรูปธรรมและสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้อาจจะมีลักษณะเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมเป็นภาพ

3. รอยหยดหมึก เป็นการให้เด็กได้ดูภาพรอยหมึกแล้วคิดคำตอบเพื่อตอบคำถามจากภาพที่เห็น วิธีการนี้นิยมใช้กับเด็กระดับชั้นประถมศึกษา เนื่องจากอธิบายสิ่งที่เห็นได้เป็นอย่างดีบนจินตนาการของเด็กแต่ละคนที่มีไม่เท่ากัน

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ เป็นการให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด ประเมินงานศิลปะของนักเรียน โดยมีนักจิตวิทยาที่มีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กระดับประถมศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังความมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเด็กวัยนี้อาจเป็นจุดวิกฤติของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เด็กที่มีความสนใจการเขียนสร้างสรรค์ และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะจากการศึกษาประวัติบุคคลสำคัญ เช่น นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงระดับโลก เช่น นิวตัน ปาสคาร์ล พบว่าบุคคลเหล่านี้มีแววสร้างสรรค์จากการประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งเด็กจะสร้างผลงานชิ้นแรกขณะเรียนอยู่ในระดับประถมศึกษา

5. แบบทดสอบ เป็นการให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์เกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งแบบทดสอบมีทั้งที่ต้องใช้ภาษาเป็นสื่อการสอน และที่ใช้ภาพเป็นสื่อการสอนเพื่อให้เด็กแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ แบบทดสอบจะมีการกำหนดเวลา ซึ่งแบบทดสอบที่ปัจจุบันนิยมใช้กันมากขึ้นคือ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

Guildford and Christensen (1959) เป็นนักจิตวิทยากลุ่มแรกที่ได้ริเริ่มการพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานโดยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Guildford And Christensen ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นทางด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ทางด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และเป็นโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา และผู้ใหญ่ โดยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์แต่ละฉบับ มีรายละเอียด ดังนี้

1. ความคิดคล่องในการจำ (Word Fluency) เป็นการเขียนคำที่ขึ้นต้นด้วยอักษรที่กำหนดให้

2. ความคล่องทางความคิด (Ideational Fluency) เป็นการเขียนชื่อสิ่งของที่มีคุณสมบัติตามลักษณะที่กำหนดให้ เช่น ให้บอกชื่อของสิ่งของที่กลมและมีสีขาว

3. ความคล่องด้านการเชื่อมโยง (Associational Fluency) เป็นการเขียนคำต่างๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกับคำที่กำหนดให้

4. ความคล่องในการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นการสร้างประโยคจากคำที่กำหนดให้ โดยกำหนดอักษรตัวแรกของแต่ละคำให้และห้ามให้ใช้คำซ้ำ

5 การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Ultimate Uses) เป็นการบอกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งเฉพาะที่กำหนดให้ในลักษณะที่แตกต่างจากการใช้ประโยชน์โดยทั่วไป เช่น หนังสือพิมพ์ใช้ทำประโยชน์อื่นอย่างไรบ้าง

6. การสรุปผล (Consequence) เป็นการบอกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลเนื่องจากเหตุการณ์สมมติฐานที่กำหนดให้ เช่น ถ้าคนไม่จำเป็นต้องนอนจะเกิดอะไรขึ้น เป็นต้น

7. ประเภทอาชีพ (Possible Jobs) เป็นการบอกอาชีพต่าง ๆ ทีเกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้ เช่น กำหนดคำว่าหลอดไฟ อาชีพที่เกี่ยวข้อง คือ วิศวกรไฟฟ้า เจ้าของโรงงานทำหลอดไฟ เป็นต้น

8. การวาดรูป (Making Objects) เป็นการวาดรูปของสิ่งของจากเซทของรูปที่กำหนดให้ เช่น วงกลม และรูปสามเหลี่ยม เป็นต้น ในการวาดรูปสิ่งของรูปหนึ่งอาจใช้รูปที่กำหนดให้ซ้ำกันได้และเปลี่ยนแปลงขนาดได้ แต่จะต้องไม่ต่อเติมรูปหรือเส้นอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีก

9. การร่างรูป (sketches) เป็นการต่อเติมให้เป็นรูปจากภาพร่างที่กำหนดให้ เช่น วงกลม สามเหลี่ยม และต่อเติมภาพให้สมบูรณ์และแตกต่างกันมากที่สุด

10. การตกแต่ง (Decoration) เป็นการตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

11. การแก้ปัญหา (Match Problem) เป็นการแก้ปัญหาจากโจทย์ที่กำหนดให้ เช่น ให้เอาจำนวนก้านไม้ขีดไฟจำนวนหนึ่งออก โดยให้ก้านไม้ขีดไฟที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือรูปสามเหลี่ยมที่มีจำนวนรูปตามต้องการ

โดยตัวอย่างการประเมินความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลด์ฟอร์ด เป็นดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การประเมินความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 ดีมาก	3 ดี	2 พอใช้	1 ปรับปรุง
1. คิดคล่องแคล่ว	ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้อง 90% ขึ้นไปในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้อง 70% ขึ้นไปในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้อง 50% ขึ้นไปในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้องต่ำกว่า 50% ในเวลาที่กำหนด
2. คิดยืดหยุ่น	จัดลักษณะ/ประเภท/ กลุ่มของคำตอบได้อย่างหลากหลาย	จัดลักษณะ/ประเภท/ กลุ่มของคำตอบได้อย่างหลากหลายได้เป็นส่วนใหญ่	จัดลักษณะ/ประเภท/ กลุ่มของคำตอบได้อย่างหลากหลายได้เป็นบางส่วน	จัดลักษณะ/ประเภท/ กลุ่มของคำตอบได้ไม่หลากหลาย
3. คิดริเริ่ม	คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม/ ดัดแปลง/ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง	คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม/ ดัดแปลง/ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม/ ดัดแปลง/ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้เป็นบางส่วน	คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม/ ดัดแปลง/ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนน้อย
4. คิดละเอียดลออ	บอกรายละเอียดเกี่ยวกับคำตอบและเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง	บอกรายละเอียดเกี่ยวกับคำตอบและเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	บอกรายละเอียดเกี่ยวกับคำตอบและเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องเป็นบางส่วน	บอกรายละเอียดเกี่ยวกับคำตอบและเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนน้อย

เนื่องจาก Guidford เป็นนักจิตวิทยาที่มุ่งเน้นอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาว่าความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญามิติใดบ้าง มากกว่าการพยายามอธิบายการเกิดและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่ทฤษฎีนี้ก็เป็นแนวทางให้ทอแรนซ์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาในลักษณะที่เป็นการสร้างแบบทดสอบชุดการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติได้

ศาสตราจารย์ ดร.อี พอล ทอร์แรนซ์ สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ มีทั้งแบบสำรวจและแบบทดสอบหลากหลายรูปแบบ สำหรับแบบทดสอบนั้น ทอร์แรนซ์ได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาทางการศึกษา ซึ่งเป็นโปรแกรมการวิจัยระยะยาวที่สามารถนำไปใช้กับประสบการณ์ในห้องเรียนที่สนับสนุนและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ โดยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance Test of Creative Thinking) เป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1965) ได้สร้างขึ้น ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ให้กับบุคคลในทุกระดับอายุและทุกระดับการศึกษา หากเป็นเด็กเล็กที่ยังไม่มีความพร้อมด้านการเขียน จะใช้วิธีการเล่าเรื่องให้เด็กได้มีโอกาสถาม-ตอบแทนการเขียน ซึ่งแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ ประกอบด้วยการวัด 3 กิจกรรม คือ

1. กิจกรรมไม่ใช้ภาษา (Non-verbal Tasks) เช่น การต่อเติมรูปภาพที่ยังไม่สมบูรณ์ให้เกิดความสมบูรณ์ การสร้างรูปภาพจากรูปวงกลมและสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้เป็นภาพต่าง ๆ พร้อมกับตั้งชื่อภาพนั้น

2. กิจกรรมทางภาษาโดยใช้สิ่งเร้าที่ไม่ใช้ภาษา (Verbal Tasks Using Non-verbal Stimuli) เช่น การให้ดูชุดรูปภาพแล้วให้เล่าเรื่องที่เกิดขึ้นจากภาพ และการออกแบบจากสิ่งของที่กำหนดขึ้นให้ใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น เป็นต้น

3. กิจกรรมทางภาษาโดยใช้สิ่งเร้าที่ใช้ภาษา (Verbal Tasks Using Verbal Stimuli) เช่น การให้บอกถึงประโยชน์ของสิ่งของ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กล่องกระดาษ กระป๋อง หรือหนังสือมาให้มากที่สุด การตอบว่าจะมีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นถ้าเหตุการณ์สมมติบางอย่างเป็นจริง เช่น สมมติว่าเมฆมีเชือกผูกและปลายเชือกตรึงกับพื้นจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง ให้ผู้ทดสอบเขียนสิ่งที่คิดหรือเดาว่าจะเกิดขึ้น ถ้ารูปภาพที่วาดนั้นสามารถเป็นจริงได้

ทอร์แรนซ์เป็นนักจิตวิทยา ผู้ค้นคว้าเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์มาเป็นเวลานาน ดังนั้นแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานและชุดการสอนของเขาได้รับความนิยมอย่างมาก และมีผู้นำไปใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์อย่างแพร่หลาย แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์จะเน้นการวัดในด้านการเชื่อมโยงความคิด ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนจะพิจารณาดูที่ความแปลกใหม่เมื่อเทียบกับผู้ทดสอบรายอื่น ๆ ที่เข้าทดสอบด้วยกัน ซึ่งแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ มีดังนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ (Thinking Creatively with Figural) มี 2 แบบ คือ แบบ ก และ แบบ ข ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน เป็นแบบทดสอบที่เลือกใช้เพียงแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งทั้ง 2 แบบ มีวัตถุประสงค์ เป้าหมายและข้อสรุปที่เหมือนกัน ทอร์แรนซ์ได้กำหนดให้มีจุดมุ่งหมายเดียวกันต่างกันเพียงสิ่งเร้าที่กำหนดขึ้น ซึ่งทั้ง 2 แบบใช้ได้กับผู้ทดสอบที่มีการศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลจนกระทั่งระดับอุดมศึกษา

ตัวอย่างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพแบบ ก จะมีแบบทดสอบย่อย 3 ชุด ซึ่งทอร์แรนซ์เรียกแบบทดสอบย่อยว่า กิจกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมชุดที่ 1 การวาดภาพ (Picture Construction) ผู้ทดสอบจะเริ่มต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด โดยผู้ทดสอบจะต้องต่อเติมภาพให้แปลกใหม่และน่าสนใจที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ พร้อมกับตั้งชื่อภาพให้แปลกและน่าสนใจ

กิจกรรมชุดที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture completion) โดยให้ผู้ทดสอบต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นเส้นในลักษณะต่าง ๆ มีจำนวน 10 ภาพ เป็นการต่อเติมภาพให้แปลกใหม่ น่าสนใจ และน่าตื่นเต้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้พร้อมตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมเสร็จแล้วให้แปลกและน่าสนใจที่สุด

กิจกรรมชุดที่ 3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Paralleled Line) โดยให้ผู้ทดสอบต่อเติมภาพจากเส้นคู่ขนานจำนวน 30 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพ และต่อเติมภาพให้แปลกใหม่ แตกต่างและไม่ซ้ำกัน พร้อมตั้งชื่อภาพให้แปลกและน่าสนใจ

การทำแบบทดสอบทั้ง 3 กิจกรรม เน้นการวาดภาพให้แปลก น่าสนใจ น่าตื่นเต้น และวาดจากความนึกคิดของผู้ทดสอบเอง หรือแสดงเอกลักษณ์ของภาพ กิจกรรมทั้ง 3 ชุด ใช้เวลาทดสอบชุดละ 10 นาที เมื่อหมดเวลาก็ต้องเริ่มทำกิจกรรมชุดถัดไปทันที กิจกรรมทั้ง 3 ชุด จึงใช้เวลารวม 30 นาที สำหรับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อแบบ ข เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบ ก แตกต่างกันเฉพาะสิ่งเร้าที่กำหนด ซึ่งในการทดสอบสามารถเลือกทำเฉพาะแบบใดแบบหนึ่ง และในการทดสอบผู้ควบคุมควรสร้างบรรยากาศในการทดสอบให้เกิดความเป็นกันเอง ไม่ให้เกิดการตื่นเต้นหวาดกลัว การใช้คำพูดเพื่อกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้ผู้ทดสอบเป็นสิ่งจำเป็นในการทำแบบทดสอบ เช่นพูดว่า “แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่ต้องการคำตอบโดยอาศัยการวาดภาพตามที่ท่านคิดว่าแปลกใหม่ที่สุด ซึ่งไม่เคยมีใครวาดมาก่อน พยายามวาดภาพให้แตกต่างจากผู้อื่น และขอให้ทุกท่านเพลิดเพลินกับการวาดภาพในครั้งนี้” การพูดลักษณะดังกล่าวจะมุ่งขจัดความหวาดกลัว และพยายามให้ผู้ทดสอบเกิดความสะดวกสบาย กระตุ้นให้เกิดความอบอุ่นทางจิตใจ ซึ่งแบบทดสอบนี้จะทดสอบเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล แต่ต้องมีการจำกัดเวลา

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ แบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดคล่องตัว (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัด คะแนนความคิดคล่องตัวคือคะแนนที่ได้จากการวาดภาพที่ชัดเจน สื่อความหมายได้ในแต่ละกิจกรรม เช่น กิจกรรมชุดที่ 1 ความคิดคล่องตัวมีเพียง 1 คะแนน กิจกรรมชุดที่ 2 คะแนนความคิดคล่องตัวสูงสุด 10 คะแนน และกิจกรรมชุดที่ 3 คะแนนควำมคิดคล่องตัวสูงสุด 30 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการคิดหลายทิศทาง เป็นลักษณะของความคิดที่ชี้ให้เห็นถึงการคิดหลายมุมมอง คะแนนความคิดยืดหยุ่นคือคะแนนที่ได้จากการจัดประเภทของผลงานที่ผู้ทดสอบทำได้ในแต่ละกิจกรรม ว่ามีประเภทของผลงานที่ซ้ำกันเท่าไร โดยจะให้คะแนนเฉพาะประเภทของผลงาน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดสิ่งแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับผู้อื่น โดยใช้เกณฑ์คำตอบของกลุ่มตั้งแต่ 1-5 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นความคิดแปลกและได้คะแนนมากที่สุด คำตอบที่นักเรียนตอบมามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จัดเป็นความคิดธรรมดา การให้คะแนนในส่วนนี้จัดว่าเป็นการให้คะแนนที่มากที่สุด

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดในรายละเอียดที่นำมาตกแต่งความคิด ครั้งแรกให้สมบูรณ์ แล้วทำให้ได้ภาพชัดเจนและได้ความหมายสมบูรณ์ ดังในภาพที่มีรายละเอียดแต่ละส่วน ให้คะแนนส่วนละ 1 คะแนน การคิดคะแนนความคิดละเอียดลออใช้ช่วงคะแนน เช่น มีรายละเอียดของภาพ 1 ถึง 5 แห่ง = 1 คะแนน เป็นต้น

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ (Thinking Creatively with Words) มี 2 แบบคือ แบบ ก และ แบบ ข เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน แบบทดสอบนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา ลักษณะของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาประกอบด้วยกิจกรรม 7 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมชุดที่ 1 การตั้งคำถาม

เป็นการตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด เพื่อให้รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นมากที่สุด และคำถามที่ตั้งขึ้นนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้เพียงแต่เหลือบดูรูปภาพเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากการใช้ความคิด

กิจกรรมชุดที่ 2 การเดาสาเหตุ

เป็นการเขียนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของรูปภาพในกิจกรรมที่ 1 ให้มากที่สุด

กิจกรรมชุดที่ 3 การเดาผลที่จะเกิดตามมา

เป็นการเขียนผลที่อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากเหตุการณ์ในภาพที่กำหนดให้ในรูปภาพของกิจกรรมที่ 1

กิจกรรมชุดที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น

เป็นการคัดแปลงสิ่งของในภาพที่กำหนดให้ และมากที่สุดเท่าที่จะมากได้

กิจกรรมชุดที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ

เป็นการเขียนรายชื่อหรือบอกรายการสิ่งของที่น่าสนใจและแปลกที่ทำมาจากสิ่งของที่กำหนดให้

กิจกรรมชุดที่ 6 ตั้งคำถามแปลก ๆ

เป็นการตั้งคำถามแปลกเกี่ยวกับสิ่งของต่างๆ ที่กำหนดให้

กิจกรรมที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล

เป็นการเขียนสิ่งที่คิดหรือคาดเดา ถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ที่กำหนด

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาทอร์แรนซ์ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. คะแนนคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณของคำตอบที่ไม่ซ้ำ

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความดิดแปลกๆ แตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 - 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 499 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม

สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

Hu and Adey (2002) ได้พัฒนาแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโมเดลโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Structure Creativity Model: SCSM) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

ฉบับทดสอบภาษา โดยวัดลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. การใช้ประโยชน์ เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับให้มากที่สุดจากการนำสิ่งของที่กำหนดมาให้มาใช้ โดยสถานการณ์นี้ได้กำหนดสิ่งของ คือ แก้วน้ำ

2. การตั้งคำถาม เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนคำถามทางวิทยาศาสตร์มาให้มากที่สุด โดยสถานการณ์สมมติให้นักเรียนสามารถเดินทางไปยังอวกาศได้

3. การปรับปรุงสิ่งของให้ดีขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบปรับปรุงสิ่งของที่กำหนดมาให้ได้มากที่สุด โดยสถานการณ์ให้นักเรียนปรับปรุงเกี่ยวกับจักรยานทั่วไป

4. การคาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนเหตุการณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ให้มากที่สุดในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยสถานการณ์สมมติให้ถ้าโลกนี้ไม่มีแรงโน้มถ่วงจะเกิดอะไรขึ้น

5. การแก้ปัญหา เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหาจากปัญหาที่กำหนดให้ มาให้ได้มากที่สุด โดยสถานการณ์ที่นักเรียนหาวิธีการแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นสี่ส่วนที่เท่า ๆ กัน

6. การออกแบบการทดลอง เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง ซึ่งนำไปสู่วิธีการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้ โดยสถานการณ์ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพของผ้าเช็ดมือ

7. การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนวาดรูปซึ่งแสดงถึงหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ในสิ่งประดิษฐ์นั้น โดยสถานการณ์ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บลูกแอบเปิ้ล

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบได้อิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาของทอร์แรนซ์ โดยแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนจากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำ ภายในเวลาที่กำหนด โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1.1 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

1.2 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 7-9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน ระดับดี

1.3 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 4-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้

1.4 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 1-3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนจากจำนวนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน

2.1 จำนวนกลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

2.2 จำนวนกลุ่มคำตอบ 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน ระดับดี

2.3 จำนวนกลุ่มคำตอบ 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้

2.4 จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

3. ความคิดริเริ่ม ให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่มีความสอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั้งห้อง โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

3.1 คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก

3.2 คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน ระดับดี

3.3 คำตอบที่มีผู้ตอบ 4-6 คน ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้

3.4 คำตอบที่มีผู้ตอบ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม

สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยใช้เสียงและภาษาเป็นสื่อ (Thinking Creatively with Sounds and Words: Sounds and Images) มี 2 แบบคือ แบบ ก และ แบบ ข

สำหรับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้นได้มีขึ้นในครั้งแรกโดยทัศนีย์ พฤกษชลธาร (2518) สร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยลักษณะของแบบทดสอบเป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ฉบับทดสอบภาษาเขียน ประกอบด้วย 3 ข้อ ดังนี้

ข้อ 1 "สมมติว่า" เป็นการกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนเขียนเหตุการณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ให้มากที่สุดในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีคำถามว่า สมมติให้โลกมีหมอกควันหนาแน่นมากจนคนมองเห็นกันแค่ขาเท่านั้นจะเกิดอะไรขึ้น และมันจะทำให้ชีวิตเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง

ข้อ 2 "ทิ้งไข่" เป็นการกำหนดปัญหามาให้แล้วให้นักเรียนคิดวิธีการแก้ปัญหาโดยตั้งคำถามว่า ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลองที่จะทิ้งไข่ดิบ 1 ฟอง ลงจากตึก 3 ชั้น โดย

เมื่อไข่ตกถึงพื้นดินไข่ยังไม่แตก (นักเรียนจะใช้อุปกรณ์ใด ๆ ช่วยก็ได้)

ข้อ 3 "ปลาทอง" เป็นการกำหนดอุปกรณ์ให้ แล้วให้นักเรียนคิดวางแผนและออกแบบการทดลอง โดยให้นักเรียนเอาปลาทองไปทดลองด้วยวิธีแปลก ๆ ใหม่ ๆ โดยไม่ให้ปลาทองบาดเจ็บถึงกับพิการหรือตายได้

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบได้อิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาของทอร์แรนซ์ โดยแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. คะแนนคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณของคำตอบที่ไม่ซ้ำ

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกๆ แตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 - 1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 - 499 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม

สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ละคนคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้บ่งบอกถึงระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้สร้างขึ้นจากสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) โดยได้มีการกำหนดช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
(กระทรวงศึกษาธิการ ,2553)

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

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เบื้องต้น (preliminary) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างดี และจากงานวิจัยของสมรัก อินทวิมลศรี (2560) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีระดับความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป)

จากการศึกษาการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และตัวอย่างเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ อาจจะอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ ภาษาเป็นสื่อ หรือเสียงเป็นสื่อ แต่ต้องเป็นข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดนอกกรอบ และเน้นที่คำตอบที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำเดิม เช่น การวาดภาพ การเขียนเรียงความ การใช้แบบทดสอบ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ ดังนี้

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) ซึ่งเป็นแบบวัดที่เหมาะสมกับนักเรียน

ระดับมัธยมศึกษา และใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของทอร์แรนซ์ โดยวัดลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ประกอบด้วย ข้อคำถามในประเด็นต่าง ๆ จำนวน 7 ประเด็น ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์ เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับให้มากที่สุดจากการนำสิ่งของที่กำหนดมาให้มาใช้

2. การตั้งคำถาม เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนคำถามทางวิทยาศาสตร์มาให้มากที่สุด

3. การปรับปรุงสิ่งของให้ดีขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบปรับปรุงสิ่งของที่กำหนดมาให้ได้มากที่สุด

4. การคาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนเหตุการณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ให้มากที่สุดในสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. การแก้ปัญหา เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหาจากปัญหาที่กำหนดให้มาให้ได้มากที่สุด

6. การออกแบบการทดลอง เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง ซึ่งนำไปสู่วิธีการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้

7. การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนวาดรูปซึ่งแสดงถึงหน้าที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในสิ่งประดิษฐ์นั้น

เมื่อตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้นแล้ว จึงมีการนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ เพื่อบอกถึงระดับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนต่อไป

จากข้อสรุปข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 7 ข้อ ตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) ในแต่ละข้อจะมีการวัดความคิดสร้างสรรค์ใน 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (ข้อ 1-4) ความคิดยืดหยุ่น (ข้อ 1-7) และความคิดริเริ่ม (ข้อ 1-7) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนของทอแรนซ์ ซึ่งการวัดคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม และผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดคิดได้จากผลบวกของคะแนนในแต่ละข้อ จากนั้นนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละตามเกณฑ์ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) เพื่อบอกถึงระดับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะสามารถพัฒนาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับดีขึ้นไป (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นแนวคิดของคนไทยที่พัฒนาต่อยอดมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

เฟื่องลัดดา จิตจักร (2557) ได้ศึกษาการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 184 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ปัญหาเป็นฐานมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 05 ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

วิริยะ ฤๅชัยพานิช (2558) ศึกษาการจัดการเรียนแบบนักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน Creativity-Based Learning (CBL) ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการในการแก้ปัญหาด้วยการวิเคราะห์ปัญหา และอาศัยความคิดสร้างสรรค์ช่วยในการวิเคราะห์ เครื่องมือที่ใช้ มีทั้งหมด 8 กระบวนการ 1) ให้แรงบันดาลใจเพื่อทำให้ปัญหาง่ายขึ้น 2) ศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะได้ค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อคำตอบที่สร้างสรรค์ 3) นักเรียนปรึกษาครูผู้สอนโดยตรง 4) นักเรียนจะได้แก้ปัญหาของตนเองที่ตนได้รับ 5) อาศัยการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน 6) การทำงานเป็นทีม 7) การนำเสนออย่างสร้างสรรค์ และ 8) การประเมินงานร่วมกันของนักเรียน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานจะสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การสื่อสารกันภายในกลุ่ม และการจัดสรรเวลา

ไพลิน แก้วดก (2562) ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน: การวิจัยผสานวิธี พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) และการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่การจัดกิจกรรมการเรียนร์โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์

เป็นฐาน (CBL) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสร้างสรรค์เป็นฐานก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน นักเรียนมีพัฒนาการด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ดีขึ้นทุกด้าน

กนิษฐา พูลลาภ (2563) ศึกษาเรื่อง การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ร่วมกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนผดุงนารี พบว่า ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีระดับความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$ = 51.84, S.D.= 9.94) และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ร่วมกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D.= 0.56)

กรกนก พากิ่ง (2557) ศึกษาการพัฒนากระบวนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนด้วยวิธีสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยกระบวนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

มงคล เรียงณรงค์ และลัดดา ศิลาน้อย (2558) ศึกษาเรื่องการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน นักเรียนร้อยละ 83.33 ผ่านเกณฑ์ และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 78 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน นักเรียนร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.50

บุษยา ธงนำทรัพย์ (2562) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยคนไทย จึงยังไม่มีงานวิจัยต่างประเทศ แต่เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานนั้นพัฒนาต่อยอดมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงขอนำเสนองานวิจัยต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

Alexander (2007) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจในการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเกษตรกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโลกเบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความรู้ ความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจสูง แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้วิจัยได้อภิปรายว่า อาจเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อยเกินไป

Khoiriyah (2018) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา และผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถเพิ่ม (1) ค่าเฉลี่ยของทักษะการแก้ปัญหาได้ 27% (2) ค่าเฉลี่ยของทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ได้ 11% และ (3) ค่าเฉลี่ยผลการเรียนรู้ได้ 13% สรุปได้ว่าครูสามารถนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้เพื่อปรับปรุงทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา และผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้

Sukarto (2017) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ Mind Mapping เพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ และผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนมัธยมต้นในเมดาน ประเทศอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่าทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ และผลการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับ Mind Mapping หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีข้อเสนอแนะให้ครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เครื่องมือ หรือสื่อการเรียนรู้ที่สามารถทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการเรียนการสอนมากขึ้น

Saptenno et al. (2019) ได้ศึกษาการดัดแปลงรูปแบบการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Modified Problem Based Learning) เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์และผลการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักเรียนสายการเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่. 6 จาก Ambon ประเทศอินโดนีเซีย จำนวน 40 คนโดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งสอนโดยใช้ Modified Problem Based Learning (M-PBL) และอีกกลุ่มสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery learning model) ผลการศึกษาพบว่าการใช้รูปแบบการเรียนรู้ M-PBL มีผลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์และผลการเรียนรู้ของนักเรียนดีกว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบค้นพบ

สรุปจากการศึกษางานวิจัย ผลที่ได้มีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานนั้นช่วยส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสนับสนุนว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานนี้สามารถนำมาใช้พัฒนาการเรียนด้านความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

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

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมารีวิทย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 90 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมารีวิทย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 30 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research Design) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design มีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 8 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X_1	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

O_2 แทน การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยา
3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พุทธศักราช 2552 โรงเรียนมารีวิทย์ โดยกำหนดเนื้อหาในสาระชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ซึ่งได้เนื้อหา 4 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 21 คาบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้สาระชีววิทยา เรื่อง โครโมโซม และสารพันธุกรรม

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
โครโมโซม	สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซม และหลักการจำแนกโครโมโซม	4
สารพันธุกรรม	1. อภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำานวนและลำาดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน 4. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม	4
สมบัติของสารพันธุกรรม	1. อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม 2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปกระบวนการจำาลองดีเอ็นเอ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 4. อธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 5. เปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต	9
มิวเทชัน	1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม 2. ยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม	4
	รวม	21

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 4 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 สาระสำคัญ

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.4.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นกระตุ้นความอยากรู้ กระตุ้นความสนใจ

2) ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

3) ค้นคว้าและคิด

4) นำเสนอ

5) ประเมินผล

1.4.5 สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1.4.6 การวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่างๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมซึ่งประยุกต์จากพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสม ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.95 อยู่ในระดับดีมากที่สุด

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยมีการปรับปรุงการเพิ่มสมรรถนะลงในแผนการจัดการเรียนรู้

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนมารีวิทย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตและให้คำปรึกษาระหว่างการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้านต่างๆ 6 ด้าน คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์		
โครโมโซม	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซม และหลักการจำแนกโครโมโซม	2 (1)	2 (1)	- -	- -	- -	- -	4	2
สารพันธุกรรม	1. อภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	- -	- -	- -	- -	2 (1)	- -	2	1
	2. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA	2 (1)	- -	- -	- -	- -	- -	2	1

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์		
	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน	- -	2 (1)	2 (1)	2 (1)	- -	- -	6	3
	4. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม	- -	- -	2 (1)	2 (1)	- -	- -	4	2
สมบัติของสารพันธุกรรม	1. อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม	2 (1)	- -	- -	- -	2 (1)	- -	4	2
	2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ	- -	- -	2 (1)	- -	4 (2)	2 (1)	8	4
	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	2 (1)	2 (1)	- -	- -	- -	4 (2)	8	4
	4. อธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	- -	2 (1)	- -	- -	2 (1)	- -	4	2
	5. เปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต	2 (1)	- -	2 (1)	2 (1)	- -	- -	6	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์		
มิวเทชัน	1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม	- -	- -	- -	2 (1)	- -	- -	2	1
	2. ยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซมและโครโมโซม	- -	2 (1)	2 (1)	2 (1)	2 (1)	2 (1)	10	5
	รวม	5	5	5	5	6	4		
				รวม				60	30

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยา แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL)

และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีค่าความสอดคล้อง อยู่ระหว่างที่ 0.60 - 1.00

2.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมารีวิทย์ที่ผ่านการเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรมมาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาตรวจสอบให้คะแนน โดยให้คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 คำตอบในข้อเดียวกัน แล้ววิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (P) (กังวล เทียนกัณฑ์เทศ, 2540, หน้า 119) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ดัชนีวัดค่าอำนาจจำแนก B (Brennan, 1972 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2559, หน้า 121) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ -1 ถึง +1 (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559, หน้า 122) จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.38 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.25 – 0.38

2.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างข้อสอบที่กำหนด

2.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีของโลเวทท์ (Lovett) ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบ และกำหนดตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ใช้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้เป็นข้อความตัวชี้วัดของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังรายละเอียดในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตารางแสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
1. ความคิดคล่อง	ความสามารถในการคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาที่จำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น	ความสามารถในการคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทาง และสอดคล้องกับสถานการณ์
3. ความคิดริเริ่ม	ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่น และสอดคล้องกับสถานการณ์

3.3 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมตามแนวคิดของ Hu and Adey (2002) โดยเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย มีข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะวัดใน 3 ด้าน ได้แก่ความคิดคล่อง (ข้อ 1-4) จับเวลาในการทำข้อละ 2 นาที ความคิดยืดหยุ่น (ข้อ 1-7) และความคิดริเริ่ม (ข้อ 1-7) โดยข้อคำถามข้อที่ 1-4 เป็นข้อคำถามที่ให้นักเรียนบอกถึงการใช้ประโยชน์ การตั้งคำถาม การปรับปรุงสิ่งของให้ดีขึ้น การคาดเดาเหตุการณ์ ข้อที่ 5-7 เป็นข้อคำถามที่ให้แก้ปัญหาออกแบบการทดลอง และออกแบบสิ่งประดิษฐ์ ใช้เวลาทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 60 นาที

3.4 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการตรวจคำตอบของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แนวทางของทอแรนซ์ (Torrance, 1992) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้อ 1-7 (Hu & Adey, 2002 ; Torrance, 1992)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ระดับความสามารถ
ความคิดคล่อง จำนวน 4 ข้อ (ข้อ 1-4)	4 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 16 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน กำหนดเวลา 2 นาที มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบ 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบ 7-9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบ 4-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบ 1-3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดยืดหยุ่น จำนวน 7 ข้อ (ข้อ 1-7)	7 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 28 คะแนน	ให้คะแนนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม และมีแนวทางเดียวกัน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. กลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. กลุ่มคำตอบ 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน 3. กลุ่มคำตอบ 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน 4. กลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดริเริ่ม จำนวน 7 ข้อ (ข้อ 1-7)	7 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 28 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม และมีความแตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนทั้งห้อง มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบที่มีผู้ตอบ 4-6 คน ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
รวมทั้งฉบับ	72 คะแนน		

3.5 กำหนดช่วงคะแนนร้อยละ และระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ดังตารางที่ 7 ได้แก่ ช่วงคะแนนร้อยละ 0-49 จัดอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ 50-54 จัดอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 55-59 จัดอยู่ในระดับพอใช้ 60-64 จัดอยู่ในระดับปานกลาง 65-69 จัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี 70-74 จัดอยู่ในระดับดี 75-79 จัดอยู่ในระดับดีมาก และ 80-100 จัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม

3.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ช่วงคะแนนร้อยละที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวชี้วัดพฤติกรรม และการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.7 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ช่วงคะแนนร้อยละที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความตรง (IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด และลักษณะการใช้คำถาม โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

แบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป ประยุกต์จากพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

3.8 จัดพิมพ์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมารีวิทย์ที่ผ่านการเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรมมาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

3.9 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล และ

คณะ, 2558) และตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ของความคงตัวภายใน โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient) จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่าย (*P*) เท่ากับ 0.50 ค่าอำนาจจำแนก (*r*) เท่ากับ 0.41 และค่าสัมประสิทธิ์ของความคงตัวภายใน โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.70 0.87 และ 0.85 ในองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ด้านคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่ม ตามลำดับ

3.10 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน และผู้วิจัย (Inter-rater relibility) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (สุรชัย มีธาตุ, 2547) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัย

3.11 จัดพิมพ์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาจำนวน 1 ห้องเรียน เป็นกลุ่มทดลอง
2. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน
3. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว
4. ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง เนื้อหาเรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ใช้เวลาสอน 21 คาบ
5. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยา และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
6. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาชีววิทยาและผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าสถิติของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติทดสอบ Paired-Samples T Test (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการทดสอบ t-test แบบ One Sample (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

3. วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป) ด้วยการทดสอบ t-test แบบ One Sample (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\overline{\mathrm{X}}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\overline{\mathrm{X}} = \frac{\sum \mathrm{X}}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$\left(\sum X\right)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 108)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยดัชนีวัดค่าอำนาจจำแนก B ซึ่งพิจารณาจากความรอบรู้ (Mastery) และความไม่รอบรู้ (Nonmastery) ของผู้ที่ถูกทดสอบ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดเป็นจุดตัดจากคะแนนรวมของผลการทดสอบ (Brennan, 1972 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 121) มีแนวทางการคำนวณดังนี้

ข้อคำถาม	ผู้ที่ไม่รอบรู้	ผู้ที่รอบรู้
ตอบได้ถูกต้อง	a	b
ตอบไม่ถูกต้อง	c	d

ผลการทดสอบ

ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$B = \frac{b}{b+d} - \frac{a}{a+c}$$

โดยที่ a b c d เป็นจำนวนผู้ที่สอบในแต่ละกลุ่ม

ค่าดัชนีมีพิสัยระหว่าง -1 ถึง +1 ค่า B ที่เป็นบวก ข้อคำถามมีอำนาจจำแนกระหว่างผู้ที่มีความรอบรู้กับผู้ที่ไม่รอบรู้

2.3 หาค่าความยากง่าย (p) มีสูตร ดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

โดยที่ p คือ ค่าความยากของข้อสอบ

R คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก

N คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

เกณฑ์พิจารณาค่าระดับความยากของข้อสอบ โดยทั่วไปจะกำหนดค่าระดับความยากที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่า 0.20 ข้อสอบข้อนั้นยากเกินไป ถ้าค่าที่ได้เกิน 0.80 ข้อสอบข้อนั้นง่ายเกินไป (กังวล เทียนกัณฑ์เทศ, 2540, หน้า 119)

2.4 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett) คำนวณได้จากสูตร (Lovett, 241-243 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 25-36)

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

เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อสอบ

X_i แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

C แทน คะแนนจุดตัด

2.5 หาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 108)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.6 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยดัชนีวัดค่าอำนาจจำแนก B ซึ่งพิจารณาจากความรอบรู้ (Mastery) และความไม่รอบรู้ (Nonmastery) ของผู้ที่ถูกทดสอบ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดเป็นจุดตัดจากคะแนนรวมของผลการทดสอบ (Brennan, 1972 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 121) มีแนวทางการคำนวณดังนี้

ข้อคำถาม	ผู้ที่ไม่รอบรู้	ผู้ที่รอบรู้
ตอบได้ถูกต้อง	a	b
ตอบไม่ถูกต้อง	c	d

ผลการทดสอบ

ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$B = \frac{b}{b+d} - \frac{a}{a+c}$$

โดยที่ a b c d เป็นจำนวนผู้ที่สอบในแต่ละกลุ่ม

ค่าดัชนีมีพิสัยระหว่าง -1 ถึง +1 ค่า B ที่เป็นบวก ข้อคำถามมีอำนาจจำแนกระหว่างผู้ที่มีความรอบรู้กับผู้ที่ไม่รอบรู้

2.7 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีสูตรดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

โดยที่ p คือ ค่าความยากของข้อสอบ

R คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก

N คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

เกณฑ์พิจารณาค่าระดับความยากของข้อสอบ โดยทั่วไปจะกำหนดค่าระดับความยากที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่า 0.20 ข้อสอบข้อนั้นยากเกินไป ถ้าค่าที่ได้เกิน 0.80 ข้อสอบข้อนั้นง่ายเกินไป (กังวล เทียนกัณฑ์เทศ, 2540, หน้า 119)

2.8 หาความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbuch) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample เพื่อทดสอบสมมติฐาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ทดสอบค่าเฉลี่ยของคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ที่กำหนดว่าสูงกว่าเกณฑ์หรือไม่ โดยใช้สูตร t-test for One –Sample (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning) เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีการนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
df	แทน	ระดับแห่งความเป็นอิสระ
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	**n**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนก่อนเรียน**		**คะแนนหลังเรียน**		***df***	***t***	***p*** **(1- tailed)**
			$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD			
จำ	30	5	2.73	1.1427	4.53	0.6815	29	10.256	0.000
เข้าใจ	30	5	2.10	1.3488	3.73	1.0487	29	8.147	0.000
ประยุกต์ใช้	30	4	1.67	0.8841	2.83	0.9129	29	5.887	0.000
วิเคราะห์	30	6	2.27	1.0816	4.10	1.155	29	8.328	0.000
ประเมินค่า	30	6	2.87	1.332	4.40	1.133	29	7.818	0.000
สร้างสรรค์	30	4	0.93	0.980	2.57	0.972	29	7.527	0.000
รวม	**30**	**30**	**12.53**	**2.23**	**22.37**	**3.68**	**29**	**20.007**	0.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 12.57 และ 22.16 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 (ภาคผนวก ข-10 หน้า 145)

เมื่อพิจารณาแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ภาคผนวก ข-12 หน้า 148)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประยุกต์ใช้ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่า และ 6) สร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**คะแนนพัฒนาการ**	**ลำดับร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ**
	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$		
จำ	54.60	90.60	36.00	2
เข้าใจ	42.00	74.60	32.60	3
ประยุกต์ใช้	41.75	70.75	29.00	5
วิเคราะห์	37.83	68.33	30.50	4
ประเมินค่า	47.83	73.33	25.50	6
สร้างสรรค์	23.25	64.25	41.00	1

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) สร้างสรรค์ 2) จำ 3) เข้าใจ 4) วิเคราะห์ 5) ประยุกต์ใช้ 6) ประเมินค่า ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวอห์ล ได้แก่ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประยุกต์ใช้ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่า 6) สร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนน 30 คะแนน) ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนน 30 คะแนน)

พฤติกรรมการเรียนรู้	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70	หลังเรียน		t	p (1- tailed)
				$\bar{X}$	SD		
จำ	30	5	3.50	4.53	0.6815	8.279	0.000
เข้าใจ	30	5	3.50	3.73	1.0487	1.201	0.000
ประยุกต์ใช้	30	4	2.80	2.83	0.9129	0.180	0.000
วิเคราะห์	30	6	4.20	4.10	1.155	-0.474	0.000
ประเมินค่า	30	6	4.20	4.40	1.133	0.974	0.000
สร้างสรรค์	30	4	2.80	2.57	0.972	-1.297	0.000
รวม	30	30	21	22.37	2.24	3.350	0.000

*$p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 22.37 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (ภาคผนวก ข-14 หน้า 151) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนี้ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และประเมินค่า มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนด้านวิเคราะห์ และสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของแอนเดอร์สันและคราวออห์ล ได้แก่ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประยุกต์ใช้ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่า 6) สร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

พฤติกรรมการเรียนรู้	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70	คะแนนหลังเรียน ($\bar{X}$)	ผลต่างระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70	ลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียน
จำ	3.50	4.53	1.03	1
เข้าใจ	3.50	3.73	0.23	2
ประยุกต์ใช้	2.80	2.83	0.03	4
วิเคราะห์	4.20	4.10	- 0.1	5
ประเมินค่า	4.20	4.40	0.2	3
สร้างสรรค์	2.80	2.57	- 0.23	6

จากตารางที่ 16 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้แก่ด้านจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และประเมินค่า ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนของพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านวิเคราะห์ และสร้างสรรค์หลังเรียนน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประเมินค่า 4) ประยุกต์ใช้ 5) วิเคราะห์ 6) สร้างสรรค์ ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป) แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป)

องค์ประกอบ	n	คะแนนเต็ม	เกณฑ์	$\bar{X}$	SD	t	p (1- tailed)
ความคิดคล่อง	30	16	11	12.13	1.55	42.94	0.00
ความคิดยืดหยุ่น	30	28	20	21.23	1.77	65.52	0.00
ความคิดริเริ่ม	30	28	20	21.30	2.23	52.30	0.00
รวม	30	72	51	54.67	5.17	57.93	0.00

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง 12.13 ความคิดยืดหยุ่น 21.23 ความคิดริเริ่ม 21.30 ค่าเฉลี่ยคะแนนรวม 54.67 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (51 คะแนน จากคะแนนเต็ม 72 คะแนน) พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 (ภาคผนวก ข-15 หน้า 152)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความคิดคล่อง 2) ด้านความคิดยืดหยุ่น 3) ด้านความคิดริเริ่ม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

องค์ประกอบ	**คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70**	**คะแนนหลังเรียน ($\bar{X}$)**	**ร้อยละคะแนนหลังเรียน ($\bar{X}_{ร้อยละ}$)**	**ลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียน**
ความคิดคล่อง	11.00	12.13	75.81	3
ความคิดยืดหยุ่น	20.00	21.23	75.82	2
ความคิดริเริ่ม	20.00	21.30	76.07	1

จากตารางที่ 18 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยสามารถเรียงลำดับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดยืดหยุ่น3) ความคิดคล่อง ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning) วิชาชีววิทยา เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียน มารีวิทย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน ที่ได้มาจากการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม จำนวน 4 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.38-0.69 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.38 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 และ 3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 7 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ที่ 0.50 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ที่ 0.41 มีค่าความเชื่อมั่นในแต่ละด้าน ดังนี้ ด้านความคิดคล่องเท่ากับ 0.7 (พอใช้) ด้านความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 0.87 (ดี) และด้านความคิดริเริ่มเท่ากับ 0.85 (ดี) การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi –Experimental Research Design) ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการใช้การทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample *t-test*) และเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One sample *t-test*)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (ระดับดีขึ้นไป) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม มีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวมีจุดเด่นสำคัญคือ การเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิด โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิด ทักษะการนำเสนอ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่มอย่างสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยการใช้สื่อ กิจกรรม ข่าวสาร ปัญหาหรือสถานการณ์รอบ ๆ ตัวของนักเรียนมาใช้เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน ให้นักเรียนอยากรู้อยากหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป เช่นในเรื่องโครโมโซม ครูมีสถานการณ์ขึ้นมาโดยใช้เชือกและถ้วยพลาสติก โดยนักเรียนจะต้องใส่เชือกลงไปในถ้วยพลาสติกให้ได้ โดยมีเงื่อนไขคือ เชือกตลอดทั้งเส้นมีประจุเป็นประจุลบ ทำให้ไม่สามารถขดเชือกเข้าหากันได้ ให้นักเรียนลองแก้ไขสถานการณ์นี้ดู โดยมีอุปกรณ์เสริมคือดินน้ำมัน ซึ่งนักเรียนก็มีแนวคิดที่หลากหลาย และสังเกตพบว่านักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นมากที่จะแสดงความคิดเห็น

ขั้นที่ 2 ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ เป็นขั้นที่มีการใช้ปัญหาจากขั้นตอนกระตุ้นความสนใจเป็นตัวนำ โดยปัญหานั้นจะเกิดจากตัวผู้เรียนเอง จากการปล่อยให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย หลังจากค้นพบปัญหาจึงทำการแบ่งกลุ่มตามความสนใจของผู้เรียน โดยที่จำนวนของกลุ่มจะตั้งขึ้นตามจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 ค้นคว้าและคิด เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยใช้สื่ออินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการสืบค้นข้อมูล และผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด โดยหลีกเลี่ยงการตัดสิน และการอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียดอันจะเป็นการส่งผลให้ผู้เรียนหมดอิสระทางความคิด บทบาทของผู้สอนคือการช่วยชี้แนะ หรือบอกแหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมให้แก่นักเรียน

ขั้นที่ 4 นำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะนำเสนอผลงานของตนเองที่ได้ไปค้นคว้าและคิดออกมา โดยที่ผู้สอนควรปล่อยให้ผู้เรียนนำเสนอจนจบ โดยไม่จำเป็นต้องแทรกแซงระหว่างนำเสนอ แสดงความคิดเห็น หรือซักถาม ผู้ที่มีหน้าที่หลักในการแสดงความคิดเห็นหรือซักถามนั้นคือนักเรียนร่วมชั้น เมื่อจบการนำเสนอ ครูผู้สอนจึงเปิดประเด็นให้มีการซักถามในชั้นเรียน ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา และการค้นพบประเด็นใหม่ ๆ จากการซักถามในชั้นเรียน โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ควบคุมคำถาม และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้อยู่ในประเด็น ไม่หลุดจากเนื้อหามากนัก

ขั้นที่ 5 ประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่ผู้เรียนได้ทำมาตลอดเวลาของการเรียนรู้ โดยประเมินผลครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยมีการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินในด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สำหรับด้านความรู้จะมีแบบทดสอบให้นักเรียนทำท้ายคาบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาความรู้แบบรายบุคคล ส่วนการประเมินในด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง และประเมินเพื่อนร่วมชั้นในขณะที่เพื่อนมีการนำเสนอผลงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning: CBL) เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง รวมถึงทักษะที่สำคัญต่าง ๆ เช่น ทักษะการนำเสนอ ทักษะการคิด ทักษะการทำงานเป็นทีม การเรียนเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรม ตัวอย่างเช่น การใช้วัสดุง่าย ๆ เช่น เชือก ดินน้ำมัน ถ้วย มาทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

การจำลองโครงสร้าง DNA ด้วยวัสดุสร้างสรรค์ เช่น ลูกปัด ดินน้ำมัน หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3D นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้ง และจดจำได้ดีกว่าการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว จากผลดังกล่าว ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานช่วยกระตุ้นความสนใจ และความเข้าใจด้วยการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ในเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม ซึ่งเป็นหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงกับเรื่องราวใกล้ตัวได้ เช่น การศึกษาลักษณะพันธุกรรมของคนในครอบครัว หรือการเชื่อมโยงกับโรคทางพันธุกรรม การออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับประสบการณ์จริงของนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของสิ่งที่เรียน และเกิดความกระตือรือร้นที่จะศึกษาเพิ่มเติม นักเรียนอาจได้รับโจทย์ให้วางแผนสร้าง “DNA Model” ที่มีความทนทานและสวยงาม หรือค้นคว้าหาความรู้หาคำอธิบายมาตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น “ทำไมจึงเกิดโรคทางพันธุกรรมบางโรคในสัตว์และมนุษย์” การแก้โจทย์เหล่านี้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างสร้างสรรค์และฝึกการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ยังมีการจัดกิจกรรมกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนฝึกทำงานร่วมกัน และแลกเปลี่ยนไอเดีย ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในการเรียนการสอนยังสนับสนุนให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการค้นคว้าข้อมูล การสร้างสื่อสร้างสรรค์ เช่น แบบจำลองดีเอ็นเอ

การสอนเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมในรูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริงได้ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาทักษะทางความคิดสร้างสรรค์ที่สำคัญในยุคปัจจุบัน การผสมผสานระหว่างการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์นี้ไม่เพียงเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ยังสร้างแรงบันดาลใจให้เยาวชนก้าวเข้าสู่การเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต

จากผลการวิจัย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการในด้านสร้างสรรค์สูงที่สุดเป็นอันดับ 1 โดยมีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41 อันดับที่สองคือด้านจำ มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 36 อันดับที่ 3 คือ ด้านเข้าใจ มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 32.60 อันดับที่ 4 ด้านวิเคราะห์ มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 30.50 อันดับที่ 5 ด้านประยุกต์ใช้ มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 29.00 อันดับที่ 6 ด้านประเมินค่า มีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 25.50 จะเห็นได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม มีคะแนนพัฒนาการในด้านสร้างสรรค์มากที่สุด เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกพัฒนาทักษะการคิดอย่างต่อเนื่องในทุกคาบเรียน ซึ่งจากกระบวนการเรียนที่เน้นทักษะการคิด และทักษะการตั้งปัญหาจนนำไปสู่การค้นคว้าคำตอบ รวบรวมข้อมูล และ

สรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการในด้านจำ และเข้าใจรองลงมาเป็นอันดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนในด้านวิเคราะห์ ด้านการประยุกต์ใช้ และด้านการประเมินค่าก็มีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นมาเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ครบทั้ง 6 ด้าน

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning: CBL) วิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของวิพรพรรณ ศรีสุธรรม (2562) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่านักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 74.57 ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และเมื่อ พิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้แก่ ด้านจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และประเมินค่า ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนของพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านวิเคราะห์ และสร้างสรรค์หลังเรียนน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) จำ 2) เข้าใจ 3) ประเมินค่า 4) ประยุกต์ใช้ 5) วิเคราะห์ 6) สร้างสรรค์ ตามลำดับ จากผลการวิจัยดังกล่าวอาจเป็นไปได้ว่าเนื้อหาเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม เป็นเรื่องที่มีโครงสร้างความรู้ชัดเจน ต้องอาศัยการท่องจำโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการที่ซับซ้อน เช่น โครงสร้างของ DNA และ RNA กระบวนการแปลรหัส และถอดรหัส กระบวนการเกิดมิวเทชัน ทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำ (Remember) และเข้าใจ (Understand) ได้ง่ายกว่าการนำไปวิเคราะห์หรือสร้างสรรค์ อีกทั้งวิชาชีววิทยาในหัวข้อนี้มักเกี่ยวข้องกับ กระบวนการทางชีวภาพที่มีลำดับขั้นตอนแน่นอน ซึ่งเอื้อต่อการประยุกต์ใช้ (Apply) และประเมินค่า (Evaluate) ได้ดี แต่การออกแบบกิจกรรมเพื่อพัฒนาการวิเคราะห์และสร้างสรรค์ อาจต้องใช้เวลาหรือเครื่องมือเฉพาะทางมากขึ้น เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวจึง

อาจทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนของพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านวิเคราะห์ และสร้างสรรค์หลังเรียนน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

แม้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานจะเน้นให้ผู้เรียน คิดนอกกรอบและสร้างสรรค์ผลงาน แต่ในวิชาชีววิทยาที่มีเนื้อหาเชิงโครงสร้างชัดเจน การสร้างสรรค์อาจถูกจำกัดโดยขอบเขตของเนื้อหาวิชา เช่น การศึกษาดีเอ็นเอและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอาจต้องอ้างอิงหลักการที่ตายตัว ทำให้การสร้างสรรค์ไม่หลากหลายอาจเป็นผลให้ค่าเฉลี่ยคะแนนของพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านวิเคราะห์ และสร้างสรรค์หลังเรียนน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

เมื่อนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาพิจารณารายบุคคล พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรมทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอีกด้วย ในทางกลับกันนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับเกณฑ์มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 เมื่อสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคลทำให้ทราบว่านักเรียนจำนวน 3 คนเป็นนักดนตรีของโรงเรียน และในช่วงที่มีการเรียนการสอน นักเรียนต้องไปซ้อมดนตรี ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเข้าเรียนได้ทุกชั่วโมง และเมื่อต้องอ่านหนังสือทบทวนด้วยตนเองทำให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ไม่ครบทุกส่วน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ ดังนั้น ครูควรจัดสรรเวลาอื่น ๆ ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานนั้นจะมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดผ่านการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกับเพื่อน ๆ ซึ่งเป็นการพัฒนาทั้งองค์ความรู้และทักษะการคิดให้กับนักเรียน และสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของไพลิน แก้วดก (2562) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน: วิจัยผสานวิธี พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่มีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ และไม่ได้มีกิจกรรมที่กระตุ้นทักษะการคิดให้นักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่าองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดริเริ่มมีร้อยละของคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 76.07 รองลงมาคือด้านความคิดยืดหยุ่นมีร้อยละของคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 75.82 และด้านความคิดคล่องมีร้อยละของคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 75.81 ซึ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทั้งสามด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และจัดอยู่ในระดับดี ในส่วนของคะแนนด้านความคิดริเริ่ม พบว่าคะแนนในด้านนี้สูงสุด อาจเป็นเพราะเนื้อหาเรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดค้นแนวทางใหม่ ๆ หรืออธิบายแนวคิดเกี่ยวกับพันธุกรรมในรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น การตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเกิดมิวเทชันของยีน หรือการเชื่อมโยงความรู้กับเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งกระตุ้นให้นักเรียนสร้างสรรค์คำอธิบายที่ไม่ซ้ำกับรูปแบบเดิม ในด้านความคิดยืดหยุ่นมีคะแนนในด้านนี้รองลงมา สะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนในการปรับเปลี่ยนมุมมอง หรือเปลี่ยนแนวคิดเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับพันธุกรรมได้หลายแง่มุม การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมักส่งเสริมให้เกิดการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรือการเชื่อมโยงเนื้อหากับประเด็นที่หลากหลาย เช่น การประยุกต์ใช้พันธุศาสตร์ในการแพทย์หรือเกษตรกรรม อย่างไรก็ตาม คะแนนในด้านนี้อาจต่ำกว่าด้านความคิดริเริ่มเล็กน้อย เพราะการฝึกคิดอย่างยืดหยุ่นอาจต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนมากกว่าความคิดริเริ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของสมรัก อินทวิมลศรี (2560) พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในระดับดีขึ้นไป โดยคะแนนความคิดริเริ่มสูงกว่าคะแนนความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น และคะแนนในความคิดคล่อง คะแนนด้านนี้ใกล้เคียงกับด้านความคิดยืดหยุ่น แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างคำตอบหรือแนวคิดได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถนำเสนอความคิดในเชิงสร้างสรรค์เกี่ยวกับพันธุกรรมได้ อย่างไรก็ตาม คะแนนอาจไม่ได้สูงกว่าด้านความคิดริเริ่ม เนื่องจากแม้การคิดได้รวดเร็วและมีไอเดียจำนวนมาก แต่หากขาดความแปลกใหม่และลึกซึ้ง อาจส่งผลต่อคุณภาพของคำตอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amabile (1996) ที่กล่าวว่าในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในด้านต่าง ๆ การฝึกฝนและประสบการณ์เป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะในความคิดที่ต้องใช้การปรับเปลี่ยนมุมมองและคิดอย่างรวดเร็ว และ Mumford and Gustafson (1988) ที่กล่าวถึงการพัฒนาความคิดยืดหยุ่นและคล่องแคล่วจำเป็นต้องใช้เวลาฝึกฝนมากกว่าความคิดริเริ่ม คะแนนในแต่ละองค์ประกอบสะท้อนถึงผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในระดับที่ดี โดย ความคิดริเริ่ม

ได้รับคะแนนสูงสุด เนื่องจากเป็นทักษะที่ได้รับการกระตุ้นผ่านการคิดค้นแนวคิดใหม่ ๆ ส่วน ความคิดยืดหยุ่นและความคิดคล่อง อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงและปรับเปลี่ยนแนวคิดได้ดี แต่ยังอาจต้องการการฝึกฝนเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการคิด กระบวนการค้นคว้าข้อมูล การทำงานเป็นทีม และการนำเสนอความรู้ที่ได้รับ กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนระบุปัญหาตามความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจและนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาตอบสิ่งที่สนใจได้ โดยนักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ ซึ่งสอดคล้องกับ วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558) ที่กล่าวว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และปัญหาการเรียนการสอนในประเทศไทย โดยการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานนี้จะสามารถสร้างทักษะในการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม ทักษะในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการศึกษา พบว่า ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ดังนี้

1.1 จากการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลที่หลากหลาย ทำให้เนื้อหาที่สืบค้นมีความจำกัด และบางครั้งอาจขาดความถูกต้อง ดังนั้น ผู้สอนควรเตรียมตัวอย่างแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือไว้ล่วงหน้า พร้อมทั้งสอนวิธีการสืบค้นและประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลให้กับนักเรียนในช่วงเริ่มต้นของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนมีทักษะในการค้นคว้าและเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดกระบวนการเรียนรู้

1.2 ในช่วงที่มีการปล่อยให้นักเรียนได้ค้นคว้าและคิด ครูไม่ควรบอกคำตอบตรง ๆ กับนักเรียน เมื่อนักเรียนมาถามหรือเกิดความสงสัย แต่ควรจะชี้แนะแนวทาง หรือแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการค้นคว้าและคิดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.3 ในขั้นตอนการตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ อาจพบว่ามีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ได้มีความสนใจในปัญหานั้นจริง ๆ แต่อาจเลือกกลุ่มปัญหาตามเพื่อนสนิท ดังนั้นจึงควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจความสนใจของตนเองก่อนที่จะแบ่งกลุ่ม โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบหรือกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนรู้จักความสนใจและความสามารถของตนเอง เช่น การสำรวจหัวข้อที่นักเรียนชื่นชอบหรืออยากเรียนรู้เพิ่มเติม และเชื่อมโยงมาสู่บทเรียนในคาบนั้น ๆ

1.4 หลังจบกิจกรรมการเรียนรู้ ควรเพิ่มกิจกรรมสะท้อนความคิดหลังการเรียน เช่น กิจกรรมสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection) เพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์สิ่งที่ตนเองเรียนรู้ และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น การให้เขียนสรุปแนวคิดหลัก หรือการนำเสนอไอเดียเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านโครโมโซมและสารพันธุกรรมในชีวิตประจำวัน

1.5 ในขั้นนำเสนอ ควรให้นักเรียนทุกคนที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มได้มีโอกาสในการได้พูดนำเสนอผลงาน ความรู้หรือวิธีแก้ปัญหาที่ได้จากการค้นคว้าและคิด เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกทักษะการนำเสนออย่างเท่าเทียมกัน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานในเนื้อหาวิชาชีววิทยาเรื่องอื่น ๆ เพื่อฝึกทักษะให้นักเรียนมีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และได้รับแนวทางหรือประสบการณ์ในการเรียนวิชาชีววิทยา

2.2 ควรมีการศึกษาผลกระทบของการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานต่อทักษะอื่น ๆ ของนักเรียนนอกเหนือจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมนักเรียนในหลากหลายทักษะ ซึ่งจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม พบว่า ในระหว่างขั้นตอนการทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้น มีส่วนร่วมภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน มีพัฒนาการทางด้านการนำเสนอที่ชัดเจนในคาบท้าย ๆ ของการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะในการสื่อสารและการนำเสนอมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปเป็นตัวแปรในการวิจัยครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

กนิษฐา พูลลาภ. (2563). การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนผดุงนารี.ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กรกนก พากิ่ง. (2557). *การพัฒนากระบวนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กลุ่มงานหลักสูตรชีววิทยาโรงเรียนมารีวิทย์. สัมภาษณ์ 7 กรกฎาคม 2565.

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

จีรวรรณ ธานี. (2542). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (แผนการเรียนศิลปภาษา) ในโรงเรียนรัฐบาล เขตการศึกษา 10. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชยพัทธ์ ศรีกรด. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5*E) *ร่วมกับเทคนิคแผนผังทางปัญญา วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: ด่านสุธาการพิมพ์.

โชติกา ภาษีผล ณัฏฐรัตน์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนากานนท์. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวีศักดิ์ แก้วทอน. (2546). *ผลของการใช้แบบฝึกกิจกรรมต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,

ทองจันทร์ หงศ์ลดารมณ์. (2538). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem Based Learning). *ข่าวสารกองบริการการศึกษา*, *6*(58), 5-25.

ทัศนีย์ พฤกษชลธาร. (2518). *การสร้างแบบสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพย์รัตน์ มังกรทอง. (2558). การศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Veridian E-Journal, Silpakorn University, 8*(1), 842-855.

ทิศนา แขมมณี. (2540). *การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด.* กรุงเทพฯ: โครงการพัฒนาการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

ทิศนา แขมมณี. (2548). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุษยา ธงนำทรัพย์. (2562). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิจัยการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้า ออฟ เคอร์มีสท์.

ไพลิน แก้วดก. (2562). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน: การวิจัยผสานวิธี. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *25*(1), 206-224.

เฟื่องลัดดา จิตจักร. (2557). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์ฯ.

มงคล เรียงณรงค์ และลัดดา ศิลาน้อย. (2558). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *38*(4), 141-147.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem Based Learning). *วารสารวิชาการ*, *5*(2), 11-17.

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

รัชนีกร หงส์พนัส. (2547). การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน: ความหมายสู่การเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม. *วารสารมนุษยศาสตร์ปริทรรศน์*, *26*, 44-53.

รัตนาวรรณ ธนานุรักษ์. (2547). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยวัฏจักรการเรียนรู้กลุ่ม*

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

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

ละออ ปิ่นทอง. (2549). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องหลักธรรมทางพระพุทธศาสนาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้วิธีสอนตามรูปแบบการสอนแบบกลุ่มร่วมมือกิจกรรม* STAD *กับวิธีสอนตามปกติ.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

ลัดดา ศิลาน้อย. (2558). การวิจัยพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส 21103 สังคมศึกษา 2. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *38*(4), 141-148.

วรารัตน์ กาแปง. (2561). *สรุปความหมาย/ความสำคัญ/ประโยชน์ ของวิทยาศาสตร์.* จาก https://wbscport.dusit.ac.th/

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: ตถาตาพับลิเคชั่น.

วิพรพรรณ ศรีสุธรรม. (2562). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตรศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์. (2558). การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน Creativity-based Learning (CBL). *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, *1*(2), 23-37.

ศรายุทธ ชาญนคร. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องบรรยากาศด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์.ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34*, ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศันสนีย์ วิชาโรจน์. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการชีววิทยา.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ศุภพงษ์ คล้ายคลึง. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่ม*

วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *การวัดผลประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สมใจ อลิสานันท์. (2548). *ผลการใช้แผนภูมิมโนทัศน์ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

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

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา* Educational research (พิมพ์ครั้งที่ 8). ม.ป.ท.

สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). *ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *โครงการวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน.* กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนานวัตกรรมการจัดการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สิริลักษณ์ นิติธรรมกุล. (2554). *ความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.

สุปรียา วงษ์ตระหง่าน. (2545). การจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-based Learning). *ข่าวสารกองบริการการศึกษา*, *14*(10), 1-4.

สุรชัย มีธาตุ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษศาสตร์*, *10*(2), 114-126.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์การสอนคิดสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อนรรฆ สมพงษ์ และลดาวัลย์ มะลิไทย. (2560). *การศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานในรายวิชาการศึกษาเอกสารและหลักฐานทางประวัติศาสตร์.* คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

อารี พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ 1412.

Alexander, K.L. (2007). *Effects Instruction in Creative Problem Solving on Cognition, Creativity, and Satisfaction among Ninth Grade Students in an Introduction to World Agricultural Science and Technology Course.* Texas Tech University.

Amabile, T. M. (1996). A model of creativity and innovation in organizations. In B. M.

Staw & L. L. Cummings (Eds.). *Research in organizational behavior.Greenwich, CT: JAI Press., 10*, 123–167.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.* New York: Addison Wesley Longman.

Ayas, M. B., & Sak, U. (2014). Objective measure of scientific creativity: Psychometric validity of the creative scientific ability test. *Thinking Skills and Creativity, 13*, 195-205.

Barell, J. (1998). *PBL an Inquiry Approach*. Illinois: Skylight Training and Publishing.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: Longman, Green.

Bloom, B. S. (1976). *Taxonomy of Educational Objective Handbook K. Cognitive Domain.* New York: David Mc kay Company Inc.

De Bono, E. (1992). *Six Thinking Hats for School*. London: Haeler Brownlow Education.

Feist, G. J. (2011). Creativity in science, Encyclopedia of Creativity (Second Edition). *San Deigo: Academic Press,* 296-302.

Gallagher, S. A. (1997). Problem-Based Learning: Where did it come from, What does it do, and Where is it going?. *Journal for the Education of Gifted, 20*(4), 332-362.

Guilford, J. P., & Christensen, P. R. (1959). *Christensen- Guilford Fluency Tests - 2nd Edition*. Consulting Psychologist Press, Inc.

Hu W., & Adey, P. (2002). A Scientific creativity test for secondary school student. *International Journal of Science Education,* 24(4), 389-403.

Khoiriyah, A. J. (2018). Problem-Based Learning: Creative Thinking Skills, Problemsolving Skills, and Learning Outcome of Seventh Grade Students. *JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI INDONESIA, 4*(2), 151-160.

Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Pearsin, B. J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science, 20*, 541-546.

Mumford M. D., & Gustafson, S. B. (1988). Creativity syndrome: Integration, application, and innovation. *Psychological Bulletin,* 103(1), 27–43.

Saptenno, A. E., Hasan, D., & Pamella, M. (2019). The Improvement of Learning

Motivation and Creative Thinking Skills of Senior High School Students Through Modified Problem Based Learning Model. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 7*(4), 1175-1194.

Sukarto. K., K., Martina, R., & Ramlan, S. (2017). The Effects of Problem-Based Learning with Mind Mapping to Enhance Students' Creative Thinking Skills and Learning Outcomes. *Journal of Education and Practice,* 8(27), 180-185.

Torp, L. & Sage, M. (1998). *Problem as Possibilities: Problem-Based Learning for K*-12. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Torrance, E. P. (1965). *Rewarding creative behavior: Experiments in classroom creativity*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Inc.

Torrance, E. P. (1992). A National Climate for Creativity and Invention. *Gifted Child Today,* 5(1), 10-14.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	พิมพ์พจี ภิญโญ
วัน เดือน ปี เกิด	8 สิงหาคม 2539
สถานที่เกิด	ชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	2/1 หมู่ 4 ต.บางละมุง อ.บางละมุง จ.ชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร. สมสิริ สิงห์ลพ	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. นายสรวิศ แก้วงาม	ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา โรงเรียนอัสสัมชัญ ศรีราชา
3. นางสาวธัญญารัตน์ สุขเกษม	ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา โรงเรียนอัสสัมชัญ ศรีราชา
4. นางณัฏฐนิช สมอารยพงศ์	ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา โรงเรียนมารีวิทย์พัทยา
5. นายพิชิตชัย ชูชื่นพรม	ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา โรงเรียนมารีวิทย์พัทยา

(สำเนา)

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๗๑๒

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

๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการผู้อำนวยการโรงเรียนมารีวิทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๓๙๑๐๐๙๑ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๒ จำนวน ๓๐ คน ระหว่างวันที่ ๑๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๗ - ๑๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๘ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์๐๙๙-๔๒๐๑๙๐๕ หรือที่ E-mail: 63910091@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) มัณฑนา รังสิโยภาส

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

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

(สำเนา)

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU187/2567

โครงการวิจัยเรื่อง : ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก (สารนิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์

งานนิพนธ์/ วิทยานิพนธ์/ ดุษฎีนิพนธ์)

หน่วยงานที่สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

วิธีพิจารณา : Full Board

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัย ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ไม่มีการ ล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ฉบับที่ 2 วันที่ 19 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2567
2. โครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ 1 วันที่ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2567
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ 2 วันที่ 18 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2567
4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ 1 วันที่ 29 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2567

5. แบบเก็บรวมรวบข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form) แบบสอบถาม หรือสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ฉบับที่ 2 วันที่ 19 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2567

6. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี)

6.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ฉบับที่ 1 วันที่ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2567

วันที่รับรอง : วันที่ 22 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2567

วันที่หมดอายุ : วันที่ 22 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2568

ลงนาม นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ

(นางสาวพิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชุดที่ 4 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

3. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4. สรุปการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5. สรุปการปรับแก้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*B*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*B*) และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวภายในของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient)

7. ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

8. ผลการคำนวณหาค่า *t-test*

การวิเคราะห์ความค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานวิชาชีววิทยา เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางภาคผนวก ข-1 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
แผนที่ 1 โครโมโซม	สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซม และหลักการจำแนกโครโมโซม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
แผนที่ 2 สารพันธุกรรม	1. อภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน 4. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ข-1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					∑R	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
แผนที่ 3 สมบัติของสารพันธุกรรม	1. อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม 2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 4. อธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 5. เปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
แผนที่ 4 มิวเทชัน	1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม 2. ยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ สร้างสรรค์เป็นฐาน มีค่าอยู่ที่ 1.00

การวิเคราะห์ความค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

ตารางภาคผนวก ข-2 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC)

ข้อสอบ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ							
ข้อที่	1	2	3	4	5	ΣR	IOC	แปลผล
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

ข้อสอบ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ							
ข้อที่	1	2	3	4	5	ΣR	IOC	แปลผล
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
32	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	0	0	3	0.6	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
35	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

ข้อสอบ	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ							
ข้อที่	1	2	3	4	5	ΣR	IOC	แปลผล
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
59	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โครโมโซม และสารพันธุกรรม พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00

การวิเคราะห์ความค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางภาคผนวก ข-3 ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (IOC)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
1	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	0	0	0	-1	+1	0	0	ใช้ไม่ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
1 (สำรอง)	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	0	0	0	-1	+1	0	0	ใช้ไม่ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
2	ความคิดคล่อง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2 (สำรอง)	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	ความคิดคล่อง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3 (สำรอง)	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

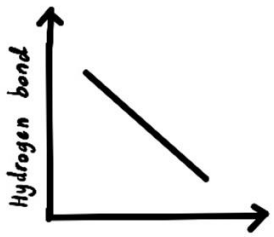
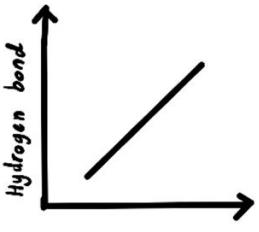
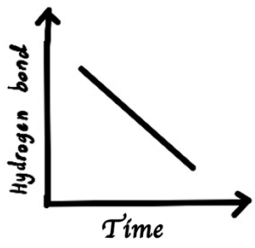
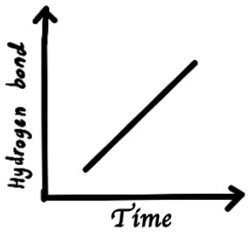
ตารางภาคผนวก ข-3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
4	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดริเริ่ม	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
4	ความคิดคล่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
(สำรอง)	ความคิดริเริ่ม	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
5	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
5	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
(สำรอง)	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
(สำรอง)	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	ความคิดริเริ่ม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
(สำรอง)	ความคิดยืดหยุ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

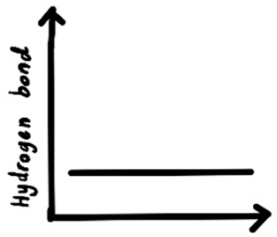
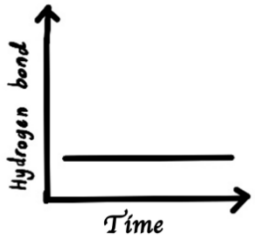
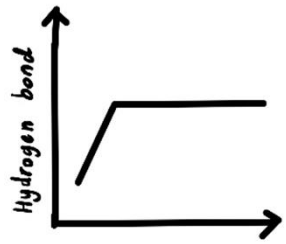
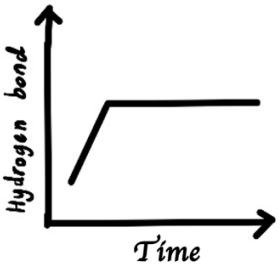
จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00

สรุปการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางภาคผนวก ข-4 การปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
การใช้ภาษา	**ข้อ 2** - โปรตีนชนิดใดเป็นองค์ประกอบของโครโมโซม	**ข้อ 2** - นิวคลีโอโซมหน่วยย่อยของโครโมโซมประกอบด้วยโปรตีนชนิดใด
	ข้อ 10 - DNA โมเลกุลหนึ่งมีขนาด 80 bp ประกอบขึ้นจากนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส cytosine จำนวน 25 นิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส thymine จะมีจำนวนเท่าใด	**ข้อ 10** - DNA โมเลกุลหนึ่งมีขนาด 80 base pair ประกอบขึ้นจากนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส cytosine จำนวน 25 นิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส thymine จะมีจำนวนเท่าใด
	ข้อ 38 ก.  ข.  	**ข้อ 38** ก.  ข. 

ตารางภาคผนวก ข-4 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	ค.  	ค. 
	ง.  	ง. 
การขีดเส้นใต้ การใช้ตัวหนา	**ข้อ 3** - ข้อใดอธิบายถึง Homologous chromosome ได้ถูกต้อง	**ข้อ 3** - ข้อใดอธิบายถึง Homologous chromosome ได้**ถูกต้อง**
	ข้อ 7 - ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของ Nucleotide	**ข้อ 7** - ข้อใด<u>ไม่ใช่</u>องค์ประกอบของ Nucleotide
	ข้อ 8 - ข้อใดผิด	**ข้อ 8** - ข้อใด<u>ผิด</u>
	ข้อ 15 - ข้อใดเรียงลำดับของโครงสร้างจากขนาดเล็กที่สุดไปขนาดใหญ่ที่สุดได้ถูกต้อง	**ข้อ 15** - ข้อใดเรียงลำดับของโครงสร้างจากขนาดเล็กที่สุดไปขนาดใหญ่ที่สุดได้**ถูกต้อง**

ตารางภาคผนวก ข-4 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	ข้อ 16 - จากภาพที่กำหนดให้ ข้อใดอธิบายภาพได้ถูกต้องที่สุด	**ข้อ 16** - จากภาพที่กำหนดให้ ข้อใดอธิบายภาพได้**ถูกต้องที่สุด**
	ข้อ 18 - ข้อใดเรียงลำดับของโครงสร้างจากขนาดใหญ่ที่สุดไปขนาดเล็กที่สุดได้ถูกต้อง	**ข้อ 18** - ข้อใดเรียงลำดับของโครงสร้างจากขนาดใหญ่ที่สุดไปขนาดเล็กที่สุดได้**ถูกต้อง**
	ข้อ 19 - ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของสารพันธุกรรมได้ถูกต้อง	**ข้อ 19** - ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของสารพันธุกรรมได้**ถูกต้อง**
	ข้อ 24 - ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการตรวจเชื้อโควิด 19 ด้วยเทคนิค RT-PCR (Reverse Transcription PCR)	**ข้อ 24** - ข้อใด<u>ไม่ถูกต้อง</u>เกี่ยวกับการตรวจเชื้อโควิด 19 ด้วยเทคนิค RT-PCR (Reverse Transcription PCR)
	ข้อ 25 - ความรู้ในเรื่อง DNA Replication สอดคล้องกับเทคโนโลยีทางชีวภาพในข้อใดต่อไปนี้มากที่สุด	**ข้อ 25** - ความรู้ในเรื่อง DNA Replication สอดคล้องกับเทคโนโลยีทางชีวภาพในข้อใดต่อไปนี้**มากที่สุด**
	ข้อ 28 - ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง	**ข้อ 28** - ข้อใดต่อไปนี้กล่าว**ถูกต้อง**
	ข้อ 29 - ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับภาพนี้	**ข้อ 29** - ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับภาพนี้
	ข้อ 30 - ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับกระบวนการ DNA Replication	**ข้อ 30** - ข้อใดกล่าว<u>ผิด</u>เกี่ยวกับกระบวนการ DNA Replication

ตารางภาคผนวก ข-4 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	ข้อ 43 - ข้อใดกล่าวผิด	**ข้อ 43** - ข้อใดกล่าว<u>ผิด</u>
	ข้อ 52 - ข้อใดสรุปถูก	**ข้อ 52** - ข้อใดสรุป**ถูกต้อง**

สรุปการปรับแก้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางภาคผนวก ข-5 การปรับแก้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
การใช้ภาษา	**ข้อ 1** - จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)	**ข้อ 1** - จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที) (แก้ว (Glass) หมายถึงวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความแข็งแบบของแข็ง แต่มีการจัดเรียงโมเลกุลไม่เป็นระเบียบแบบของเหลว (Amorphous solid) ทำให้มีความเปราะ มีทั้งลักษณะที่โปร่งใส และโปร่งแสง)
	ข้อ 2 - ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลก และไปที่ดาวดวงอื่น คำถามที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)	**ข้อ 2** - ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลก และไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)

ตารางภาคผนวก ข-5 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	ข้อ 2 (สำรอง) - ถ้านักเรียนสามารถสร้างเครื่องย้อนเวลาได้ จะย้อนไปในช่วงเวลาใด และคำถามที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)	**ข้อ 2 (สำรอง)** - ถ้านักเรียนสามารถสร้างเครื่องย้อนเวลาได้ จะย้อนไปในช่วงเวลาใด และคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)
	ข้อที่ 4 (สำรอง) - ถ้าไม่มีมนุษย์ นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)	**ข้อที่ 4 (สำรอง)** - ถ้าไม่มีมนุษย์ (*Homo Sapiens*)นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)
	ข้อที่ 7 (สำรอง) - กล่องนมจัดเป็นขยะที่มีปริมาณมากเป็นอันดับต้น ๆ เพื่อลดขยะประเภทกล่องนม ให้นักเรียนนำกล่องนมไปสร้างสิ่งประดิษฐ์ พร้อมอธิบายหลักการในการนำสิ่งประดิษฐ์ไปใช้ประโยชน์	**ข้อที่ 7 (สำรอง)** - กล่องนมจัดเป็นขยะที่มีปริมาณมากเป็นอันดับต้น ๆ โดยหากเป็นกล่องนมยูเอชทีจะทำมาจากกระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์และพลาสติก ประเภทพอลิเอทิลีน เพื่อลดขยะประเภทกล่องนม ให้นักเรียนนำกล่องนมไปสร้างสิ่งประดิษฐ์ พร้อมอธิบายหลักการในการนำสิ่งประดิษฐ์ไปใช้ประโยชน์

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางภาคผนวก ข-6 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ

ข้อ	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ใช้เป็นข้อที่	ข้อ	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ใช้เป็นข้อที่
1	0.63	0.38	ใช้ได้	1	23	0.50	0.25	ใช้ได้	12
2	0.81	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	24	0.56	0.31	ใช้ได้	13
3	0.56	0.31	ใช้ได้	2	25	0.69	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	0.75	0.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	26	0.44	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.50	0.25	ใช้ได้	3	27	0.38	0.25	ใช้ได้	14
6	0.50	0.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	28	0.63	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	0.69	0.31	ใช้ได้	4	29	0.50	0.25	ใช้ได้	15
8	0.69	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	30	0.69	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
9	0.56	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	31	0.50	0.25	ใช้ได้	16
10	0.50	0.25	ใช้ได้	5	32	0.81	0.06	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.44	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	33	0.56	0.06	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
12	0.63	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	34	0.56	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
13	0.63	0.25	ใช้ได้	6	35	0.56	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
14	0.50	0.25	ใช้ได้	7	36	0.44	0.31	ใช้ได้	17
15	0.63	0.38	ใช้ได้	8	37	0.50	0.25	ใช้ได้	18
16	0.56	0.06	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	38	0.38	0.25	ใช้ได้	19
17	0.50	0.25	ใช้ได้	9	39	0.75	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
18	0.81	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	0.56	0.31	ใช้ได้	20
19	0.63	0.25	ใช้ได้	10	41	0.50	0.25	ใช้ได้	21
20	0.56	0.06	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	42	0.56	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
21	0.50	0.25	ใช้ได้	11	43	0.50	0.38	ใช้ได้	22
22	0.50	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	44	0.56	0.31	ใช้ได้	23

ตารางภาคผนวก ข-6 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ใช้เป็นข้อที่	ข้อ	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ใช้เป็นข้อที่
45	0.44	0.06	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	53	0.75	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
46	0.50	0.25	ใช้ได้	24	54	0.56	0.31	ใช้ได้	27
47	0.63	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	55	0.56	0.31	ใช้ได้	28
48	0.75	0.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	56	0.50	0.25	ใช้ได้	29
49	0.56	0.31	ใช้ได้	25	57	0.63	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
50	0.44	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	58	0.63	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
51	0.63	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	59	0.50	0.30	ใช้ได้	30
52	0.50	0.25	ใช้ได้	26	60	0.56	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

จากผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ถูกคัดเลือก 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.38-0.69 ค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.25-0.38 และเมื่อหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method)

ตารางภาคผนวก ข-7 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method)

ผู้เข้าสอบ	X_i	X^2	$X_i - C$	$(X_i - C)^2$
1	28	784	7	49
2	26	676	5	25
3	26	676	5	25
4	24	576	3	9
5	20	400	-1	1
6	22	484	1	1
7	22	484	1	1
8	26	676	5	25
9	20	400	-1	1
10	23	529	2	4
11	17	289	-4	16
12	18	324	-3	9
13	21	441	0	0
14	23	529	2	4
15	14	196	-7	49
16	20	400	-1	1
17	18	324	-3	9
18	17	289	-4	16
19	12	144	-9	81
20	12	144	-9	81
21	8	64	-13	169
22	18	324	-3	9
23	13	169	-8	64
24	6	36	-15	225

ตารางภาคผนวก ข-7 (ต่อ)

ผู้เข้าสอบ	X_i	X^2	X_i - C	$(X_i - C)^2$
25	7	49	-14	196
26	6	36	-15	225
27	5	25	-16	256
28	9	81	-12	144
29	7	49	-14	196
30	6	36	-15	225
$\sum$	494	9634		2116

โดยใช้สูตรวิธีของโลเวท (Lovett) หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากผลการสอบครั้งเดียว

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

คะแนนเกณฑ์ หรือ จุดตัดของแบบทดสอบ C = 21

$$r_{cc} = 1 - \frac{(30 \times 494) - 9634}{61364}$$

$$= 1 - \frac{(30 \times 494) - 9634}{61364}$$

$$= 1 - 0.08451209$$

$$= 0.90$$

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.90

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวภายในโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha coefficient)

ตารางภาคผนวก ข-8 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าสอบ	ความคิดคล่อง (16 คะแนน)	ความคิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)	ความคิดริเริ่ม (28 คะแนน)	รวม (72 คะแนน)
1	12	21	23	56
2	11	21	23	55
3	11	20	22	53
4	10	20	22	52
5	9	20	21	50
6	8	19	21	48
7	8	19	20	47
8	7	18	20	45
9	7	17	19	43
10	7	17	19	43
11	7	16	18	41
12	7	15	17	39
13	7	15	17	39
14	6	14	16	36
15	6	14	16	36
16	6	13	15	34
17	6	12	14	32
18	6	12	14	32
19	6	11	13	30
20	6	11	12	29
21	6	10	11	27
22	6	10	11	27
23	6	9	10	25

ตารางภาคผนวก ข-8 (ต่อ)

ผู้เข้าสอบ	ความคิดคล่อง (16 คะแนน)	ความคิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)	ความคิดริเริ่ม (28 คะแนน)	รวม (72 คะแนน)
24	6	9	10	25
25	5	8	10	23
26	5	8	9	22
27	4	8	9	21
28	3	7	8	18
29	3	7	8	18
30	3	6	8	17

หมายเหตุ : ผู้เข้าสอบกลุ่มเก่งจำนวน 8 คน และผู้เข้าสอบกลุ่มอ่อนจำนวน 8 คน (N=16)

คะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มสูง = 56 + 55 + 53 + 52 + 50 + 48 + 47 + 45 = 406

คะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มต่ำ = 25 + 25 + 23 + 22 + 21 + 18 + 18 + 17 = 169

คะแนนเต็มของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จำนวน 8 คน = 72 x 8 = 576

คะแนนของนักเรียนกลุ่มสูง = 406/576 = 0.70

คะแนนของนักเรียนกลุ่มต่ำ = 169/576 = 0.29

ค่าความยากง่าย (p) = (0.70 + 0.29)/2 = 0.50

ค่าอำนาจจำแนก (r) = 0.70 – 0.29 = 0.41

หมายเหตุ ยอมรับค่า p ตั้งแต่ 0.2 – 0.8

ยอมรับค่า r ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวภายในของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach’s Alpha coefficient)

ตารางภาคผนวก ข-9 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวภายในของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach’s Alpha coefficient)

คนที่	ความคิดคล่อง (16 คะแนน)					ความคิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)								ความคิดริเริ่ม (28 คะแนน)							
	1	2	3	4	รวม	1	2	3	4	5	6	7	*รวม*	1	2	3	4	5	6	7	*รวม*
1	2.00	3.00	3.00	4.00	12.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	21.00	2.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	23.00
2	3.00	2	3	3	11	3	2	3	3	3	3	4	21	3	2	3	3	4	4	4	23
3	3	2	3	3	11	3	2	3	3	3	3	3	20	3	2	3	3	3	4	4	22
4	2	2	3	3	10	2	2	3	3	4	3	3	20	2	2	3	3	4	4	4	22
5	2	2	2	3	9	2	2	2	3	4	4	3	20	2	2	2	3	4	4	4	21
6	2	2	2	3	9	2	2	2	3	4	3	4	20	2	2	2	3	4	4	4	21
7	2	2	2	2	8	2	2	2	2	4	4	3	19	2	2	2	2	4	4	4	20
8	1	2	2	2	7	1	2	2	2	4	3	4	18	1	2	2	2	4	4	4	19
9	1	2	1	3	7	1	2	1	3	3	4	3	17	1	2	1	3	4	4	4	19
10	3	1	2	1	7	3	1	2	1	3	3	4	17	3	1	2	1	4	4	4	19
11	2	2	2	1	7	2	2	2	1	3	3	3	16	2	2	2	1	4	4	3	18
12	1	2	2	2	7	1	2	2	2	2	3	3	15	1	2	2	2	3	3	4	17
13	2	1	2	2	7	2	1	2	2	3	3	2	15	2	1	2	2	4	3	3	17
14	2	2	1	1	6	2	2	1	1	2	3	3	14	2	2	1	1	3	4	3	16

ตารางภาคผนวก ข-9 (ต่อ)

คนที่	ความคิดคล่อง (16 คะแนน)					ความคิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)								ความคิดริเริ่ม (28 คะแนน)							
	1	2	3	4	รวม	1	2	3	4	5	6	7	*รวม*	1	2	3	4	5	6	7	*รวม*
15	1	2	1	2	6	1	2	1	2	2	3	3	14	1	2	1	2	3	3	4	16
16	1	2	2	1	6	1	2	2	1	3	2	2	13	1	2	2	1	4	3	2	15
17	2	1	2	1	6	2	1	2	1	2	2	2	12	2	1	2	1	3	4	1	14
18	2	1	2	1	6	2	1	2	1	2	2	2	12	2	1	2	1	4	3	1	14
19	2	2	1	1	6	2	2	1	1	2	1	1	10	2	2	1	1	3	4	0	13
20	0	2	2	2	6	0	2	2	2	1	2	2	11	0	2	2	2	3	2	1	12
21	1	2	2	1	6	1	2	2	1	1	1	2	10	1	2	2	1	2	2	1	11
22	2	0	2	2	6	2	0	2	2	2	1	1	10	2	0	2	2	3	1	1	11
23	0	2	2	2	6	0	2	2	2	1	1	1	9	0	2	2	2	2	1	1	10
24	2	0	2	2	6	2	0	2	2	1	1	1	9	2	0	2	2	2	1	1	10
25	0	1	2	1	4	0	1	2	1	1	1	2	8	0	1	2	1	2	2	2	10
26	1	1	1	2	5	1	1	1	2	2	1	0	8	1	1	1	2	1	1	2	9
27	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1	8	1	1	1	1	2	2	1	9
28	0	1	1	1	3	0	1	1	1	0	2	2	7	0	1	1	1	3	2	0	8
29	1	1	1	0	3	1	1	1	0	1	2	1	7	1	1	1	0	2	2	1	8
S^2_i	0.74	0.46	0.51	0.86		0.74	0.46	0.51	0.86	1.31	0.93	1.31		0.74	0.46	0.51	0.86	0.81	1.37	2.05	
S^2_t					5.26								23.70								25.18

โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α- Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbuch)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาด้านความคิดคล่อง

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

$$\alpha = \frac{4}{3}\left\{1 - \frac{2.57}{5.26}\right\}$$

$$\alpha = 0.7$$

ระดับความเชื่อมั่น พอใช้

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาด้านความยืดหยุ่น

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

$$\alpha = \frac{7}{6}\left\{1 - \frac{6.11}{23.7}\right\}$$

$$\alpha = 0.87$$

ระดับความเชื่อมั่น ดี

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาด้านความริเริ่ม

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

$$\alpha = \frac{7}{6}\left\{1 - \frac{6.80}{25.18}\right\}$$

$$\alpha = 0.85$$

ระดับความเชื่อมั่น ดี

ตารางแปลความหมายของค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา	**การแปลความหมายระดับความเที่ยง**
มากกว่า *.90*	ดีมาก
มากกว่า *.80*	ดี
มากกว่า *.70*	พอใช้
มากกว่า *.60*	ค่อนข้างพอใช้
มากกว่า *.50*	ต่ำ
น้อยกว่าหรือเท่ากับ .50	ไม่สามารถรับได้

ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางภาคผนวก ข-10 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	11	24	16	8	21
2	16	23	17	9	19
3	8	18	18	8	20
4	12	21	19	10	22
5	16	23	20	16	22
6	12	24	21	14	27
7	11	21	22	8	20
8	11	24	23	8	23
9	15	23	24	11	24
10	12	24	25	10	19
11	12	22	26	13	23
12	23	27	27	13	22
13	15	23	28	14	22
14	12	21	29	22	27
15	14	21	30	12	21
			$\overline{X}$	12.53	22.37
			SD	2.23	3.68

ตารางภาคผนวก ข-11 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้จากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน (คะแนนเต็ม 72 คะแนน)

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 72 คะแนน)			รวม (72 คะแนน)
	คิดคล่อง (16 คะแนน)	คิดริเริ่ม (28 คะแนน)	คิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)	
1	10	18	15	43
2	11	21	20	52
3	12	20	22	54
4	14	23	23	60
5	13	23	22	58
6	12	21	20	53
7	9	19	18	46
8	14	22	23	59
9	14	23	24	61
10	13	22	24	59
11	11	20	20	51
12	12	23	20	55
13	14	24	25	63
14	14	23	23	60
15	13	20	20	53
16	11	20	20	51
17	9	19	21	49
18	12	20	20	52
19	12	20	19	51
20	14	23	24	61
21	13	24	23	60
22	12	22	23	57
23	13	21	20	54
24	11	21	22	54
25	12	20	21	53

ตารางภาคผนวก ข-11 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 72 คะแนน)			รวม (72 คะแนน)
	คิดคล่อง (16 คะแนน)	คิดริเริ่ม (28 คะแนน)	คิดยืดหยุ่น (28 คะแนน)	
26	11	20	20	51
27	9	18	19	46
28	14	24	24	62
29	12	20	20	52
30	13	23	24	60
$\overline{X}$	12.13	21.23	21.30	54.67
SD	1.55	1.77	2.23	5.17

ผลการคำนวณหาค่า *t-test*

ตารางภาคผนวก ข-12 การคำนวณหาค่า *t-test* สำหรับการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

t-test: Paired Two Sample for Means

Pair	Test	N	Mean	SD	Std. Error Mean
Pair 1 Remember	Pretest	30	2.73	1.14	0.21
	Posttest	30	4.53	0.68	0.12
Pair 2 Understand	Pretest	30	2.10	1.35	0.25
	Posttest	30	3.73	1.05	0.19
Pair 3 Apply	Pretest	30	1.67	0.88	0.16
	Posttest	30	2.83	0.91	0.17
Pair 4 Analyze	Pretest	30	2.27	1.08	0.20
	Posttest	30	4.10	1.16	0.21
Pair 5 Evaluate	Pretest	30	2.87	1.33	0.24
	Posttest	30	4.40	1.13	0.21
Pair 6 Create	Pretest	30	0.93	0.98	0.18
	Posttest	30	2.57	0.97	0.18

Paired Sample Statistics

Pair	Test	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Remember	Pretest and Posttest	30	0.543	0.000
Pair 2 Understand	Pretest and Posttest	30	0.605	0.000
Pair 3 Apply	Pretest and Posttest	30	0.271	0.000
Pair 4 Analyze	Pretest and Posttest	30	0.420	0.000
Pair 5 Evaluate	Pretest and Posttest	30	0.631	0.000
Pair 6 Create	Pretest and Posttest	30	0.258	0.000

Paired Sample Statistics

Pair (Pretest and Posttest)	Paired Difference					t	df	Sig. (2-tailed)	Sig. (1-tailed)
	Mean	SD	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
1	1.80	0.961	0.1755	1.320	2.280	10.254	29	0.000	0.000
2	1.63	1.098	0.201	1.081	2.186	8.147	29	0.000	0.000
3	1.167	1.085	0.198	0.621	1.713	5.887	29	0.000	0.000
4	1.833	1.206	0.220	1.227	2.440	8.328	29	0.000	0.000
5	1.533	1.211	0.221	0.925	2.142	7.818	29	0.000	0.000
6	1.633	1.041	0.190	1.056	2.211	7.527	29	0.000	0.000

t-table = 2.756

ตารางภาคผนวก ข-13 สรุปผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

t-test: Paired Two Sample for Means

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pretest	30	12.53	3.684	0.673
	Posttest	30	22.37	2.236	0.408

t-test: Paired Two Sample for Means

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pretest and Posttest	30	0.687	0.000

	Paired Difference							
				99% Confidence Interval of the Difference				
Pair 1	Mean	SD	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pretest and Posttest	9.84	2.898	0.529	8.38	11.30	20.007	29	0.000

t-table = 2.756

ตารางภาคผนวก ข-14 การคำนวณหาค่า t-test สำหรับการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จาก คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

One – Sample Statistics

Test	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	30	22.37	2.236	0.408

One – Sample Test

	Test Value = 21					
Test	*t*	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	3.350	29	0.000	1.37	0.24	2.50

ตารางภาคผนวก ข-15 การคำนวณหาค่า t-test สำหรับการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (ด้านคิดคล่อง 11 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน ด้านคิดยืดหยุ่น 20 คะแนนจากคะแนนเต็ม 28 คะแนน และด้านคิดริเริ่ม 20 คะแนน จากคะแนนเต็ม 28 คะแนน)

One – Sample Statistics

Test	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
คิดคล่อง	30	12.13	1.55	0.28

One – Sample Test

	Test Value = 11					
Test	*t*	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
คิดคล่อง	3.99	29	0.000	1.13	0.55	1.71

One – Sample Statistics

Test	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
คิดยืดหยุ่น	30	21.30	2.23	0.41

One – Sample Test

Test	Test Value = 20					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
คิดยืดหยุ่น	3.81	29	0.000	1.30	0.47	2.13

One – Sample Statistics

Test	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
คิดริเริ่ม	30	21.23	1.77	0.32

One – Sample Test

Test	Test Value = 20					
	t	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
คิดริเริ่ม	3.19	29	0.000	1.23	0.57	1.89

ตารางภาคผนวก ข-16 สรุปผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (51 คะแนน จากคะแนนเต็ม 72 คะแนน)

One – Sample Statistics

Test	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	30	54.67	5.17	0.94

One – Sample Test

	Test Value = 51					
Test	*t*	*df*	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	3.89	29	0.000	3.67	1.07	6.27

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)
เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชา ชีววิทยา (ว31242)
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครโมโซมและสารพันธุกรรม เรื่อง โครโมโซม
เวลา 4 คาบ (200 นาที) ผู้สอน นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ

---

1. สาระชีววิทยา

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

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซมได้

2. ด้านกระบวนการ (P)

นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุสังเกตได้

3. ด้านเจตคติ (A)

นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

4. สาระการเรียนรู้

โครโมโซมมีลักษณะคล้ายเส้นด้ายบาง ๆ เรียกว่า โครมาทิน (chromatin) ขดตัวอยู่ในนิวเคลียส เมื่อเซลล์เริ่มแบ่งตัว เส้นโครมาตินจะหดตัวสั้นเข้ามามีลักษณะเป็นแท่ง เรียกว่า โครโมโซม

แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยแขนสองข้างที่เรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองข้างจะมีจุดเชื่อมกัน เรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere)

โครโมโซมของยูแคริโอตประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน ได้แก่ ฮิสโทนและนอนฮิสโทนโปรตีน นิวคลีโอโซมเป็นโครงสร้างของโครโมโซมของยูแคริโอต ประกอบด้วยฮิสโทน 8 โมเลกุล มี DNA ยาวประมาณ 150 คู่เบสพันรอบเป็นเกลียว แต่ละนิวคลีโอโซมเชื่อมกันด้วย DNA ความยาวประมาณ 50 คู่เบส โครโมโซมของยูแคริโอตจะมีลักษณะเป็นแท่ง แต่โครโมโซมของโพรแคริโอตจะมีลักษณะเป็นวงและมีขนาดเล็ก ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์มีขนาดของจีโนมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น ยีสต์และแบคทีเรียจะมีขนาดของจีโนมค่อนข้างเล็ก

5. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

โครโมโซมของยูแคริโอตประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน ได้แก่ ฮิสโทนและนอนฮิสโทนโปรตีน นิวคลีโอโซมเป็นโครงสร้างของโครโมโซมของยูแคริโอต ประกอบด้วยฮิสโทน 8 โมเลกุล มี DNA ยาวประมาณ 150 คู่เบสพันรอบเป็นเกลียว แต่ละนิวคลีโอโซมเชื่อมกันด้วย DNA ความยาวประมาณ 50 คู่เบส โครโมโซมของยูแคริโอตจะมีลักษณะเป็นแท่ง แต่โครโมโซมของโพรแคริโอตจะมีลักษณะเป็นวงและมีขนาดเล็ก ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์มีขนาดของจีโนมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น ยีสต์และแบคทีเรียจะมีขนาดของจีโนมค่อนข้างเล็ก

6. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL)

คาบที่ 1

1. นักเรียนรับทราบผลการเรียนรู้ประจำหน่วย โดยครูแจ้งให้นักเรียนทราบ
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

คาบที่ 2-3

1. กระตุ้นความสนใจ

กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยครูจะจำลองสถานการณ์ปัญหาขึ้นมาโดยใช้เส้นไหมพรมเส้นยาว (เส้นไหมพรมคือ DNA) และต้องการจะเก็บไหมพรมเส้นยาวนี้ลงในถ้วยขนาดเล็ก (ถ้วยแทนนิวเคลียส) โดยที่ครูจะมีปัญหาดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่าควรทำอย่างไรจึงจะสามารถเก็บเส้นไหมพรมเส้นยาวขนาดนี้ลงในถ้วยได้ **(นักเรียนอาจตอบว่าม้วน หรือขดเส้นไหมพรมให้สั้นลง)**

1.2 ครูสร้างปัญหาขึ้นมาอีกว่า เส้นไหมพรมนี้ไม่สามารถจะขดเข้าหากันตามที่นักเรียนแนะนำได้ เนื่องจากเส้นไหมพรมนี้มีประจุเป็นลบทั้งเส้น เมื่อขดเข้าหากัน มันจะผลักออกจากกัน นักเรียนคิดว่าควรทำอย่างไร **(แนวคำตอบ คือ นำเส้นไหมพรมที่มีประจุลบมาพันล้อมรอบวัตถุขนาดเล็กที่มีประจุบวก เพื่อที่จะสามารถขดเส้นไหมพรมเข้าหากันได้)**

2. ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

2.1 จากคำถามและปัญหาในขั้นกระตุ้นความสนใจ นักเรียนอาจมีแนวทาง หรือวิธีการที่หลากหลาย โดยครูจะแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย โดยสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมีความคิดเห็นเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม “ความยาวเป็นเหตุ สังเกตได้ ” โดยที่แต่ละกลุ่มจะได้รับอุปกรณ์ดังนี้

- ไหมพรมเส้นยาว ที่มีเงื่อนไขว่าไม่สามารถขดเข้าหากันได้ เนื่องจากเป็นประจุลบ
- ถ้วยขนาดเล็ก (แทนนิวเคลียส)
- ดินน้ำมัน
- ใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุ สังเกตได้
- กระดาษแผ่นใหญ่ เพื่อเขียนสรุปและนำเสนอ

3. ขั้นค้นคว้าและคิด

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดวิธีการที่จะสามารถหดเส้นไหมพรมเส้นยาวให้สามารถเข้าไปอยู่ในถ้วยได้

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครโมโซม โดยแบ่งหัวข้อย่อยให้เพื่อนสมาชิก ช่วยกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครโมโซม ต้องทำเช่นไรโครโมโซมจึงจะขดตัวได้ ดินน้ำมันต้องมีคุณสมบัติอย่างไร และเป็นตัวแทนของอะไร โดยนักเรียนอภิปรายร่วมกันในกลุ่มว่าจะสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ มาช่วยอธิบายการขดตัวของไหมพรมได้อย่างไร

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันกำหนดคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ และระบุได้ว่าวัสดุนั้นเป็นตัวแทนของอะไร

3.4 สมาชิกในกลุ่มช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ทั้งหมดเป็นผลงานของกลุ่มลงในใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุ สังเกตได้ ที่ครูเตรียมไว้ให้

3.5 สมาชิกในกลุ่มวาดภาพ และสรุปความรู้ที่ได้ลงในกระดาษแผ่นใหญ่ เพื่อนำเสนอเพื่อน ๆ กลุ่มอื่นหน้าชั้นเรียน

คาบที่ 4

4. ขั้นนำเสนอ

4.1 ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

4.2 เมื่อนำเสนอครบทุกกลุ่ม นักเรียนจะพบว่า ไหมพรมมีความยาวมากเมื่อเทียบกับขนาดของถ้วย ดังนั้นจึงต้องทำการขดไหมพรมเพื่อให้สามารถบรรจุเข้าไปในถ้วยได้ ซึ่งไหมพรมมีประจุลบ เมื่อจะขดตัวทำให้มันผลักกัน จึงต้องอาศัยดินน้ำมันเข้ามาช่วย โดยได้กำหนดคุณสมบัติของดินน้ำมันให้มีประจุบวก จึงสามารถนำเส้นไหมพรมที่มีประจุลบมาพันรอบ ๆ เพื่อทำให้เส้นไหมพรมสามารถขดตัวเข้ามาได้

4.3 นักเรียนและครูลงข้อสรุปร่วมกันว่าไหมพรม เป็นตัวแทนของ DNA สายยาว และถ้วยเปรียบเสมือนนิวเคลียส ซึ่ง DNA มีความยาวมากเมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์ ทำให้ DNA ต้องหดตัวเพื่อให้สามารถบรรจุเข้าไปในนิวเคลียสได้ แต่เนื่องจาก DNA มีประจุลบ เพราะ DNA ประกอบไปด้วยหมู่ฟอสเฟตจำนวนมาก ทำให้ผลักกันจนไม่สามารถขดตัวได้ จึงต้องอาศัยดินน้ำมัน ซึ่งกำหนดให้ดินน้ำมันมีประจุเป็นบวก และดินน้ำมันก็เป็นตัวแทนของโปรตีนฮิสโตน ซึ่งสามารถนำ DNA ที่มีประจุลบ มาพันล้อมรอบโปรตีนฮิสโตนที่มีประจุบวก เกิดโครงสร้างหน่วยย่อยเรียกว่า Nucleosome

4.4 ครูขยายความรู้เพิ่มเติม โดยใช้สื่อการสอน Powerpoint เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม

คาบที่ 5

5. ขั้นการประเมิน

5.1 นักเรียนร่วมกันประเมินตนเองจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาว่าได้รับความรู้ในเรื่องใดบ้าง

5.2 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครโมโซม (รายบุคคล) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนรายบุคคล

7. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

7.1 เส้นไหมพรม

7.2 ถ้วยขนาดเล็ก

7.3 ดินน้ำมัน

7.4 สื่อการสอน Powerpoint เรื่อง ส่วนประกอบของโครโมโซม

7.5 ใบกิจกรรมเรื่อง ความยาวเป็นเหตุ สังเกตได้

7.6 ใบงานเรื่อง โครโมโซม

8. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบของโครโมโซมได้	- ตรวจใบงาน เรื่อง โครโมโซม	- ใบงาน เรื่อง โครโมโซม	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครโมโซมได้ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (Process) นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงใน ใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุสังเกตได้	- ตรวจใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุสังเกตได้	- ใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุสังเกตได้	- นักเรียนทำใบกิจกรรม เรื่อง ความยาวเป็นเหตุสังเกตได้ ถูกต้องถือว่าผ่าน
ด้านเจตคติ (Attitude) 1. นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม 2.นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	- สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน - สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - แบบประเมินพฤติกรรมการสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ปานกลาง ถือว่าผ่าน -นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนการสอน

ปัญหาและอุปสรรค/ข้อบกพร่องที่พบ

ข้อเสนอแนะ/แนวทางในการแก้ปัญหา

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน (K)

คำชี้แจง :

1. ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย √

ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามสัดส่วนความสามารถของนักเรียน

2. ให้ประเมินภายหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงนี้ไปแล้ว

ชื่อนักเรียน..... ชั้น ..... เลขที่ .....

รายการประเมิน	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
ความถูกต้องของงาน	❒ เนื้อหาถูกต้องและมีความสมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ครบถ้วน
ความเข้าใจเนื้อหา	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลบางครั้งและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์ไม่มีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาไม่ถูกต้อง
ความเหมาะสมชัดเจน	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม แต่ไม่ชัดเจนเข้าใจค่อนข้างยาก	❒ ผลการวิเคราะห์ไม่เหมาะสมและไม่ชัดเจน
แนวคิดนำไปปฏิบัติได้	❒ มีแนวคิดนำไปปฏิบัติ ได้จริง	❒ มีแนวคิดแต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	❒ ไม่มีแนวคิดและไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ จริง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-11	ดี
6-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

สมาชิกในกลุ่ม .....

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

พฤติกรรมที่สังเกต	**คะแนน**			
	3	**2**	**1**	**0**
1. มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น				
2. มีความกระตือรือร้นในการทำงาน				
3. รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย				
4. มีขั้นตอนในการทำงานอย่างเป็นระบบ				
5. ใช้เวลาในการทำงานอย่างเหมาะสม				
รวม				

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นประจำ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

ไม่ทำพฤติกรรมนี้เลย ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-15	ดี
6-10	ปานกลาง
0-5	ปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน

ได้ระดับปานกลางขึ้นไป

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

พฤติกรรมที่สังเกต	คะแนน			
	4	3	2	1
1. มุ่งมั่นในการทำงาน				
2. ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและค้นหาความรู้ด้วยตนเอง				

เกณฑ์การประเมิน

4 หมายถึง ระดับดีมาก

3 หมายถึง ระดับดี

2 หมายถึง ระดับพอใช้

1 หมายถึง ระดับปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน

ผ่านเกณฑ์ระดับ ดี ขึ้นไป

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

ใบกิจกรรม ความยาวเป็นเหตุ สังเกตได้

สมาชิกในกลุ่ม .....

.....

.....

.....

คำชี้แจง: จงบอกวิธีการที่จะสามารถนำไหมพรมเส้นยาวใส่ลงไปในถ้วยขนาดเล็กได้ โดยมีเงื่อนไขว่า “ไหมพรมเส้นยาวนี้มีประจุลบตลอดทั้งเส้น” เมื่อขดเส้นไหมพรมเข้าหากันมันจะผลักออกจากกัน ทำให้ไม่สามารถขดเส้นไหมพรมเข้าหากันได้ โดยมีอุปกรณ์ให้อย่างจำกัด ดังนี้

1. **ไหมพรม**
2. **ถ้วยขนาดเล็ก**
3. **ดินน้ำมัน**

ให้นักเรียนวาดภาพประกอบลงในกรอบด้านล่าง พร้อมทั้งบอกรายละเอียดต่าง ๆ

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าควรจะกำหนดให้ดินน้ำมันมีคุณสมบัติอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. จากการศึกษาข้อมูลเรื่อง โครโมโซม นักเรียนกำหนดให้วัสดุแต่ละชนิด แทนสิ่งใด

ไหมพรม เป็นตัวแทนของ.....

ถ้วย เป็นตัวแทนของ.....

ดินน้ำมัน เป็นตัวแทนของ.....

3. นิวคลีโอโซมคืออะไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

ใบงาน เรื่อง โครโมโซม

คำชี้แจง ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครโมโซมของยูแคริโอตประกอบด้วยอะไรบ้าง จงอธิบาย

.....

.....

.....

2. นิวคลีโอโซม คืออะไร และมีโครงสร้างเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. จีโนม คืออะไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

4. ยูแคริโอตเซลล์เดียวและหลายเซลล์มีขนาดของจีโนมและจำนวนยีนที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

****

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)
เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	รายวิชา ชีววิทยา (ว31242)
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2/2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครโมโซมและสารพันธุกรรม	เรื่อง สารพันธุกรรม
เวลา 4 คาบ (200 นาที)	ผู้สอน นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ

---

1. สาระชีววิทยา

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

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 นักเรียนสามารถอภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

1.2 นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA

1.3 นักเรียนสามารถอธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน

1.4 นักเรียนสามารถอธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม

2. ด้านกระบวนการ (P)

2.1 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงใน ใบงาน เรื่อง DNA Structure ได้

2.2 นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA ได้

3. ด้านเจตคติ (A)

นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

4. สาระการเรียนรู้

- การค้นพบสารพันธุกรรม
- องค์ประกอบทางเคมีของ DNA
- โครงสร้างของ DNA

5. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

1. การค้นพบสารพันธุกรรม

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านทำการค้นคว้าเกี่ยวกับสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- โยฮันน์ ฟรีดริช มิเชอร์ ค้นพบว่า กรดนิวคลีอิกจากสารเคมีที่สกัดจากนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาว ซึ่งไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน

- เฟรเดอริก กริฟฟิท ค้นพบสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนสามารถเข้าไปยังแบคทีเรียสายพันธุ์ R ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียสายพันธุ์ R เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ S ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานของแบคทีเรีย

- ออสวอลด์ ที แอเวอรี แมคลิน แมคคาร์ที และคอลิน แมคลอยด์ ค้นพบว่า สารที่เปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของแบคทีเรีย สายพันธุ์ R เป็นสายพันธุ์ S คือ DNA

2. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

DNA (Deoxyribonucleic Acid) ถูกพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยจะทำการเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง ๆ เอาไว้ ซึ่งมีลักษณะที่มีการผสมผสานมาจากสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อนสามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังสิ่งมีชีวิตรุ่นถัดไปได้

DNA มีรูปร่างเป็นเกลียวคู่ (Double Helix) โดยมีพอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide) 2 สายเรียงตัวในแนวตรงข้ามกัน ขาหรือราวของบันไดแต่ละข้างคือการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose Sugar), หมู่ฟอสเฟต (Phosphate Group) และไนโตรจีนัสเบส (Nitrogenous Base)

เบสในนิวคลีโอไทด์มี อยู่ 4 ชนิด ได้แก่ อะดีนีน (Adenine, A), ไทมีน (Thymine, T), ไซโตซีน (Cytosine, C) และกัวนีน (Guanine, G)

3. โครงสร้างของ DNA

โครงสร้างของดีเอ็นเอประกอบไปด้วย สายพอลินิวคลิโอไทด์ (polynucleotide) ที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของนิวคลิโอไทด์หลาย ๆ หน่วยด้วยพันธะ ฟอสโฟไดเอสเตอร์ (phosphodiester) โดยเกิดจากสายพอลินิวคลิโอไทด์จำนวน 2 สายเรียงตัวขนานกันในทิศทางตรงกันข้าม เข้าคู่และพัน

กันเป็นเกลียวเวียนขวาคล้ายบันไดเวียน ที่เรียกว่า ดับเบิลเฮลิกซ์ (double helix) การเข้าคู่หรือเข้าจับกันของสายพอลินิวคลิโอไทด์ทั้ง 2 สายเกิดจากการเข้าคู่กันระหว่างเบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) โดย A ทำการสร้างพันธะจำนวน 2 พันธะเข้าจับกับ T (A = T) และ G ทำการสร้างพันธะ จำนวน 3 พันธะเข้าจับกับ C (G = C) โดยมีน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตทำหน้าที่เป็นแกนอยู่ด้านนอกของโมเลกุล

6. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL)

คาบที่ 1

1. กระตุ้นความสนใจ

1.1 นักเรียนทบทวนความรู้ที่เรียนมาจากคาบที่แล้ว เรื่อง โครโมโซม โดยครูสุ่มนักเรียนออกมาอธิบายให้เพื่อนฟังว่าโครโมโซมประกอบไปด้วยอะไรบ้าง (โครโมโซมประกอบขึ้นจากกรดนิวคลีอิก (DNA) และมีโปรตีนอยู่ภายใน)

1.2 นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความสนใจ ดังนี้

- นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์พิสูจน์ได้อย่างไรว่ากรดนิวคลีอิก หรือโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม **(นักวิทยาศาสตร์ทดลอง ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์)**
- นักวิทยาศาสตร์ที่ทดลองในเรื่องนี้มีใครบ้าง และเขาทำการทดลองอย่างไร ได้ข้อสรุปอย่างไร (คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย อยากรู้)

2. ตั้งปัญหาและแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

2.1 นักเรียนได้รับโจทย์จากครู โดยโจทย์จะเป็นคำถามหรือข้อสงสัยของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนที่จะนำไปสู่การทดลองเพื่อหาคำตอบ

2.2 นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทดลอง และผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน แล้วนำคำตอบที่ได้จากแต่ละกลุ่มมาแบ่งปันกับเพื่อน ๆ กลุ่มอื่น และเขียนสรุปการค้นพบสารพันธุกรรมของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนลงในใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

คาบที่ 2

3. ขั้นค้นคว้าและคิด

3.1 หลังจากได้เรียนรู้เรื่องการค้นพบสารพันธุกรรมมาแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดวิธีในการสร้างโมเดลดีเอ็นเอ (DNA) จากวัสดุต่าง ๆ ที่สามารถหาได้จากท้องถิ่น โดยสิ่งของที่หามาได้ ต้องสอดคล้องและเหมาะสมจะเป็นตัวแทนของแต่ละองค์ประกอบของดีเอ็นเอ และแต่ละกลุ่มต้องไม่ใช้วัสดุที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น

คาบ 3

4. ขั้นนำเสนอ

4.1 ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอโมเดลดีเอ็นเอของแต่ละกลุ่มว่าแต่ละส่วนมีองค์ประกอบอะไรบ้าง และแต่ละองค์ประกอบมีคุณสมบัติอย่างไร

4.2 ครูขยายความรู้เพิ่มเติม โดยใช้สื่อการสอน Powerpoint เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA Structure)

คาบที่ 4

5. ขั้นการประเมิน

5.1 นักเรียนร่วมกันประเมินตนเองจากการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาว่าได้รับความรู้ในเรื่องใดบ้าง

5.2 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA Structure) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนรายบุคคล

7. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนชีววิทยา 2
2. Powerpoint เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
3. Powerpoint เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA Structure)
4. ใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
5. ใบงาน เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA Structure)

8. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge) 1. อภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2. อธิบายโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA 3. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับ DNA แต่ละโมเลกุลมีจำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน 4. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน DNA และโครโมโซม	- ตรวจใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม - ตรวจใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) - ตรวจใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) - ตรวจใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure)	- ใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม - ใบงาน เรื่อง โครงสร้าง ดีเอ็นเอ (DNA Structure) - ใบงาน เรื่อง โครงสร้าง ดีเอ็นเอ (DNA Structure) - ใบงาน เรื่อง โครงสร้าง ดีเอ็นเอ (DNA Structure)	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรมได้ถูกต้อง - นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) ได้ถูกต้อง - นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) ได้ถูกต้อง - นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) ได้ถูกต้อง
ด้านกระบวนการ (Process) 1. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงใน ใบงาน เรื่อง DNA Structure ได้	- ตรวจใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) - นักเรียนนำเสนอ	- ใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure)	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA Structure) ได้ถูกต้อง

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2. นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA ได้	โมเดลโครงสร้าง DNA	- แบบประเมินการนำเสนอกิจกรรมในชั้นเรียน - แบบประเมินโมเดลโครงสร้าง DNA	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดี ถือว่าผ่าน - นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดี ถือว่าผ่าน
ด้านเจตคติ (Attitude) 1. นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม 2.นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	- สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน - สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - แบบประเมินพฤติกรรมการสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ปานกลาง ถือว่าผ่าน -นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

แบบประเมินชิ้นงาน : DIY DNA Model

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. ความคิดสร้างสรรค์	ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ที่ทำขึ้นมีความโดดเด่นน่าสนใจ และแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากสิ่งประดิษฐ์ชิ้นอื่นๆในประเภทเดียวกัน อย่างเห็น ได้ชัดเจน	ชิ้นนงานสิ่งประดิษฐ์ที่ทำขึ้น มีความโดดเด่น น่าสนใจ แต่ไม่ แสดงให้เห็นถึง ความแตกต่างจาก สิ่งประดิษฐ์ชิ้น อื่นๆใน ประเภท เดียวกัน	ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ที่ทำขึ้นมีความโดดเด่นแต่ไม่น่าสนใจและไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากสิ่งประดิษฐ์ชิ้นอื่นๆในประเภทเดียวกัน	ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ที่ทำขึ้นไม่มีความ โดดเด่น ไม่น่าสนใจและไม่ แสดงให้เห็นถึง ความแตกต่างจากสิ่งประดิษฐ์ชิ้นอื่นๆในประเภทเดียวกัน
2. การบูรณาการเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น โดยการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา	มีการเชื่อมโยงโดยนำหลักการทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโดยมี การบูรณาการกับ 4 วิชา ดังนี้ 1. วิทยาศาสตร์ 2. คณิตศาสตร์ 3. เทคโนโลยี 4. วิศวกรรม	มีการเชื่อมโยงโดย นำหลักการทฤษฎี มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโดยมี การบูรณาการ 3 วิชา	ีการเชื่อมโยงโดยนำหลักการทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโดยมี การบูรณาการ 2 วิชา	มีการเชื่อมโยงโดย นำหลักการทฤษฎี มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโดยมี การบูรณาการ 1 วิชา

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	ควรปรับปรุง (1)
3. คุณภาพของสิ่งประดิษฐ์	การออกแบบและตกแต่งสามารถดึงดูดความสนใจ มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสม ในการใช้งาน มี การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมีความสัมพันธ์สอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิชาการ การทำงานของสิ่งประดิษฐ์มีความปลอดภัยและ เหมาะสมกับสภาพ การใช้งาน	การออกแบบและตกแต่งสามารถดึงดูดความสนใจ มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสม ในการใช้งาน มี การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมีความสัมพันธ์สอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิชาการ แต่การทำงานของสิ่งประดิษฐ์ไม่มีความปลอดภัยและ ไม่เหมาะสมกับ สภาพการใช้งาน	การออกแบบและตกแต่งสามารถดึงดูดความสนใจ มี ขนาดและน้ำหนัก ที่เหมาะสมในการใช้งาน แต่การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดการทำงานไม่มี ความสัมพันธ์สอดคล้องและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ไม่มีความปลอดภัยและไม่เหมาะสมกับ สภาพการใช้งาน	การออกแบบและตกแต่งไม่ดึงดูดความสนใจ ขนาดและน้ำหนักไม่เหมาะสมกับการใช้ งาน การออกแบบ ติดตั้งอุปกรณ์ไม่มีความสัมพันธ์สอดคล้องและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การทำงาน ของสิ่งประดิษฐ์ไม่มีความปลอดภัยและ ไม่เหมาะสมกับ สภาพการใช้งาน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	ควรปรับปรุง (1)
4. การเลือกใช้วัสดุ	เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพ และประโยชน์ใน การใช้งาน ราคาไม่แพง คุณภาพของวัสดุที่ใช้มีความคงทน แข็งแรง และ มีความปลอดภัย	เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพ และประโยชน์ใน การใช้งาน ราคาไม่แพง แต่คุณภาพของวัสดุที่ใช้ไม่มีความคงทน แข็งแรงและไม่มีความปลอดภัย	เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพ และประโยชน์ใน การใช้งาน แต่ ราคาแพง และคุณภาพของวัสดุที่ ใช้ไม่มีความคงทน ไม่แข็งแรงและไม่มี ความปลอดภัย	เลือกใช้วัสดุไม่เหมาะสมกับสภาพ และประโยชน์ใน การใช้งาน ราคา แพง และคุณภาพ ของวัสดุที่ใช้ไม่มีความคงทน ไม่แข็งแรงและไม่มีความปลอดภัย
5. คุณค่าของสิ่งประดิษฐ์	สามารถสาธิตทดลอง ใช้งานได้ หรือพิสูจน์ได้ว่าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์ สามารถนำไปพัฒนา ต่อยอด หรือพัฒนาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง	สามารถสาธิตทดลอง ใช้งานได้ หรือพิสูจน์ได้ว่าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์แต่ไม่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้	สามารถสาธิตทดลอง ใช้งานได้ แต่พิสูจน์ไม่ได้ว่าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์ และไม่ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้	ไม่สามารถสาธิตทดลอง ใช้งานได้ พิสูจน์ไม่ได้ว่าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของสิ่งประดิษฐ์ และไม่ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	ควรปรับปรุง (1)
6. การนำเสนอผลงาน	มีการอธิบายรายละเอียดของผลงานได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตาม ทฤษฎีและสามารถ ตอบคำถามได้ อย่างถูกต้อง สามารถถ่ายทอด แนวคิดและ กระบวนการให้ ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย และชัดเจน รวมทั้ง มีบุคลิกภาพเหมาะสม	มีการอธิบายรายละเอียดของผลงานได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตาม ทฤษฎีและสามารถ ตอบคำถามได้ อย่างถูกต้อง สามารถถ่ายทอด แนวคิดและ กระบวนการให้ ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย และชัดเจน แต่ บุคลิกภาพไม่เหมาะสม	มีการอธิบายรายละเอียดของผลงานได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตาม ทฤษฎีแต่ไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและไม่สามารถถ่ายทอดแนวคิดและกระบวนการให้ผู้อื่นเข้าใจได้ บุคลิกภาพไม่เหมาะสม	มีการอธิบายรายละเอียดของผลงานไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจนตามทฤษฎี ตอบคำถามไม่ถูกต้อง ไม่สามารถถ่ายทอดแนวคิดและกระบวนการให้ผู้อื่นเข้าใจได้ บุคลิกภาพไม่เหมาะสม

เกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพ

24-18 คะแนน ระดับคุณภาพ ดีมาก

17-12 คะแนน ระดับคุณภาพ ดี

11-6 คะแนน ระดับคุณภาพ พอใช้

5-0 คะแนน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนการสอน

ปัญหาและอุปสรรค/ข้อบกพร่องที่พบ

ข้อเสนอแนะ/แนวทางในการแก้ปัญหา

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	เนื้อหาละเอียดชัดเจน	☐	☐	☐
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	☐	☐	☐
3	ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	☐	☐	☐
4	ประโยชน์ที่ได้จากการนำเสนอ	☐	☐	☐
5	วิธีการนำเสนอผลงาน	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ–สกุลของนักเรียน	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
11-13	ดี
8-10	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

พฤติกรรมที่สังเกต	คะแนน			
	4	3	2	1
1. มุ่งมั่นในการทำงาน				
2. ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและค้นหาความรู้ด้วยตนเอง				

เกณฑ์การประเมิน

4 หมายถึง ระดับดีมาก

3 หมายถึง ระดับดี

2 หมายถึง ระดับพอใช้

1 หมายถึง ระดับปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน

ผ่านเกณฑ์ระดับ ดี ขึ้นไป

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

ใบงาน เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

คำชี้แจง : อธิบายการค้นพบสารพันธุกรรมของนักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

ข้อ	นักวิทยาศาสตร์	การค้นพบสารพันธุกรรม
1.	โยฮันน์ ฟรีดริช มิเชอร์	.....
2.	โรเบิร์ต ฟอยล์แกน	.....
3.	เฟรเดอริก กริฟฟิท	.....

ข้อ	นักวิทยาศาสตร์	การค้นพบสารพันธุกรรม
4.	ออสวอลด์ ที แอเวอรี และคณะ	....

Name : ..... Class : ..... No. .....

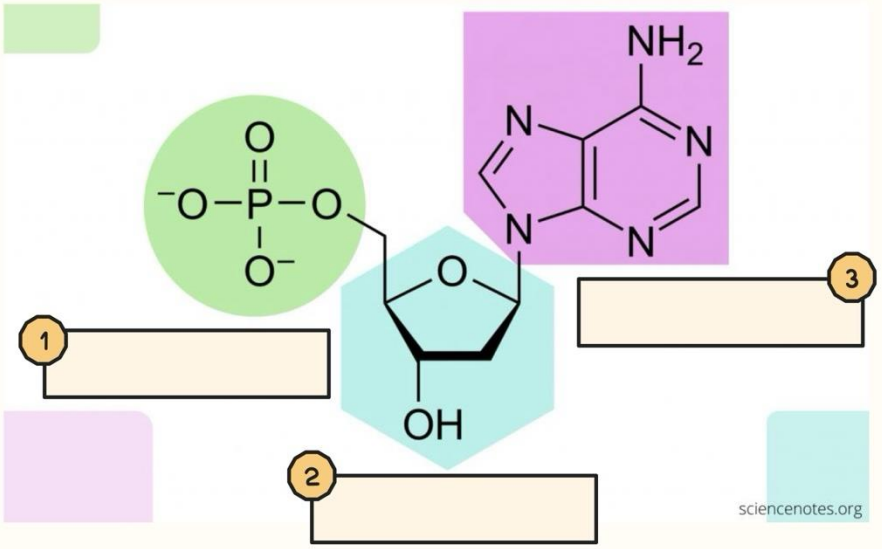
DNA STRUCTURE

กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) เป็นสารพันธุกรรม (genetic material) ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากสิ่งมีชีวิตรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง

กรดนิวคลีอิก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. _____
2. _____

โดยกรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่เป็น polymer ที่ประกอบขึ้นจากหน่วยย่อยที่เรียกว่า _____



▲ โครงสร้างนิวคลีโอไทด์ใน DNA

Name : ..... Class : ..... No. .....

DNA STRUCTURE

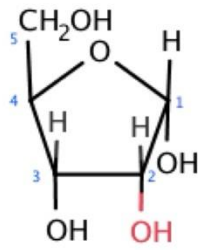
1 **หมู่ฟอสเฟต (phosphate group)** ให้นักเรียนวงกลมคำในวงเล็บ เลือกคำที่ถูกต้อง

ทำให้ DNA มีประจุเป็น (บวก / ลบ) และมีคุณสมบัติเป็น (กรด / เบส)

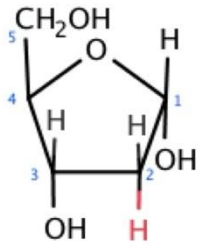
2 **น้ำตาล pentose** ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้อง

เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม

- ถ้าเป็น RNA จะมีน้ำตาล _____ เป็นองค์ประกอบ
- ถ้าเป็น DNA จะมีน้ำตาล _____ เป็นองค์ประกอบ



Ribose



Deoxyribose

3 **Nitrogenous base**

แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

- เบสพิวรีน (purine) ได้แก่ _____
- เบสไพริมิดีน (pyrimidine) ได้แก่ _____

Name : ..... Class : ..... No. .....

DNA STRUCTURE

1. ให้นักเรียนระบายสี องค์ประกอบของ Nucleotide แต่ละส่วนโดยกำหนดให้สีต่างๆ แทนองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

สีเขียว แทน phosphate group

สีเหลือง แทน pentose

สีต่าง ๆ ที่ใช้แทน Nitrogenous Base

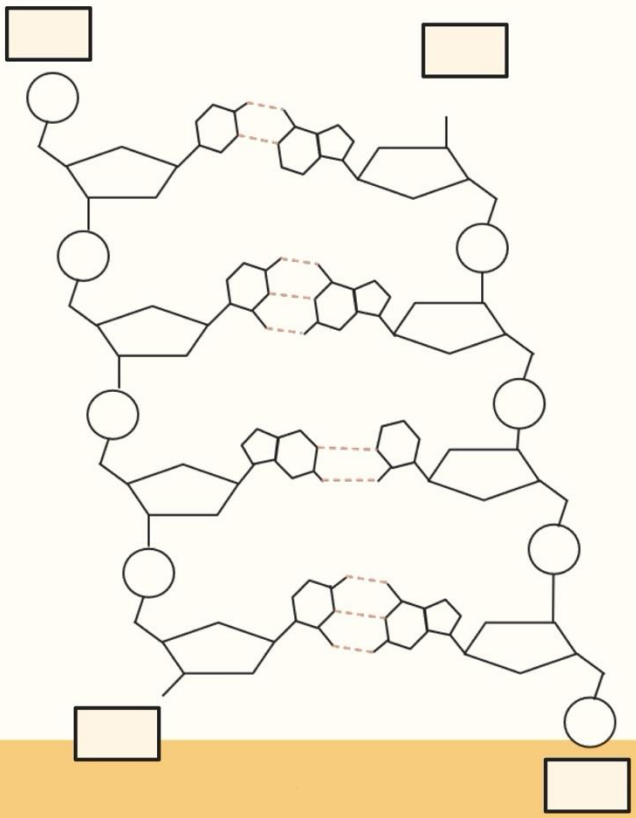
สีฟ้า แทน Adenine : A

สีม่วง แทน Guanine : G

สีชมพู แทน Thymine : T

สีส้ม แทน Cytosine : C

2. ให้นักเรียนกำหนดปลาย 5' และปลาย 3' ให้ถูกต้อง โดยเติมเลขลงใน ☐



3. เติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

- นิวคลีโอไทด์ตั้งแต่ 2 โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ _____
  สายที่เกิดขึ้นเรียกว่า _____
- สาย polynucleotide จะมีทิศทางของสาย (polarity) โดย
  - ส่วนปลายด้านที่มีฟอสเฟตอยู่อย่างอิสระ เรียกด้านนี้ว่า _____
  - ส่วนปลายที่มีหมู่ OH อิสระ เรียกด้านนี้ว่า _____
- สาย polynucleotide 2 สายจะมีการพันกันเป็นเกลียวเกิดเป็นโครงสร้างของ DNA

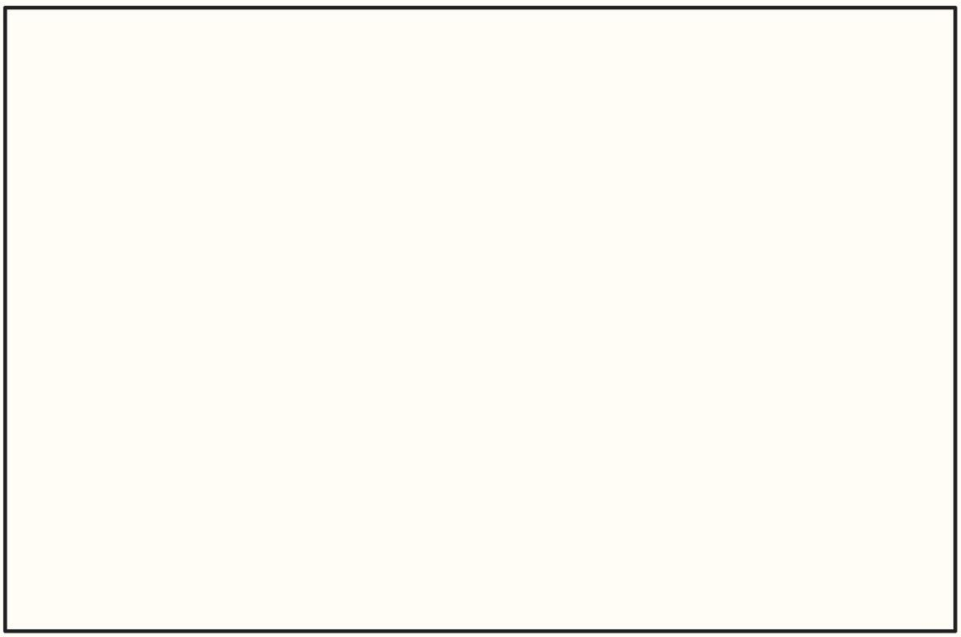
- เบสคู่สม (Complementary base pair)

  แรงยึดระหว่างคู่เบส A กับ T และคู่เบส G กับ C คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

  _____
  _____
  _____
  _____
  _____
  _____
  _____

GENE DNA CHROMOSOME

1. ให้นักเรียนวาดภาพความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้างระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม พร้อมอธิบายและสรุป



_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)
เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชา ชีววิทยา (ว31242)
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครโมโซมและสารพันธุกรรม เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม
เวลา 9 คาบ (450 นาที) ผู้สอน นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ

---

1. สาระชีววิทยา

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

2. ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลองดีเอ็นเอ

2. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม

1.2 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ

1.3 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

1.4 นักเรียนสามารถอธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

1.5 นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต

2. ด้านกระบวนการ (P)

2.1 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงใน ใบงาน เรื่อง DNA Replication ได้

2.2 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนลำดับกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของพอลิเพปไทด์ที่ได้จากการแปลรหัสได้ลงใน ใบงาน เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีน (Protein Synthesis) ได้

2.3 นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนได้

3. ด้านเจตคติ (A)

นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

4. สาระการเรียนรู้

- สมบัติของสารพันธุกรรม
- การจำลอง DNA
- การสังเคราะห์โปรตีน
- หน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

5. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

การสังเคราะห์ DNA เป็นการจำลองตัวเองของ DNA ที่เริ่มจากการทำลายพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการคลายเกลียวและแยกออกจากกัน ซึ่งแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นสายแม่แบบ (DNA template) โดยแบ่งเป็นสายนำ (leading strand) ที่มีการสังเคราะห์จากปลาย 5′ ไปยังปลาย 3′ และสายตาม (lagging strand) ที่มีการสังเคราะห์ DNA สายสั้น ๆ จากปลาย 3′ ไปยังปลาย 5′ ที่เรียกว่า ชิ้นส่วนโอคาซากิ (Okazaki fragment) แล้วจึงต่อเชื่อมกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส

การควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของดีเอ็นเอ เนื่องจากลำดับนิวคลีโอไทด์บางช่วงบนสาย DNA จะทำหน้าที่เป็นยีน ซึ่งจะกำหนดชนิดกรดอะมิโนที่ใช้สังเคราะห์โปรตีน และหากยีนมีความผิดปกติจะส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนทำให้เกิดความผิดปกติที่แสดงออกมาทางลักษณะฟีโนไทป์ เช่น สภาวะผิวเผือก โรคโลหิตจางแบบเม็ดเลือดแดงรูปเคียว

การสังเคราะห์โปรตีนจากดีเอ็นเอ จะมี RNA ชนิดต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ประกอบด้วยอาร์เอ็นเอนำรหัส (messenger RNA ; mRNA) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำรหัสพันธุกรรมจาก DNA มาสังเคราะห์โปรตีน อาร์เอ็นเอนำรหัส (transfer RNA ; tRNA) ทำหน้าที่นำแอนติโคดอนของนิวคลีโอไทด์สามตัวที่มีกรดอะมิโนจำเพาะมาเชื่อมต่อกับโคดอนของ mRNA และอาร์เอ็นเอไรโบโซม (ribosomal RNA ; rRNA) ทำหน้าที่ช่วยการจับของแอนติโคดอนของ tRNA กับโคดอนของ mRNA ซึ่งการสังเคราะห์โปรตีนจากดีเอ็นเอประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่

- การถอดรหัส (transcription) เป็นการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วยขั้นเริ่มต้นที่เริ่มจากการจับกันของ RNA พอลิเมอเรสกับสาย DNA ทำให้มีการคลายเกลียวของ DNA ขั้นการต่อสายยาวที่มีการเข้าคู่สมกับนิวคลีโอไทด์ (เบส C เข้าคู่กับเบส G และเบส A เข้าคู่กับเบส T) ซึ่งมีการสร้างสลับทิศกับสาย DNA แม่แบบ และขั้นสิ้นสุด ซึ่ง RNA พอลิเมอเรสจะหลุดออกจาก DNA และปล่อย mRNA ออกมา จากนั้น DNA 2 สายจะจับคู่และบิดเป็นเกลียวเหมือนเดิม

- การแปลรหัส (translation) เป็นการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์จาก mRNA แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วยกระบวนการเริ่มต้นที่มีการนำแอนติโคดอนของกรดกรดอะมิโนเมไทโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนตัวแรกมาเริ่มต้นการสังเคราะห์โปรตีนโดยนำมาเชื่อมต่อกับโคดอนของ mRNA กระบวนการต่อสายยาวที่มีการนำแอนติโคดอนของกรดอะมิโนลำดับถัดไปมาต่อเชื่อมกับกรดอะมิโนเมไทโอนีน และต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งจะมีการสร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนที่อยู่ติดกัน และกระบวนการสิ้นสุด ซึ่งจะสิ้นสุดการแปลรหัสเนื่องจากมีการต่อสายยาวของกรดอะมิโนจนถึงโคดอนที่เป็นรหัสหยุด

6. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL)

คาบที่ 1

1. กระตุ้นความสนใจ

1.1 นักเรียนทำกิจกรรม “We are Family” โดยครูจะให้นักเรียนพิจารณารูปภาพของคน และสัตว์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน และให้นักเรียนจัดกลุ่มครอบครัวของคน และสัตว์จากภาพที่นักเรียนเห็น

1.2 นักเรียนออกมานำเสนอการจัดกลุ่มครอบครัว พร้อมอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงจัดกลุ่มแบบนี้ (เพราะมีหน้าตาคล้ายกัน ลักษณะคล้ายกัน สีผิว สีขน ความสูงคล้ายคลึงกันเป็นต้น)

1.3 นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- บุคคลในครอบครัวเดียวกัน มีลักษณะภายนอกคล้ายกันได้อย่างไร

(DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ และทำให้เกิดการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูก)

- สิ่งมีชีวิตมี DNA เป็นสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของตนเอง แล้ว DNA เหล่านั้นสามารถถ่ายทอดส่งต่อมายังลูกได้อย่างไร

(มีการแบ่งเซลล์ สร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีการเพิ่มจำนวน DNA)

- เมื่อมีการแบ่งเซลล์ข้อมูลทางพันธุกรรมจากเซลล์แม่จะส่งต่อไปยังเซลล์ลูกได้อย่างไร

(มีการเพิ่มจำนวน DNA ส่งให้ลูกกผ่านเซลล์สืบพันธุ์)

- นักเรียนคิดว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA ในโมเลกุลเดิม และโมเลกุลใหม่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

- นักเรียนคิดว่าขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอเป็นอย่างไร

คาบที่ 2

2. ตั้งปัญหา และแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

2.1 นักเรียนตั้งคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในระยะ S ก่อนที่จะเริ่มมีการแบ่งเซลล์แบบ ไมโทซิสและไมโอซิส

2.2 นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสงสัย

คาบที่ 3-4

3. ขั้นค้นคว้าและคิด

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนชีววิทยา ใบความรู้เรื่อง DNA Replication และสื่อการเรียนรู้ powerpoint เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) ที่ครูเตรียมมาให้เพื่อตอบข้อสงสัยเรื่องการจำลองดีเอ็นเอของแต่ละกลุ่ม

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำสื่อเกี่ยวกับกระบวนการจำลองดีเอ็นเอรูปแบบใดก็ได้ เพื่อนำสื่อนั้นออกมานำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นเข้าใจกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ และตอบข้อสงสัยต่าง ๆ ที่กลุ่มของตนเองสงสัยได้

คาบ 5

4. ขั้นนำเสนอ

4.1 ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอสื่อที่ตนเองคิดขึ้น เพื่อสื่อสารให้เพื่อนๆ กลุ่มอื่นเข้าใจกระบวนการจำลอง DNA (DNA Replication)

4.2 ครูขยายความรู้เพิ่มเติม โดยใช้สื่อการสอน Powerpoint เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

5. ขั้นการประเมิน

5.1 นักเรียนร่วมกันประเมินตนเองจากการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาว่าได้รับความรู้ในเรื่องใดบ้าง

5.2 นักเรียนแต่ละคนสุ่มตอบคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการจำลอง DNA จากสื่อการสอนในรูปแบบเกมเลือกตอบจาก powerpoint ที่ครูทำขึ้น หรือใช้สื่อของนักเรียนประกอบด้วย

5.3 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง DNA Replication

คาบที่ 6

1. กระตุ้นความสนใจ

1.1 นักเรียนศึกษาภาพของเซลล์หลากหลายชนิด ซึ่งนักเรียนสามารถสังเกตว่าเซลล์แต่ละชนิดมีรูปร่าง ลักษณะ และหน้าที่ที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีองค์ประกอบของเซลล์โดยเฉพาะโปรตีนที่แตกต่างกัน

1.2 นักเรียนศึกษาภาพตัวอย่างของเซลล์ที่ต่อมไทรอยด์ซึ่งมีหลายชนิด เช่น เซลล์ฟอลลิคิวลาร์ที่มีโปรตีนสำหรับการสังเคราะห์ฮอร์โมนไทรอกซินที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย เซลล์พาราฟอลลิคิวลาร์ที่สร้างฮอร์โมนแคลซิโทนินทำหน้าที่กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ลดการดูดกลับแคลเซียมที่ไตและลดอัตราการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก และตอบคำถามต่อไปนี้

- เซลล์ทั้งสองชนิดนี้ในต่อมไทรอยด์มี DNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เหมือนกัน เพราะเหตุใดเซลล์จึงมีรูปร่าง ลักษณะ และหน้าที่ที่แตกต่างกัน **(เซลล์แต่ละชนิดมีการแสดงออกของยีน และการสังเคราะห์โปรตีนแตกต่างกัน)**
- นักเรียนทราบหรือไม่ว่า DNA และโปรตีนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

คาบที่ 7

2. ตั้งปัญหา และแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

2.1 นักเรียนตั้งคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนจาก DNA ที่อยู่ภายในนิวเคลียส

2.2 นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

คาบที่ 8

3. ขั้นค้นคว้าและคิด

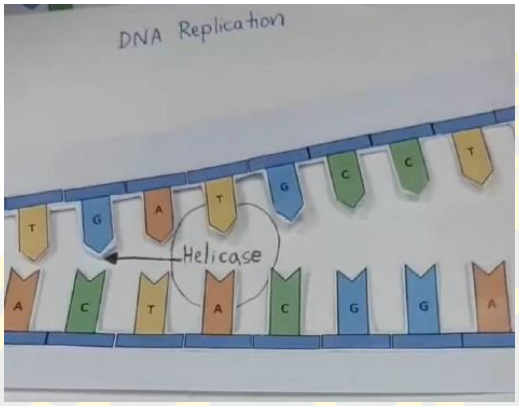
3.1 นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจากหนังสือเรียนชีววิทยา และจากใบความรู้ เรื่อง การแสดงออกของยีน

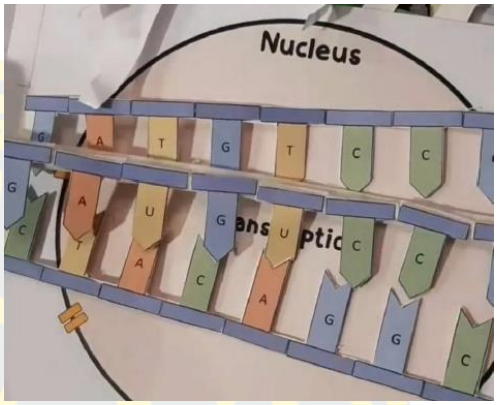
3.2 นักเรียนในแต่ละกลุ่มเขียนสรุปขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนลงในกระดาษ A4 เพื่อทำความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

3.2.2 หน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาโมเดลการสังเคราะห์โปรตีนที่ครูจัดทำขึ้น เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนในการจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) การถอดรหัส (transcription) และขั้นตอนการแปลรหัส (translation)





คาบที่ 9

4. ขั้นนำเสนอ

4.1 ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการถอดรหัส และกระบวนการแปลรหัส โดยใช้โมเดลที่ครูนำมาให้ หรือใช้สื่ออื่น ๆ ที่ตนเองถนัดก็ได้

4.2 นักเรียนทุกกลุ่มต้องสามารถตอบคำถามในประเด็นที่ครูกำหนดได้ ดังนี้

- การจำลอง DNA เกิดขึ้นที่บริเวณใดภายในเซลล์
- การสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้นที่ส่วนใดของเซลล์
- หน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
- ในเซลล์ยูแคริโอต และเซลล์โปรแคริโอตมีกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

4.3 นักเรียนและครูสรุปความรู้ความเข้าใจร่วมกันในกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการถอดรหัส และกระบวนการแปรรหัส

5. ขั้นการประเมิน

5.1 นักเรียนร่วมกันประเมินตนเองจากการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาว่าได้รับความรู้ในเรื่องใดบ้าง

5.2 นักเรียนทำใบงาน เรื่อง Protein Synthesis

7. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

7.1 หนังสือเรียนชีววิทยา 2

7.2 ใบความรู้เรื่อง DNA Replication

7.3 ใบความรู้เรื่องการแสดงออกของยีน (Gene expression)

7.4 Powerpoint เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

7.5 Powerpoint เรื่อง เกมการจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

7.6 Powerpoint เรื่อง การแสดงออกของยีน (Gene expression)_การสังเคราะห์โปรตีน

7.7 โมเดลกระดาษจำลองกระบวนการ DNA Replication Transcription และ Translation

7.8 ใบงาน เรื่อง DNA Replication

7.9 ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis

8. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge)			
1. อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม	- ตรวจใบงาน เรื่อง DNA Replication	- ใบงาน เรื่อง DNA Replication	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง DNA Replication ได้ถูกต้องทุกข้อ
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ	- ตรวจใบงาน เรื่อง DNA Replication	- ใบงาน เรื่อง DNA Replication	
3. สืบค้นข้อมูล อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	- ตรวจใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง Protein Synthesis ได้ถูกต้องทุกข้อ
4. อธิบายหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	- ตรวจใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง Protein Synthesis ได้ถูกต้องทุกข้อ
5. อธิบายเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรแคริโอตและยูแคริโอต	- ตรวจใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง Protein Synthesis ได้ถูกต้องทุกข้อ
ด้านกระบวนการ (Process)			
1. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงใน ใบงาน เรื่อง DNA Replication ได้	- ตรวจใบงาน เรื่อง DNA Replication	- ใบงาน เรื่อง DNA Replication	- นักเรียนทำใบงาน เรื่อง DNA Replication ได้ถูกต้องทุกข้อ
2. นักเรียนสามารถทำ		- ใบงาน เรื่อง Protein	- นักเรียนทำใบงาน

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
กิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนลำดับกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของพอลิเพปไทด์ที่ได้จากการแปลรหัสได้ลงใน ใบงาน เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีน (Protein Synthesis) ได้ 3. นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนได้	- ตรวจใบงาน เรื่อง Protein Synthesis - สังเกตการนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน	Synthesis - แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	เรื่อง Protein Synthesisได้ถูกต้องทุกข้อ - นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดี ขึ้นไปถือว่าผ่าน
ด้านเจตคติ (Attitude) 1. นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม 2.นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	- สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน - สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - แบบประเมินพฤติกรรมการสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ปานกลาง ถือว่าผ่าน -นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนการสอน

ปัญหาและอุปสรรค/ข้อบกพร่องที่พบ

ข้อเสนอแนะ/แนวทางในการแก้ปัญหา

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(.....)

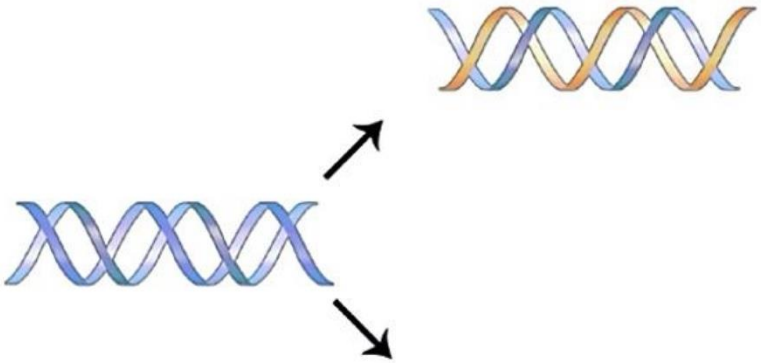
ตำแหน่ง .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

DNA Replication

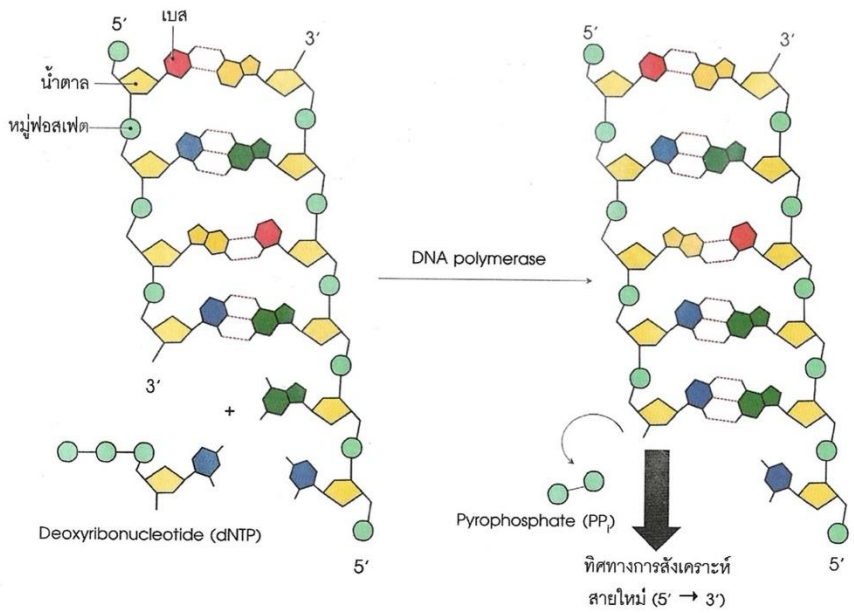
การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นกระบวนการสำคัญในการเพิ่มจำนวนเซลล์ในสิ่งมีชีวิต เมื่อเซลล์เกิดการแบ่งเซลล์ขึ้น สารพันธุกรรมภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มจำนวนเช่นกัน เพื่อให้สามารถส่งต่อไปยังเซลล์ลูกที่เกิดขึ้นได้ เรียกกระบวนการนี้ว่า การจำลอง DNA หรือการลอกแบบ DNA เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียสของเซลล์ยูคาริโอต และจะเกิดขึ้นในระยะ S ของระยะ Interphase ในการแบ่งเซลล์

Jame D. Watson และ Francis Crick ได้ทำนายไว้ว่าการเพิ่มจำนวนของ DNA จะเกิดขึ้นผ่านแบบจำลองที่เรียกว่า Semiconservative model ซึ่งอธิบายไว้ว่า DNA ประกอบขึ้นจากสายคู่สองสาย แต่ละสายจะแยกออกจากกันขณะมีการจำลอง DNA และแต่ละสายนี้จะทำหน้าที่เป็นแม่แบบ (template strand) ในการสังเคราะห์สายใหม่ขึ้น ดังนั้น DNA สายใหม่ที่เกิดขึ้น 2 โมเลกุล แต่ละโมเลกุลจะประกอบขึ้นจากสายเก่า 1 สายและสายใหม่ 1 สาย



DNA Replication

สำหรับขั้นตอนการจำลอง DNA มีเอนไซม์ DNA polymerase ใช้ในการต่อสาย polynucleotide โดยการเติม nucleotide เข้าทางไปทางด้าน 3' เท่านั้น ซึ่งการต่อสาย polynucleotide นี้ใช้หน่วยย่อยเป็นนิวคลีโอไทด์ที่มีฟอสเฟต 3 หมู่และ deoxyribose เรียกหน่วยย่อยนี้ว่า deoxynucleoside triphosphate (dNTPs) ซึ่งเมื่อต่อสายแล้วจะมีการปลดปล่อยหมู่ฟอสเฟตออกมา 2 หมู่ เรียกว่า pyrophosphate



ที่มารูปภาพ : ศุภณัฐ ไพโรหกุล

ขั้นตอนการจำลอง DNA (DNA Replication) แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก

1. ขั้นตอนการเริ่มต้นการจำลอง DNA ที่มีการคลายเกลียว DNA
2. ขั้นตอนการสร้างไพรเมอร์ (primer)
3. ขั้นตอนการต่อสาย DNA (DNA strand elongation)
4. ขั้นตอนการกำจัด primer (primer removal)
5. ขั้นตอนการสร้างสาย DNA ให้สมบูรณ์

1 ขั้นตอนเริ่มต้นการจำลอง DNA

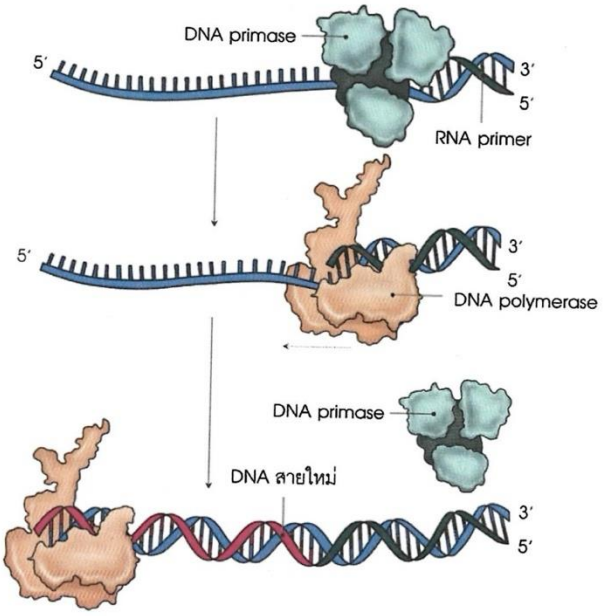
ขั้นตอนแรกสุดของกระบวนการ ซึ่งในแบคทีเรียจะมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่บริเวณ origin of replication หรือ ori โดยในแบคทีเรียจะมี origin of replication เพียง 1 ตำแหน่ง ขณะที่ยูคาริโอตซึ่งมี DNA ยาวกว่าจะมี origin of replication มากกว่า 1 ตำแหน่ง

การจำลอง DNA เป็นแบบ semiconservative model ดังนั้นที่บริเวณ origin of replication จึงต้องมีการแยก DNA สายคู่ออกให้เป็น DNA สายเดี่ยว โดยใช้เอนไซม์ DNA helicase ในการทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สม แต่เนื่องจากเมื่อเกิดการแยกกันเป็นสายเดี่ยวแล้ว ลำดับเบสทั้ง 2 ส่วนยังคงเป็นคู่สมกัน จึงมีแนวโน้มที่ DNA สายเดี่ยวทั้งสองสายจะกลับมาเข้าคู่กันใหม่อีกครั้ง เซลล์จึงมีโปรตีนกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า single-strand binding protein (SSB protein) ไปจับกับ DNA สายเดี่ยวที่ถูกแยกออกจากกันเพื่อไม่ให้กลับไปจับกันใหม่อีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้ปัญหาอีกอย่างที่เกิดจากการคลายเกลียว DNA คือการเกิดปม (supercoiling) เหนือบริเวณที่มีการแยกสาย (replication fork) เซลล์จึงใช้เอนไซม์ DNA topoisomerase มาแก้ปัญหาปมที่เกิดขึ้น

2-3 การสร้าง RNA primer การต่อสาย DNA (DNA strand elongation)

เนื่องจากการจำลอง DNA โดยใช้ DNA polymerase จะเกิดโดยการต่อสายทางด้าน 3' เท่านั้น แสดงว่าเอนไซม์ DNA polymerase ไม่สามารถวาง dNTP ในตำแหน่งแรกได้ทำได้เพียงต่อจากสายที่มีอยู่ก่อนแล้วเท่านั้น แต่เมื่อ DNA มีการแยกออกจากกันด้วยเอนไซม์ helicase แล้วจำเป็นจะต้องมีการวางนิวคลีโอไทด์ตัวแรกก่อน ดังนั้นเซลล์จึงมีการใช้เอนไซม์ DNA primase หรือ primase ที่มีสมบัติในการวางนิวคลีโอไทด์ตัวแรกได้ โดยจะวางนิวคลีโอไทด์ของ RNA (NTP) สายสั้น ๆ เรียกว่า RNA primer ซึ่งมักมีความยาวประมาณ 10 นิวคลีโอไทด์ จากนั้นเอนไซม์ DNA polymerase III ซึ่งเป็นชนิดหลักในการสังเคราะห์ DNA สายใหม่ จึงสามารถเข้ามาต่อสายในขั้นตอนการต่อสาย DNA ได้



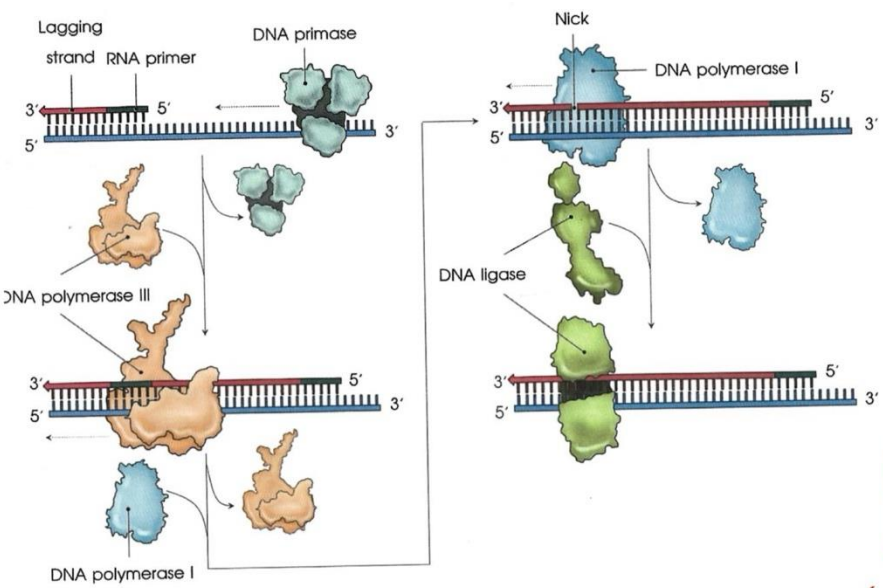
ที่มารูปภาพ : ศุภณัฐ ไพโรหกุล

4 ขั้นตอนการกำจัด primer (primer removal)

ผลที่ได้จากการจำลอง DNA จะประกอบขึ้นจากนิวคลีโอไทด์ของ DNA ทั้งหมด ดังนั้นส่วนที่เป็น RNA primer จึงจำเป็นจะต้องถูกนำออกจากโมเลกุลของ DNA สายใหม่ที่สังเคราะห์ขึ้น โดยใช้เอนไซม์ DNA polymerase I ตัดเอา RNA primer ออก แล้ววาง dNTPs ของ DNA ลงไปแทนตำแหน่ง RNA primer เดิมได้

5 ขั้นตอนการสร้างสาย DNA ให้สมบูรณ์

ขั้นตอนสุดท้าย จะใช้เอนไซม์ DNA ligase ในการเชื่อม dNTP ที่เติมไปแทนที่ RNA primer ตัวสุดท้ายซึ่งจะมีหมู่ 3'–OH เหลืออยู่ ขณะที่นิวคลีโอไทด์ของ DNA สายใหม่ที่สังเคราะห์ไว้ก่อนหน้าจะมีหมู่ 5'-PO อยู่ เรียกบริเวณนี้ว่า nick และ DNA ligase จะทำหน้าที่ในการสร้าง phosphodiester bond ระหว่างนิวคลีโอไทด์ โดยไม่มีการเติมนิวคลีโอไทด์เพิ่มจากเอนไซม์ DNA ligase

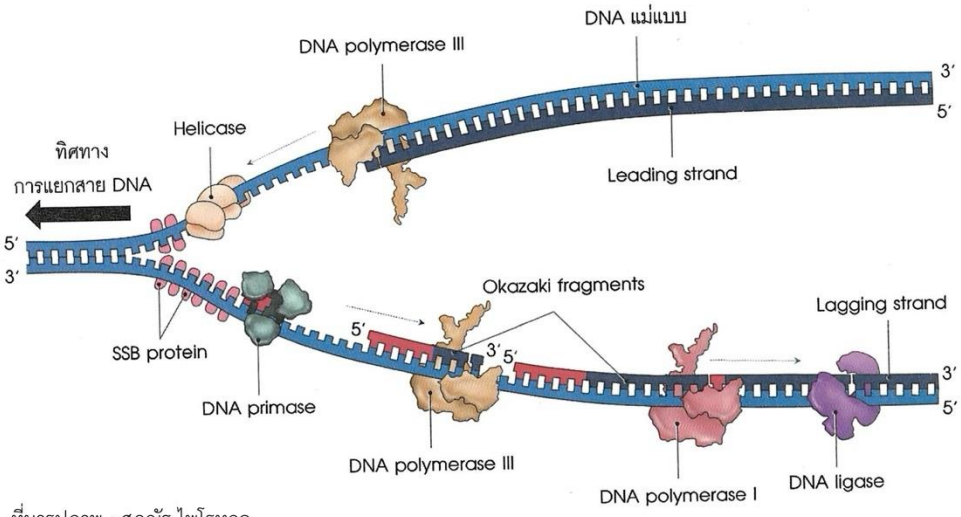


ที่มารูปภาพ : ศุภณัฐ ไพโรหกุล

การจำลอง DNA สายใหม่ 2 สายจะมีความแตกต่างกัน คือ

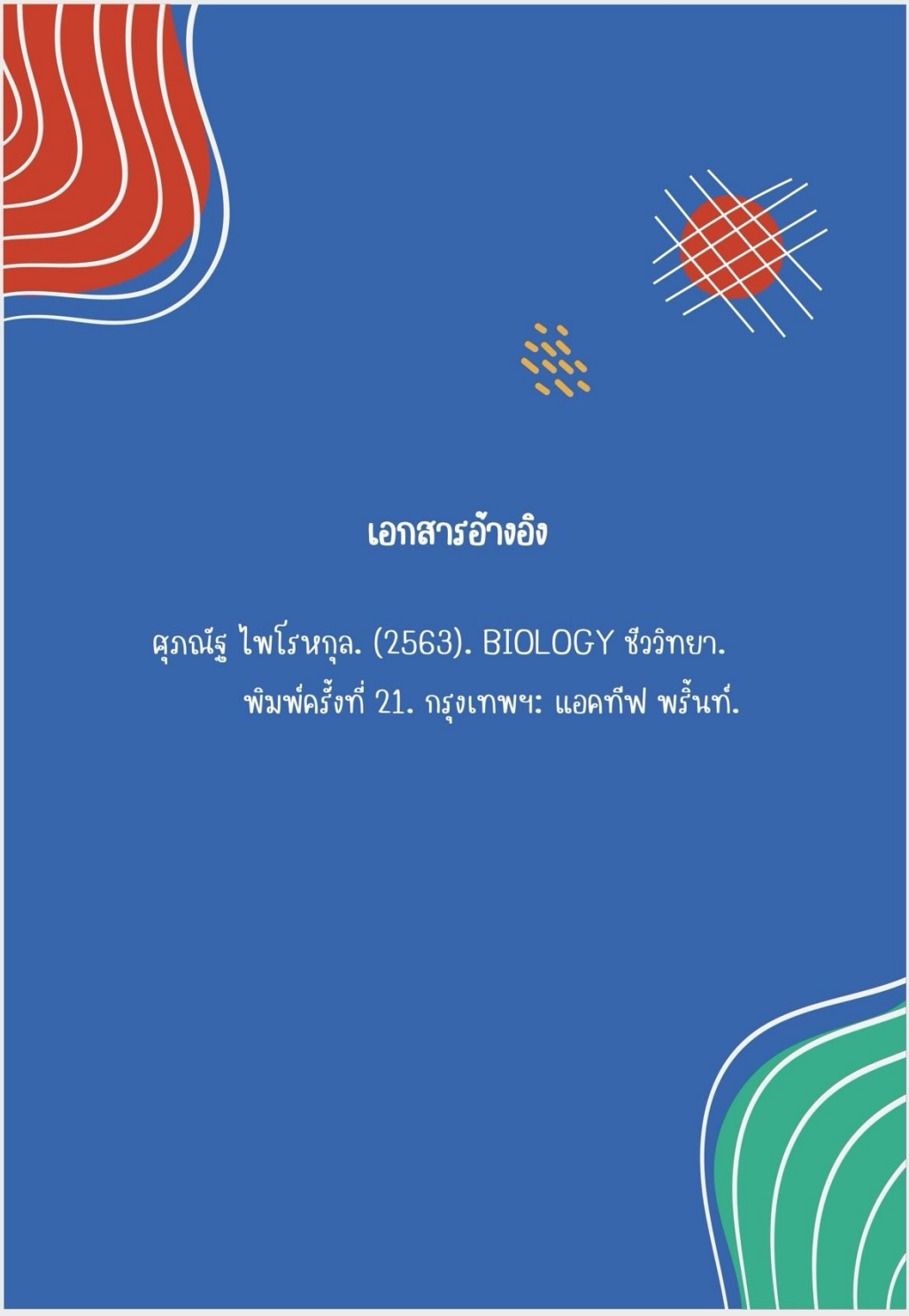
สายหนึ่งจะสามารถสร้างต่อเนื่องกันไปได้เรื่อยๆ เรียกว่า leading strand เพราะสามารถเกิดการสังเคราะห์ได้ต่อเนื่อง (continuous elongation)

ขณะที่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อเนื่องกันเป็นสายยาวได้ เนื่องจากในการจำลอง DNA เอนไซม์ DNA polymerase จะเติม dNTPs ในการสร้างสายใหม่ในทิศทางจาก 5' → 3' เสมอ ซึ่งสวนทางกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม การสร้างสายใหม่ในฝั่งนี้จึงต้องมีการสร้างเป็น DNA สายสั้น ๆ เรียกว่า Okazaki fragment และแต่ละท่อนของ Okazaki fragment จะถูกเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ DNA ligase เรียก DNA สายใหม่ที่เกิดจากการต่อกันของ Okazaki fragment นี้ว่า lagging strand ซึ่งการสังเคราะห์ DNA จะไม่สามารถเกิดการสังเคราะห์ได้ต่อเนื่อง (discontinuous elongation)



ที่มารูปภาพ : ศุภณัฐ ไพโรหกุล

แผนภาพสรุปกลไกการจำลอง DNA



เอกสารอ้างอิง

ศุภณัฐ ไพโรหกุล. (2563). BIOLOGY ชีววิทยา.
พิมพ์ครั้งที่ 21. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้นท์.

ใบงาน เรื่อง DNA Replication

Name : _____ Class : _____ No. : _____

คำชี้แจง ตอบคำถามเกี่ยวกับการจำลอง DNA ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายลักษณะสำคัญของ DNA ที่เป็นคุณสมบัติของการเป็นสารพันธุกรรม

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2. การจำลอง DNA แบบ Semiconservative replication มีลักษณะเป็นอย่างไร

_____

_____

_____

_____

3. การสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลองต้องใช้องค์ประกอบอะไรบ้าง

_____

_____

_____

_____

_____

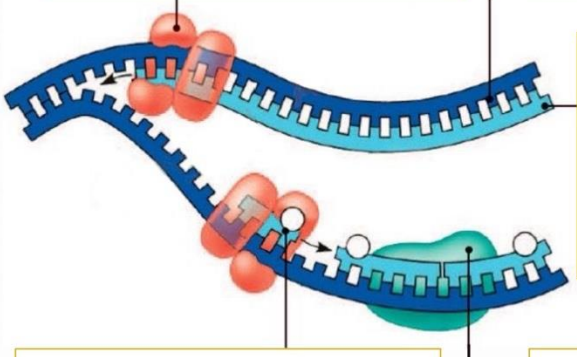
_____

_____

4. จงระบุชื่อโครงสร้างต่าง ๆ ในกระบวนการสังเคราะห์ DNA พร้อมทั้งอธิบายหน้าที่ / ลักษณะ

1. โครงสร้าง_____
หน้าที่/ลักษณะ_____
_____
_____
_____

2. โครงสร้าง_____
หน้าที่/ลักษณะ_____
_____
_____
_____



3. โครงสร้าง_____
หน้าที่/ลักษณะ_____
_____
_____
_____

5. โครงสร้าง_____
หน้าที่/ลักษณะ_____
_____
_____
_____

4. โครงสร้าง_____
หน้าที่/ลักษณะ_____
_____
_____
_____

5. การสังเคราะห์ดีเอ็นเอในสาย leading strand และสาย lagging strand เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

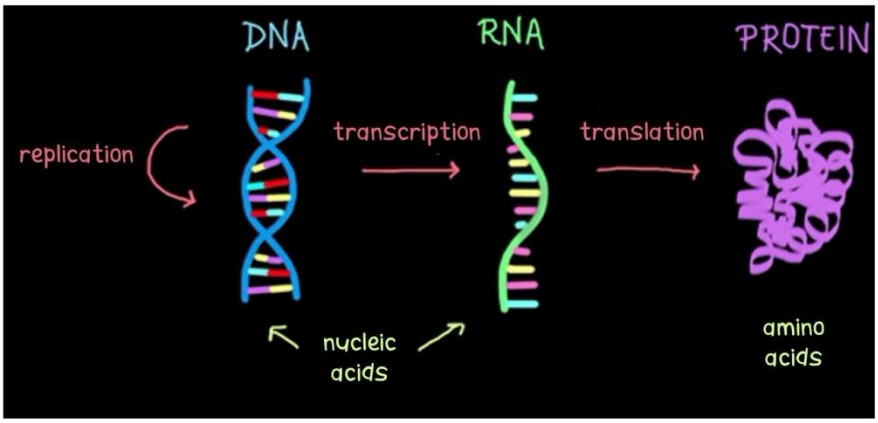
_____
_____
_____
_____
_____
_____

การแสดงออกของยีน (Gene expression)

สิ่งมีชีวิตจะมีสารพันธุกรรมเป็นสารพวก DNA ยกเว้นไวรัสบางชนิดที่ใช้ RNA ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรมแทนได้ โดย DNA สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลง การทำงานต่าง ๆ ภายในเซลล์ได้ ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การแสดงออกของยีน (Gene expression) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นโปรตีนชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันออกไป และโปรตีนเหล่านี้สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลอื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น การสร้างพอลิเมอร์ของพอลิแซคคาไรด์ การสังเคราะห์ลิพิดชนิดต่าง ๆ เป็นต้น จะเห็นได้ว่า DNA ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ โดยมีโปรตีนเป็นตัวทำงานให้กับเซลล์ได้

การแสดงออกของยีนประกอบขึ้นจาก 2 ขั้นตอนหลัก คือ การถอดรหัส (transcription) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการคัดลอก DNA ออกมาเป็นตัวกลาง คือ RNA สำหรับส่งไปยังขั้นตอนต่อมา คือ การแปลรหัส (translation) ซึ่งจะอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์บน RNA แล้วเปลี่ยนเป็นโปรตีนต่อไปได้

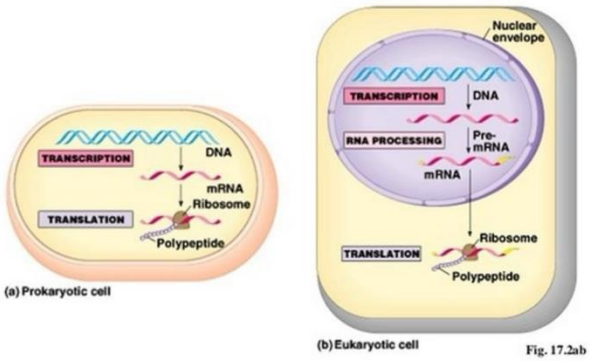
นักวิทยาศาสตร์ได้อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดการแสดงออกของยีนผ่านทางลำดับนิวคลีโอไทด์ต่าง ๆ นี้ด้วยสิ่งที่เรียกว่า **Central Dogma of molecular genetics** ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Central Dogma of Molecular Genetics

เซลล์โปรคาริโอต (Prokaryote cell) มีความซับซ้อนต่ำและไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ขั้นตอน transcription และ translation จะเกิดขึ้นภายในไซโทซอลของเซลล์และสามารถเกิดต่อเนื่องกันไปได้ กล่าวคือ RNA ที่สร้างมาจากขั้นตอน transcription สามารถเกิดการ translation ต่อได้เลย โดยที่การ transcription ยังไม่จำเป็นต้องเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งแตกต่างไปจากเซลล์ยูคาริโอต (Eukaryotic cell) ที่การ

จำลอง DNA และ transcription จะเกิดในนิวเคลียส และการสังเคราะห์ RNA ในขั้นตอน transcription ต้องเสร็จสมบูรณ์ก่อนจึงจะสามารถส่งไปเกิดการ translation ที่เกิดขึ้นภายในไซโทซอลต่อไปได้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการแสดงอออกของยีนในเซลล์โปรคาริโอต และเซลล์ยูคาริโอต

ที่มา : https://shorturl.asia/c2K9b

นอกจากนี้ยังพบขั้นตอนการตัดแต่ง RNA หรือ RNA processing ซึ่งเป็นการตัดแต่ง RNA ที่สังเคราะห์ได้จากขั้นตอน transcription ให้มีความพร้อมในการเกิด translation ใน cytosol ต่อไป

การถอดรหัส (Transcription)

- การถอดรหัสเป็นขั้นตอนแรกสุดในการแสดงออกของยีน โดยการคัดลอกลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA บางส่วนออกมาเป็น RNA ก่อนจะส่งเข้าไปเกิดการแปลรหัส (translation) ต่อไปในไซโทซอล ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นภายในนิวเคลียสของเซลล์ยูคาริโอตเช่นเดียวกับการเกิด DNA replication
- การ transcription จะเกิดขึ้นที่บางบริเวณของ DNA เท่านั้น เรียกบริเวณของ DNA ที่เกิดการ transcription นี้ว่า ยีน (gene) ขณะที่การจำลอง DNA จะเกิดขึ้นตลอดทั้งโมเลกุลของ DNA
- การ transcription จะเกิดขึ้นบน DNA สายหนึ่งเท่านั้น (single strand) โดยสายที่เป็นต้นแบบในการสร้าง RNA เรียกว่า สายแม่แบบ (template strand หรือ noncoding strand หรือ antisense strand) ส่วนอีกสายหนึ่งจะไม่ได้ใช้ในการ transcription เรียกว่า nontemplate strand หรือ coding strand หรือ sense strand

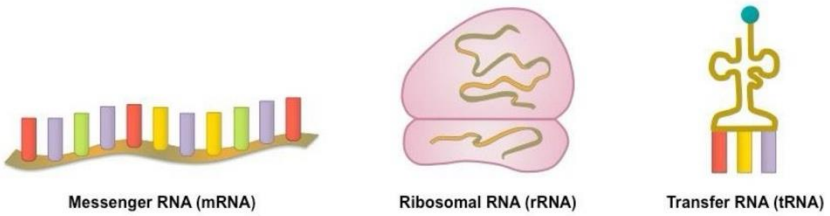
○ การ transcription ไม่จำเป็นต้องใช้ primer ในการสังเคราะห์เหมือนกับขั้นตอนการจำลอง DNA สำหรับ ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการ transcription คือ RNA

RNA (Ribonucleic acid) เป็นกรดนิวคลีอิกที่มีรูปร่างและหน้าที่หลากหลาย มี 3 ชนิด ดังนี้

1. messenger RNA (mRNA) เป็น RNA ที่นำข้อมูลจาก DNA ส่งออกไปยัง cytosol สำหรับนำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนในขั้นตอน translation ต่อไป

2. transfer RNA (tRNA) เป็น RNA ที่ทำหน้าที่นำกรดอะมิโนภายในเซลล์มาเรียงต่อกันในขั้นตอนการ translation โดย tRNA จะมีลำดับเบสที่เป็นเบสคู่สมกับรหัสพันธุกรรมบนสาย mRNA เรียกลำดับเบสของ tRNA นี้ว่า anticodon

3. ribosomal RNA (rRNA) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไรโบโซม ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีนในขั้นตอนการ translation



ภาพที่ 3 RNA ชนิดต่าง ๆ

ที่มา : https://shorturl.asia/Anasw

ขั้นตอนการ transcription ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. ขั้นตอนเริ่มต้น (initiation)
2. ขั้นตอนการต่อสาย RNA (elongation)
3. ขั้นตอนสิ้นสุด (termination)

1. ขั้นตอนเริ่มต้น (initiation)

เริ่มจากเอนไซม์ RNA polymerase สามารถสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์ตัวแรกได้โดยไม่ต้องมีการสร้าง primer นอกจากนี้เอนไซม์ RNA polymerase ยังสามารถทำให้เกิดการคลายเกลียวของสาย DNA ได้เช่นเดียวกับเอนไซม์ helicase

เริ่มจากเอนไซม์ RNA polymerase เข้ามาจับกับสาย DNA ที่บริเวณที่เรียกว่า promoter ก่อนจะทำให้ DNA บริเวณนั้นเกิดการคลายเกลียว หลังจากนั้น RNA polymerase จะเคลื่อนมาตามสาย DNA ที่ใช้เป็น template แล้วเริ่มวางนิวคลีโอไทด์ตัวแรก เรียกตำแหน่งนี้ว่า **transcription start site**

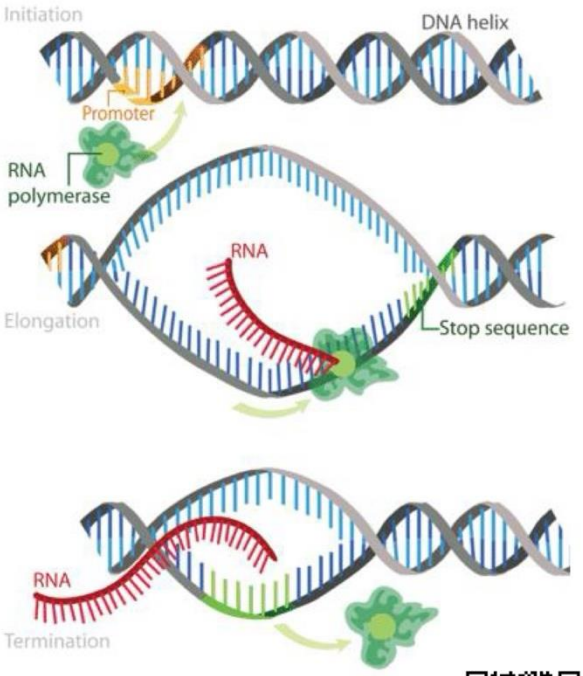
2. ขั้นตอนการต่อสาย RNA (elongation)

เมื่อเริ่มวางนิวคลีโอไทด์ตัวแรกแล้ว ขั้นตอนการต่อสาย RNA polymerase จะเคลื่อนต่อไปบน DNA สายเก่าในทิศทาง 3' → 5' และวางนิวคลีโอไทด์ต่อไปเรื่อย ๆ ได้เป็นสาย RNA สายใหม่ที่ถูกสังเคราะห์ในทิศทาง 5'→ 3' ของสาย RNA

บริเวณที่ RNA polymerase เคลื่อนผ่านไปแล้ว DNA จะกลับเข้ามาจับกันใหม่อีกครั้ง เพราะการ transcription ไม่มีโปรตีน SSB มาจับเพื่อป้องกันไม่ให้สาย DNA 2 สายที่แยกกันกลับมาจับกันเหมือนในการจำลอง DNA

3. ขั้นตอนสิ้นสุด (termination)

RNA polymerase เคลื่อนผ่านลำดับเบสในยีนที่ทำหน้าที่เป็น termination site จะมีการส่งสัญญาณทำให้ RNA หลุดออกมาจาก DNA สายแม่แบบได้ ซึ่งเป็นการทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สมของ DNA-RNA hybrid จากนั้นสาย RNA ของยูคาริโอตที่เกิดขึ้นก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการตัดแต่ง RNA (RNA processing) ก่อนจะเข้าไปเกิด translation ที่ cytosol ต่อไป



ขั้นตอนการถอดรหัส (transcription)

ที่มา : https://shorturl.asia/qvNx7

กระบวนการตัดแต่ง RNA (RNA processing)

มี 3 ขั้นตอน ได้แก่

การเติมหมู่เมทิล (methyl group) ที่ปลาย 5’(5’ methyl capping)

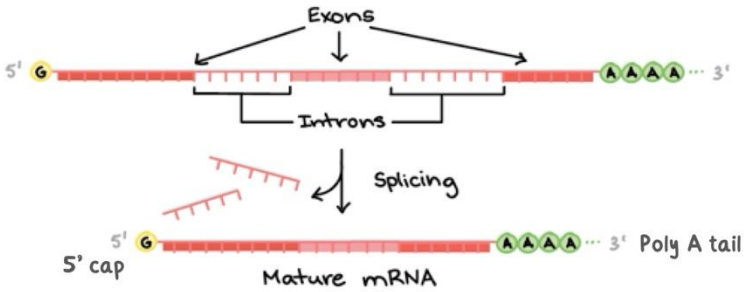
โดยการนำเบส Guanine ชนิดพิเศษที่มีหมู่ methyl group (methyl guanine) เข้ามาจับทางด้านปลาย 5’ เพื่อเพิ่มความสเถียรให้กับโมเลกุลของ RNA

การเติมนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส Adenine ที่ปลาย 3’ (3’ polyadenylation)

นำนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส Adenine จำนวนมากตั้งแต่ 50 – 250 โมเลกุลมาต่อที่ปลาย 3’ เรียกว่า poly A tail

การตัดชิ้นส่วน RNA บางส่วนออก แล้วเอาชิ้นส่วนที่เหลือมาเชื่อมกัน (RNA splicing)

ยีนของเซลล์ยูคาริโอตจะมีส่วนที่นำไปใช้ในการเป็นรหัสพันธุกรรม (codon) สำหรับสังเคราะห์โปรตีน เรียกว่า Exon และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ไม่ได้นำไปใช้เป็นรหัสพันธุกรรมและจะถูกตัดออกไป เรียกส่วนนี้ว่า Intron โดยจะมีการตัด Intron ทิ้งแล้วนำชิ้นของ Exon มาเชื่อมต่อกัน



ขั้นตอนการตัดแต่ง RNA (RNA processing)

ที่มา : https://www.khanacademy.org/

รหัสพันธุกรรมและการแปลรหัส (translation)

ขั้นตอนการแปลรหัส (translation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการแสดงออกของยีน โดยจะมีการอ่านลำดับเบสบน mRNA ที่ได้จากขั้นตอนการ transcription แล้วมีการนำกรดอะมิโนมาต่อกันได้เป็นสายพอลิเพปไทด์ (polypeptide) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนต่อไป ขั้นตอนการถอดรหัสเกิดขึ้นใน cytosol ของเซลล์ โดยอาศัยการทำงานของ ribosome และ tRNA ในการทำงาน

ลำดับเบส mRNA ที่ใช้ในการกำหนดลำดับของกรดอะมิโนนี้เรียกว่า **รหัสพันธุกรรม (codon)** ซึ่งประกอบขึ้นจากนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส 4 แบบ คือ adenine cytosine guanine uracil จะเห็นได้ว่ารหัสพันธุกรรมมีส่วนประกอบได้เพียง 4 แบบเท่านั้น แต่กรดอะมิโนในธรรมชาติมีทั้งหมด 20 ชนิด ดังนั้นถ้าการอ่านโคดอนเกิดขึ้นทีละนิวคลีโอไทด์จะสามารถนำกรดอะมิโนมาได้เพียง $4^1 = 4$ แบบเท่านั้น แต่ถ้าอ่านทีละ 2 ตัวก็จะได้โคดอนรวมทั้งหมด $4^2 = 16$ แบบเท่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อจำนวนกรดอะมิโนทั้งหมด ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงอ่านรหัสพันธุกรรมทีละ 3 ตัว จะได้ทั้งหมด $4^3 = 64$ แบบ ซึ่งมากพอในการควบคุมกรดอะมิโนได้ทั้ง 20 ชนิด และกรดอะมิโนบางตัวอาจจะถูกควบคุมด้วยรหัสพันธุกรรมได้มากกว่า 1 แบบด้วย

สรุปแล้วรหัสพันธุกรรมเป็น triplet codon คือ นิวคลีโอไทด์ 3 ตัวจะสามารถแปลรหัสได้เป็นกรดอะมิโน 1 ตัว ซึ่งรหัสพันธุกรรมเป็นรหัสสากล (universal) ไม่ว่าในสิ่งมีชีวิตใดก็ตาม ถ้ามีรหัสพันธุกรรมดียวกันจะต้องแปลเป็นกรดอะมิโนตัวเดียวกัน ดังตาราง 1

รหัสพันธุกรรมที่เป็นรหัสเริ่มต้น (start codon) คือ AUG และมีการนำกรดอะมิโน methionine เข้ามา และรหัสพันธุกรรมที่เป็นรหัสหยุด (stop codon) ได้แก่ UAA UGA UAG ซึ่งจะไม่ได้กรดอะมิโนแต่จะทำให้การแปลรหัสสิ้นสุดลง

ตาราง 1 แสดงรหัสพันธุกรรมและกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ แสดงดังนี้

Second letter

First letter	U	C	A	G	Third letter
U	UUU Phe UUC Phe	UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG Ser	UAU Tyr UAC Tyr	UGU Cys UGC Cys	U
	UUA Leu UUG Leu		**UAA Stop** **UAG Stop**	**UGA Stop** UGG Trp	C A G
C	CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG Leu	CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG Pro	CAU His CAC His	CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG Arg	U C A G
			CAA Gln CAG Gln		
A	AUU Ile AUC Ile AUA Ile	ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG Thr	AAU Asn AAC Asn	AGU Ser AGC Ser	U C
	AUG Met		AAA Lys AAG Lys	AGA Arg AGG Arg	A G
G	GUU Val GUC Val GUA Val GUG Val	GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG Ala	GAU Asp GAC Asp	GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG Gly	U C A G
			GAA Glu GAG Glu		

ไรโบโซมจะเคลื่อนที่ไปบน mRNA จากปลาย 5’ ไปยัง 3’ การแปลรหัสจะเริ่มที่โคดอนที่เป็นรหัสเริ่ม AUG แล้วเคลื่อนที่ไปทีละโคดอนตามลำดับ โมเลกุลของ tRNA มีแอนติโคดอนที่จะเข้าคู่กับโคดอนของ mRNA โดย tRNA 1 โมเลกุล นำกรดอะมิโนที่จำเพาะกันได้ 1 โมเลกุล มายังไรโบโซม

การแปลรหัสประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

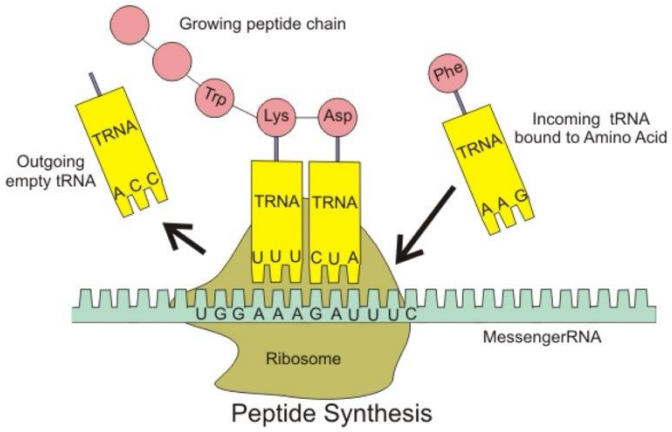
1. ขั้นเริ่มต้น (initiation)

ไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดเล็ก (small subunit) เข้ามาจับกับสาย mRNA ต่อมา tRNA ที่มีลำดับเบส anticodon (UAC) สอดคล้องกับรหัสเริ่มต้นของ mRNA (AUG) นำกรดอะมิโน Methionine (Met) เข้ามา จากนั้นไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดใหญ่ (large subunit) จะเข้ามาจับกับ ไรโบโซม small subunit จึงทำให้ไรโบโซมพร้อมจะทำงานต่อไป

2. ขั้นต่อสายยาว (elongation)

หลังจาก tRNA นำ Met มาวางที่ตำแหน่ง start codon แล้ว tRNA โมเลกุลที่ 2 ที่มี anticodon เป็นคู่สมกับโคดอนถัดไปของ mRNA นำกรดอะมิโนโมเลกุลที่ 2 มาวางเรียงต่อกับกรดอะมิโนโมเลกุลแรก และสร้าง**พันธะเปปไทด์ (peptide bond)** เชื่อมระหว่างกรดอะมิโนทั้ง 2 โมเลกุล

ไรโบโซมจะเคลื่อนที่ไปยังโคดอนถัดไปในทิศทางจาก 5’ ไปยัง 3’ ซึ่ง tRNA โมเลกุลแรกจะหลุดออกจากไรโบโซมและสาย mRNA และ tRNA ตัวต่อไปก็จะนำกรดอะมิโนมาเรียงต่อกับกรดอะมิโนตัวที่ 2 ไรโบโซมจะเคลื่อนที่ต่อไป และกระบวนการต่าง ๆ จะดำเนินต่อไปเช่นเดียวกับที่กล่าวมา



3. ขั้นสิ้นสุด (termination)

กรดอะมิโนจะมาเรียงต่อกันได้เป็นสาย polypeptide เมื่อไรโบโซมเคลื่อนที่ไปบน mRNA จนเจอกับ stop codon ซึ่งอาจเป็น UAA UGA UAG รหัสใดรหัสหนึ่ง จะไม่มี tRNA เข้ามาจับทำให้การแปลรหัสหยุดลง

สาย polypeptide จะแยกออกจาก tRNA โมเลกุลสุดท้าย ไรโบโซม small subunit และ large subunit จะแยกออกจากกัน และ mRNA จะหลุดออกจากไรโบโซม

นักเรียนสามารถศึกษาภาพแสดงขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนได้จากวิดีโอ โดยการสแกน QR code ด้านล่างนี้

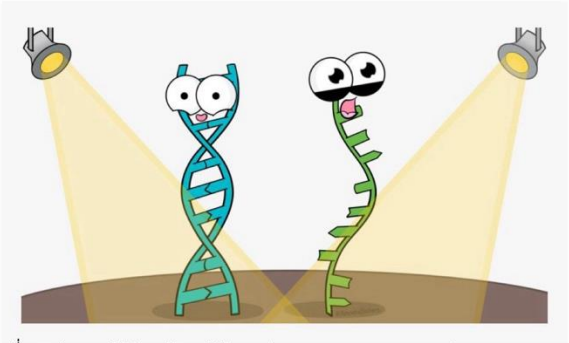
Name _____ No. _____ Class _____

ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านโจทย์ แล้วเติมคำต่อไปนี้ ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

เขียน “D” เพื่อตอบ DNA
เขียน “R” เพื่อตอบ RNA
เขียน “BOTH” เพื่อตอบทั้ง DNA และ RNA

1. _____ เป็นกรดนิวคลีอิก **(nucleic acid)**
2. _____ มักมีลักษณะเป็นสายเดี่ยว **(single-stranded)**
3. _____ มักพบได้ทั่วไปทั้งด้านใน และด้านนอกนิวเคลียส [in eukaryotic cells]
4. _____ มักมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ **(double helix)** และมักมีรูปร่างที่เรียกว่า **“twisted ladder”**
5. _____ ประกอบไปด้วยเบส **guanine, cytosine** และ **adenine**
6. _____ แต่ละ nucleotides ประกอบด้วย **phosphate sugar** and **base.**
7. _____ มี base **uracil**
8. _____ มี base **thymine**
9. _____ โดยทั่วไปอยู่ใน **nucleus** [in eukaryotic cells]
10. _____ มีน้ำตาล **deoxyribose**
11. _____ ประกอบด้วย **nucleotides.**
12. _____ มีน้ำตาล **ribose**

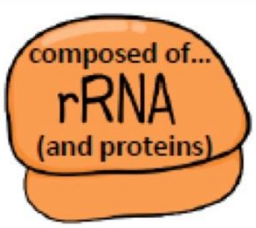


ที่มารูปภาพ : https://surl.li/nggjx

ใบงานดัดแปลงจาก Amoeba Sister LLC

ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis

คำชี้แจง : ให้นักเรียนบอกชนิดของ RNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน โดยการเติมข้อมูลที่ขาดหายไปลงในช่องว่างด้านล่างนี้

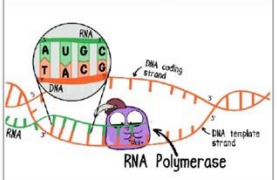
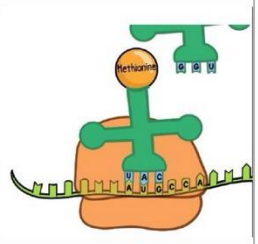
Type : mRNA	1. Type: _____	2. Type: _____
Stands for: 3. _____	Stands for: 4. _____	Stands for: Transfer DNA
วาดภาพช่วยให้จำได้ดีขึ้น :) 5.	วาดภาพช่วยให้จำได้ดีขึ้น :) 	วาดภาพช่วยให้จำได้ดีขึ้น :) 6.
General Function : 7._____ _____ _____ _____ _____ _____	General Function : 8._____ _____ _____ _____ _____ _____	General Function : นำกรดอะมิโนที่มี ความจำเพาะกับรหัส พันธุกรรมบนสาย mRNA มาต่อเป็นสาย polypeptide

ใบงานดัดแปลงจาก Amoeba Sister LLC

ใบงาน เรื่อง Protein Synthesis

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเติมข้อมูลที่ขาดหายไปลงในช่องว่างด้านล่างนี้

Protein Synthesis Summary

Process Name	Location (in eukaryotic cell)	Brief and General Description	End Result	DNA directly involved? (yes or no?)	List RNA type(s) involved (mRNA, rRNA, and/or tRNA?)
Transcription 	1.	2.	3.	4.	5.
Translation 	6.	7.	8.	9.	10.

11. Consider the illustration placed in the *transcription* box above. Identify and label on the illustration *if* any of the following are present: **DNA, mRNA, rRNA, tRNA,** and/or **amino acid.**

12. Consider the illustration placed in the *translation* box above. Identify and label on the illustration *if* any of the following are present: **DNA, mRNA, rRNA, tRNA,** and/or **amino acid.**

ใบงานดัดแปลงจาก Amoeba Sister LLC

ใบงาน เรื่อง ขั้นตอนการถอดรหัส การแปลรหัส

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จากลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้

3' G C T A C A C G C C T A T A G C G G T G C G G T T C T G A A T 5'

ข้อที่ 1 เมื่อผ่านกระบวนการถอดรหัส mRNA ที่ได้จะมีลำดับนิวคลีโอไทด์อย่างไร

ตอบ.....

.....

ข้อที่ 2 ถ้ากระบวนการแปลรหัสเริ่มที่รหัสพันธุกรรมของเมไทโอนีนตัวแรกในสาย mRNA สายพอลิเพปไทด์ที่ได้จะมีลำดับอย่างไร

ตอบ.....

.....

พิจารณาลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้และตอบคำถาม

5'CGCAGATTCGATGGCCCTGTGGATACGCCTCCTGCCCTGAAGCTCTCT3'
3'GCGTCTAAGCTACCGGGACACCTATGCGGAGGACGGGACTTCGAGAGA5'

ข้อที่ 3 mRNA ที่ได้จากการถอดรหัสจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

ข้อที่ 4 สายพอลิเพปไทด์ที่ได้จากการแปลรหัสมีลำดับกรดแอมิโนเป็นอย่างไร

ตอบ.....

.....

ข้อที่ 5 เมื่อสิ้นสุดการแปลรหัสจะได้สายพอลิเพปไทด์ที่มีกรดแอมิโนกี่โมเลกุล

ตอบ.....

.....

อ้างอิง : สสวท. (2563). หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน (K)

คำชี้แจง :

1.ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามสัดส่วนความสามารถของนักเรียน

2. ให้ประเมินภายหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงนี้ไปแล้ว

ชื่อนักเรียน..... ชั้น ..... เลขที่ .....

รายการประเมิน	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
ความถูกต้องของงาน	❒ เนื้อหาถูกต้องและมีความสมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ครบถ้วน
ความเข้าใจเนื้อหา	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลบางครั้งและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์ไม่มีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาไม่ถูกต้อง
ความเหมาะสมชัดเจน	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม แต่ไม่ชัดเจนเข้าใจค่อนข้างยาก	❒ ผลการวิเคราะห์ไม่เหมาะสมและไม่ชัดเจน
แนวคิดนำไปปฏิบัติได้	❒มีแนวคิดนำไปปฏิบัติ ได้จริง	❒ มีแนวคิดแต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	❒ ไม่มีแนวคิดและไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-11	ดี
6-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	เนื้อหาละเอียดชัดเจน	☐	☐	☐
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	☐	☐	☐
3	ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	☐	☐	☐
4	ประโยชน์ที่ได้จากการนำเสนอ	☐	☐	☐
5	วิธีการนำเสนอผลงาน	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ–สกุลของนักเรียน	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
11-13	ดี
8-10	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity Based Learning)
เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชา ชีววิทยา (ว31242)
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครโมโซมและสารพันธุกรรม เรื่อง มิวเทชัน
เวลา 4 คาบ (200 นาที) ผู้สอน นางสาวพิมพ์พจี ภิญโญ

---

1. สาระชีววิทยา

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

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรค และกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม

1.2 นักเรียนสามารถยกตัวอย่างโรค และกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม

2. ด้านกระบวนการ (P)

2.1 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงในแบบฝึกหัด เรื่อง Mutation ได้

2.2 นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนบอกรูปแบบการกลายระดับยีน (gene mutation) และระดับโครโมโซม (chromosomal mutation) ลงในกระดาษปรู๊ฟ (ชิ้นงานของนักเรียน) ได้

2.3 นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซมได้

3. ด้านเจตคติ (A)

นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

4. สาระการเรียนรู้

- มิวเทชันระดับยีน
- มิวเทชันระดับโครโมโซม

5. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

1. มิวเทชันระดับยีน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับและ/หรือจำนวนของเบสบนสายนิวคลีโอไทด์บริเวณส่วนที่เป็นยีน ตัวอย่างของมิวเทชันระดับยีน เช่น

โรคโลหิตจางธาลัสซีเมีย (Thalassemia)
เกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรมในการสังเคราะห์ globin chain
ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของฮีโมโกลบิน ส่งผลให้ฮีโมโกลบินมีปริมาณลดลง แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักได้แก่ Alpha Thalassemia และ Beta Thalassemia สำหรับในประเทศไทยจะพบชนิด Alpha มากกว่า Beta

โรคเม็ดเลือดแดงรูปเคียว (Sickle Cell Disease) เกิดจากการมิวเทชันของยีน β-globin แบบ missense mutation คือการแทนที่คู่เบส
โรคเม็ดเลือดเลือดแดงรูปเคียวนั้นมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบ autosomal recessive ถ้าร่างกายของเรามีแอลลีลชนิดนี้ 2 แอลลีล ซึ่งแอลลีล 1 นั้นจะมาจากพ่อ และอีกแอลลีล 1 จะมาจากแม่ (Homozygous recessive)

2. มิวเทชันระดับโครโมโซม การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม อาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม หรือการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม

6. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-Based Learning: CBL)

คาบที่ 1

1. กระตุ้นความสนใจ

1.1 นักเรียนรับชมซีรีย์ที่มีฉากที่แสดงถึงลักษณะการทำงานของกลุ่มแพทย์ที่มีการแบ่งกลุ่มดูแลคนไข้ มีลักษณะของการทำงานเป็นทีม

1.2 นักเรียนเชื่อมโยงลักษณะการทำงานของแพทย์จากซีรีย์ที่ได้รับชม และครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่ามีกรณีศึกษาของผู้ป่วยทั้งหมด 7 กรณีศึกษา โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มรับบทบาทเป็นผู้สืบสวนโรค โดยอาศัยความรู้ทางพันธุศาสตร์ในการไขปริศนาเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมและกรณีศึกษาเกี่ยวกับมิวเทชัน

2. ตั้งปัญหา และแบ่งกลุ่มตามความสนใจ

นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสนใจที่จะศึกษาโรคทางพันธุกรรมแต่ละกรณี

คาบที่ 2-3

3. ขั้นค้นคว้าและคิด

3.1 นักเรียนฟังครูชี้แจงรายละเอียดการทำกิจกรรม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับกรณีศึกษามากลุ่มละ 1 ชุด (โดยแต่ละชุดจะประกอบไปด้วย 1. ข้อมูลกรณีศึกษากลุ่มละ 1 กรณีศึกษา ซึ่งคุณครูจะใส่ในซองสีน้ำตาล โดยกรณีศึกษาที่ 1-3 จะได้กลุ่มละ 1 แผ่น กรณีศึกษาที่ 4-7 จะได้กลุ่มละ 3 แผ่น คือ ข้อมูลคนไข้ คาริโอไทป์ของคนปกติ และคริโอไทป์ของคนไข้), 2.กระดาษปรู๊ฟ 1 แผ่น, 3. ปากกา 2 ด้าม 2 สีที่ต่างกัน, 4. กาว)

3.2 *นักเรียนแต่กลุ่มเข้ากลุ่มย่อยของตัวเองเพื่อร่วมกันสืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์เกี่ยวกับเคสของผู้ป่วยที่กลุ่มตัวเองได้รับ พร้อมตอบคำถามลงในกระดาษปรู๊ฟ และติดคาริโอไทป์บนกระดาษปรู๊ฟ*

คาบ 4

4. ขั้นนำเสนอ

4.1 ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อมูลที่ได้หน้าชั้นเรียน โดยครูจะเรียงลำดับให้กลุ่มมิวเทชันระดับยีนนำเสนอก่อน และตามด้วยกลุ่มที่ได้รับมิวเทชันระดับโครโมโซม

4.2 นักเรียนและครูร่วมกันสรุปเรื่องมิวเทชัน จากการทำกิจกรรมนักเรียนควรมีความเข้าใจว่าการเกิดมิวเทชันสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในระดับยีน และระดับโครโมโซม และสรุปให้ได้ใจความสำคัญว่าการเกิดมิวเมชันสามารถก่อให้เกิดลักษณะที่พึงประสงค์ และลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ได้

4.3 นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างลักษณะการเกิดมิวเทชันอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากกิจกรรม พร้อมทั้งบอกสาเหตุของการเกิดมิวเทชัน

5. ขั้นการประเมิน

5.1 นักเรียนร่วมกันประเมินตนเองจากการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมาว่าได้รับความรู้ในเรื่องใดบ้าง

5.2 นักเรียนทำใบกิจกรรมเรื่อง Mutation

7. วัสดุ อุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนชีววิทยา 2
2. ใบความรู้เรื่อง Gene Mutation
3. ใบความรู้เรื่อง Chromosomal Mutation
4. Powerpoint เรื่อง Mutation
5. แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน
6. ชุดกิจกรรมกรณีศึกษาผู้ป่วยโรคทางพันธุกรรมเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชัน

8. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge)			
1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน และระดับโครโมโซม	- ตรวจแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชันได้ถูกต้อง ร้อยละ 70 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
2. ยกตัวอย่างโรค และกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม	- ตรวจแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชันได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
ด้านกระบวนการ (Process)			
1. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนคำตอบลงในแบบฝึกหัด เรื่อง Mutation ได้	- ตรวจแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- แบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชัน	- นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การเกิดมิวเทชันได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป ถือว่าผ่าน
2. นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสืบค้นข้อมูลร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม และเขียนบอกรูปแบบการกลายระดับยีน (gene mutation) และระดับโครโมโซม (chromosomal	- ตรวจชิ้นงานของนักเรียน	- แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดี ขึ้นไปถือว่าผ่าน

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
mutation) ลงในกระดาษปรู๊ฟ (ชิ้นงานของนักเรียน) ได้ 3. นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซมได้	- สังเกตการนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน	- แบบประเมินการนำเสนอผลงาน	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดี ขึ้นไปถือว่าผ่าน
ด้านเจตคติ (Attitude) 1. นักเรียนมีความสามารถในการทำงานเป็นทีม 2.นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	- สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน - สังเกตการณ์การทำกิจกรรมในชั้นเรียน	- แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - แบบประเมินพฤติกรรมการสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ปานกลาง ถือว่าผ่าน -นักเรียนได้ระดับคุณภาพ ดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน

บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนการสอน

ปัญหาและอุปสรรค/ข้อบกพร่องที่พบ

ข้อเสนอแนะ/แนวทางในการแก้ปัญหา

ลงชื่อ ..... ผู้สอน

(.....)

ตำแหน่ง .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

Mutation

การกลาย (Mutation) คือ การเปลี่ยนแปลงของ DNA ที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ DNA เปลี่ยนไปจากเดิม และอาจส่งผลต่อการผลิตโปรตีน เกิดได้ทั้งในระดับยีน และระดับโครโมโซม โดยมีปัจจัยหลักดังนี้

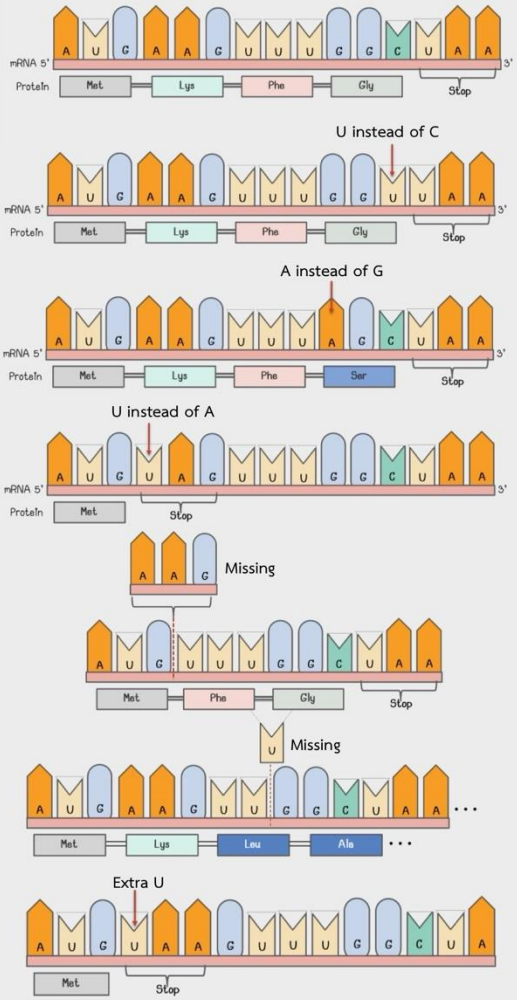
1. รังสี
   - ionizing radiation เช่น รังสีบีตา แกมมา เอกซ์
   - non-ionizing radiation เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต
2. สารเคมี
   - สาร dichlorvos (ใช้กำจัดแมลง)
   - สาร paraquat (ใช้กำจัดวัชพืช แต่สามารถทำให้เกิดอาการผิดปกติของโครโมโซมในคนและสัตว์ได้)
   - สาร aflatoxin (เป็นสารก่อมะเร็ง)

การกลายระดับยีน (gene mutation)

คือ การเปลี่ยนแปลงของลำดับเบสใน DNA โดยปกติจะเกิดในอัตราต่ำๆ จากความผิดพลาดใน DNA replication แต่จะพบสูงขึ้นเมื่อถูกชักนำด้วยสารก่อการกลาย (mutagen)

รูปแบบ/ผลที่เกิดขึ้น

- การแทนที่เบส (base-pair substitution)
  - sense/ silence mutation = กรดอะมิโนไม่เปลี่ยนแปลง/ โปรตีนเหมือนเดิม
  - missense mutation = มีการเปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโน
  - nonsense mutation = หยุดสังเคราะห์โปรตีน/ กรดอะมิโนสั้นลง
- การเกินหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ (insertion/ deletion)
  - no frameshift = เพิ่มหรือลดแล้วมีการจัดโคดอนเหมือนเดิม
    - มีกรดอะมิโนเกินหรือขาดในสายโปรตีน
  - frameshift = เพิ่มหรือลดแล้วมีการจัดโคดอนใหม่
    - Extensive missense mutation =มีการเปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนตลอดสาย
    - nonsense mutation = หยุดสังเคราะห์โปรตีน/ กรดอะมิโนสั้นลง



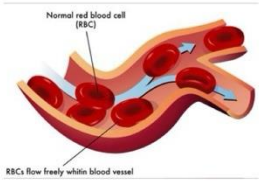
ตัวอย่างการเกิด gene mutation

Sickle cell anemia

- เป็นโรคโลหิตจางที่พบมากในแถบแอฟริกา มีความสัมพันธ์กับการต่อต้านโรคมาลาเรีย
- เกิดจากความผิดปกติของเม็ดเลือดแดง คือ เม็ดเลือดแดงถูกทำลายและอุดตันเส้นเลือดได้ง่าย (แต่ยังขนส่ง O_2 ได้)
- กรดอะมิโนลำดับที่ 6 ในสายบีตาโกลบิน เปลี่ยนจากกลูตามิก (GAG) เป็นวาลีน (GUG) = missense mutation

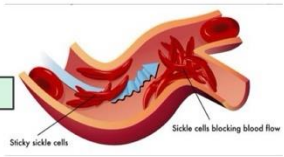
Val – His – Leu – Thr – Pro – Glu – Glu

= GAG



Val – His – Leu – Thr – Pro – Val – Glu

= GUG



การเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะฟีโนไทป์

- การเปลี่ยนแปลงเบส 1 ตัว ลงไปในสาย DNA
- การเติมเบส 3 ตัว หน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส
- การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนหลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส

การเปลี่ยนแปลงที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะฟีโนไทป์

- การเติมเบส 1 ตัว ลงไปในสาย DNA
- การเติมเบส 3 ตัว หลังตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส (transcription)
- การเพิ่มลำดับเบส 1 codon ในยีน
- การเอาลำดับเบส 1 codon ออกจากยีน

Chromosomal Mutation

การกลายระดับโครโมโซม (chromosomal mutation)

สาเหตุการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม

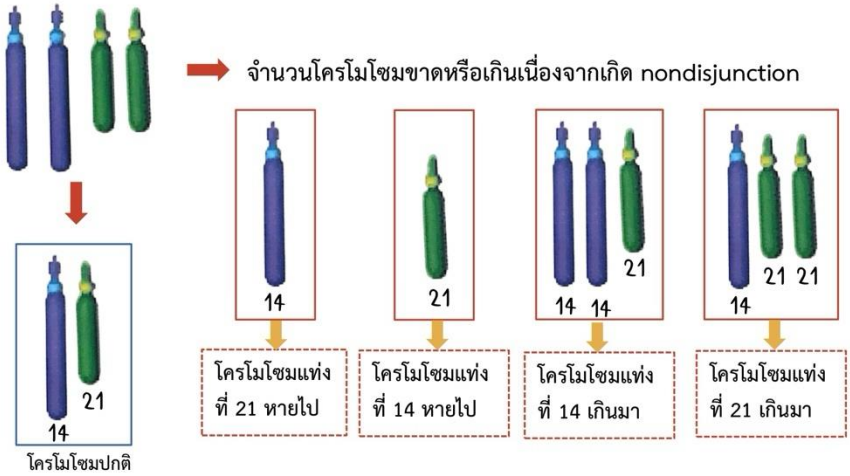
การขาดหายไปของยีนบนโครโมโซม (deletion)

การเพิ่มของยีนบนโครโมโซม (insertion/ duplication)

การเปลี่ยนสลับทิศทางของยีนบนโครโมโซม (inversion)

การสลับที่ของยีนบนโครโมโซม (translocation)

ผลลัพธ์ = เกิด nondisjunction ในการแบ่งเซลล์แบบ meiosis

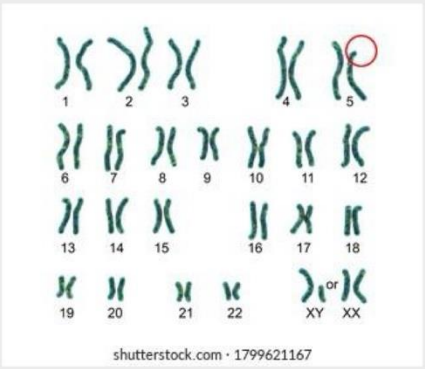


ตัวอย่างโรคที่เกิดจาก Chromosomal Mutation

- ส่วนของโครโมโซมเกิน/ขาดหาย แต่จำนวนแท่งยังครบ
  - Cri du chat syndrome : 46 ; 5p deletion
- จำนวนโครโมโซมเกิน/ขาดหายเป็นแท่ง เช่น 1 แท่งหรืออาจจะมากกว่า เรียกว่า aneuploidy
  - Turner syndrome : 45 ; XO หรือ 44 + X
  - Klinefelter's syndrome : 47 ; XXY หรือ 44 + XXY
  - XYY syndrome : 47 ; XYY หรือ 44 + XYY
  - Patau syndrome : 47 ; trisomy 13
  - Edward's syndrome : 47 ; trisomy 18
  - Down's syndrome : 47 ; trisomy 21
- จำนวนโครโมโซมเกิน/ขาดหายเป็นชุด (euploidy) → ส่วนใหญ่เกิดจากการเกิดมิวเทชันที่รุนแรง มนุษย์อาจเสียชีวิตตั้งแต่ในครรภ์

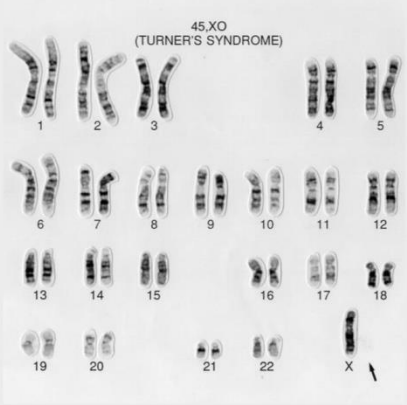
คริดูชาต์ ซินโดรม (Cri du chat syndrome : 46 ; 5p deletion)

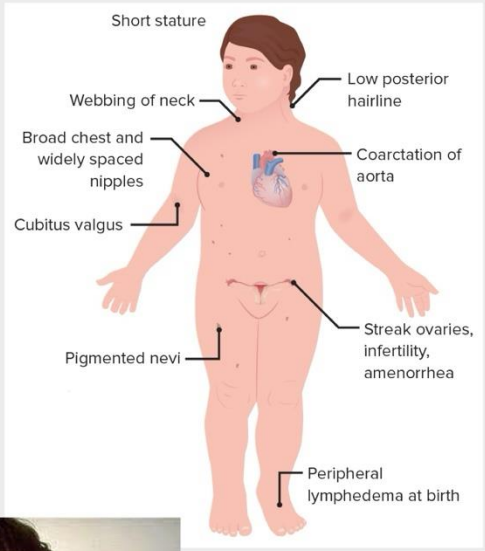
- สาเหตุ
  - เกิดจากการขาดหายของแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 (5p deletion) 1 แท่ง
  - พบในทารกเพศหญิงมากกว่าเพศชาย
  - เป็นความผิดปกติที่รูปร่างของออโตโซม ทำให้โครโมโซมขาดหายไปบางส่วน แต่จำนวนโครโมโซมเท่ากับคนปกติ
- ลักษณะอาการ
  - ศีรษะเล็ก
  - หน้ากลม
  - ตาสองข้างอยู่ห่างกัน หางตาชี้ขึ้น
  - ดั้งจมูกแบน ตาเล็ก นิ้วมือสั้น
  - เจริญเติบโตช้า
  - ปัญญาอ่อนมาก
  - ลักษณะสำคัญ มีเสียงร้องที่สูงคล้ายลูกแมว



เทอร์เนอร์ซินโดรม (Turner syndrome : 45 ; XO หรือ 44 + X)

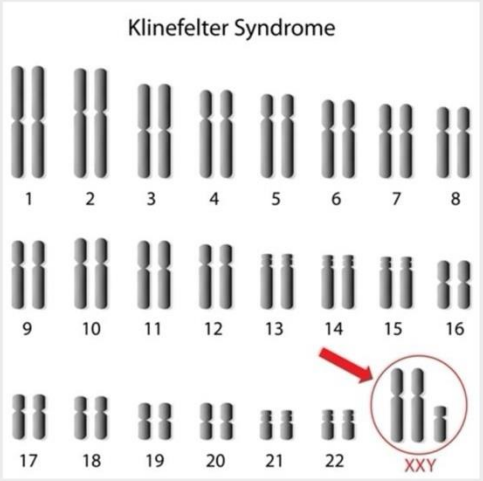
- เป็นโรคที่เกิดจากโครโมโซมผิดปกติที่พบบ่อยที่สุดในการตั้งครรภ์
- เกิดขึ้นประมาณ 3% ของการตั้งครรภ์ตัวอ่อนเพศหญิง
- สาเหตุ
  - เพศหญิงปกติจะมีโครโมโซม XX แต่ผู้ป่วยกลุ่มเทอร์เนอร์จะมีโครโมโซม X เพียงแท่งเดียว
  - มีคาริโอไทป์ (karyotype) เป็น 45, X
- ลักษณะอาการ
  - ตัวเตี้ย ตัวบวมน้ำเหลือง
  - หน้าอกกว้าง หัวนมห่างกว่าปกติ เต้านมเจริญน้อยกว่าปกติ
  - รังไข่ไม่เจริญ ไม่มีประจำเดือน
  - เป็นหมัน/มีบุตรยาก
  - ไรผมและหูอยู่ต่ำ
  - ใบหน้ามีลักษณะเฉพาะ
  - มีแผ่นที่คอ (webbed neck)
  - การมองเห็นผิดปกติ
  - ไตเป็นรูปเกือกม้า
  - กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 4 (ตำแหน่งนิ้วก้อย) สั้นกว่าปกติ
  - สมาธิสั้น การใช้ภาษาบกพร่อง



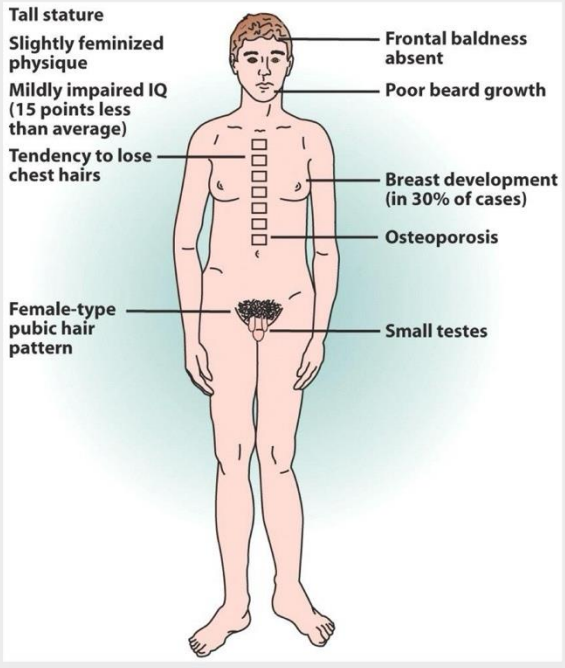


ไคลน์เฟลเตอร์ซินโดรม (Klinefelter's syndrome : 47 ; XXY หรือ 44 + XXY)

- เป็นความผิดปกติทางโครโมโซมเพศที่เกิดในเพศชายและพบ 1 ใน 1000 ของเพศชาย
- ผู้ป่วยเพศชายมีโครโมโซม X เกินมา 1 แท่ง
- มีคาริโอไทป์ (Karyotype) เป็น 47, XXY
- สาเหตุ
  - เกิด nondisjunction ของโครโมโซมในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
  - X และ Y ไม่แยกกันตามปกติ เกิดเซลล์อสุจิที่มี X และ Y อยู่ด้วยกันในเซลล์เดียว เมื่อเซลล์อสุจินี้ผสมกับเซลล์ไข่ปกติ (X) ทำให้เกิดตัวอ่อนที่มีโครโมโซมเป็น XXY
  - X และ X ไม่แยกจากกัน เกิดเซลล์ไข่แบบ XX เมื่อผสมกับอสุจิ (Y) ทำให้เกิดตัวอ่อนที่มีโครโมโซมเป็น XXY

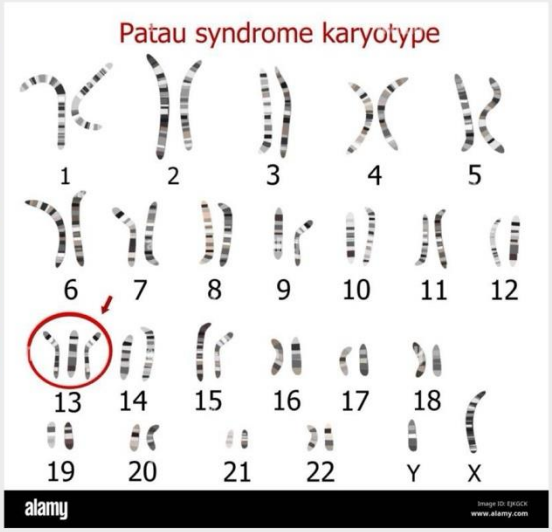


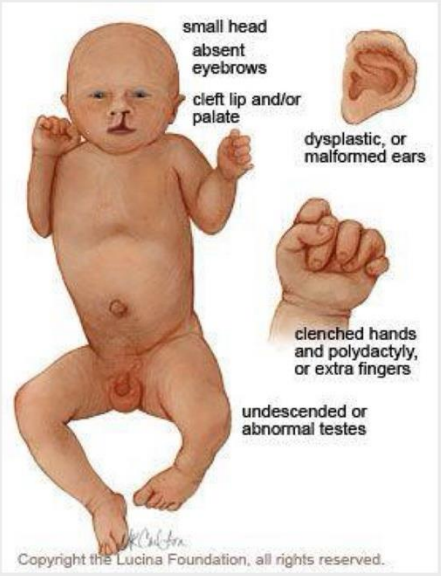
- ลักษณะอาการ
  - อัณฑะเล็กกว่าปกติ เป็นหมัน/มีลูกยาก
  - รูปร่างสูงกว่าค่าเฉลี่ย
  - มีการเจริญของเต้านม
  - ไหล่แคบ สะโพกผาย หนวดเคราไม่เจริญ
  - แขนและขายาว
  - สมาธิสั้น ปัญญาอ่อน



พาทัวซินโดรม (Patau syndrome : 47 ; trisomy 13)

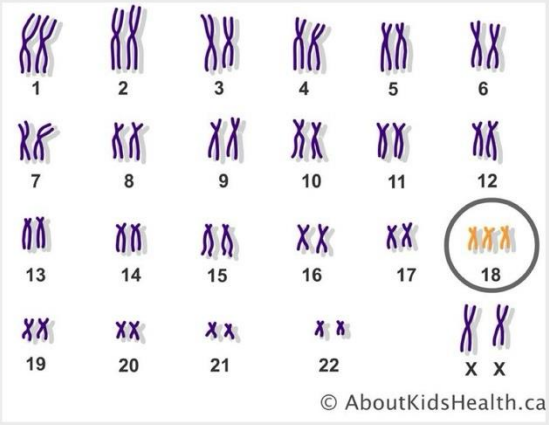
- สาเหตุ
  - เกิด nondisjunction ของ homologous chromosome หรือ sister chromatids ในระยะ anaphase I หรือ anaphase II ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
  - โครโมโซมคู่ที่ 13 เกินมา 1 โครโมโซม = trisomy 13
  - โครโมโซมในร่างกาย 2n = 47
- ลักษณะอาการ
  - น้ำหนักน้อย
  - ศีรษะเล็ก
  - ปัญญาอ่อนอย่างรุนแรง
  - ตาเล็ก ตาห่าง มีรอยย่นที่หัวตา
  - ปากแหว่ง เพดานโหว่
  - จมูกโตแบน คางสั้น
  - ใบหูผิดปกติ และอยู่ต่ำ หูหนวก
  - นิ้วมากเกินปกติ
  - หัวใจพิการ ไตผิดปกติ อาจมีอวัยวะภายในกลับซ้ายขวากัน
  - มักเสียชีวิตตั้งแต่อายุยังน้อย โดย 80% มักเสียชีวิตภายใน 1 ปี





เอ็ดเวิร์ดซินโดรม (Edward's syndrome : 47 ; trisomy 18)

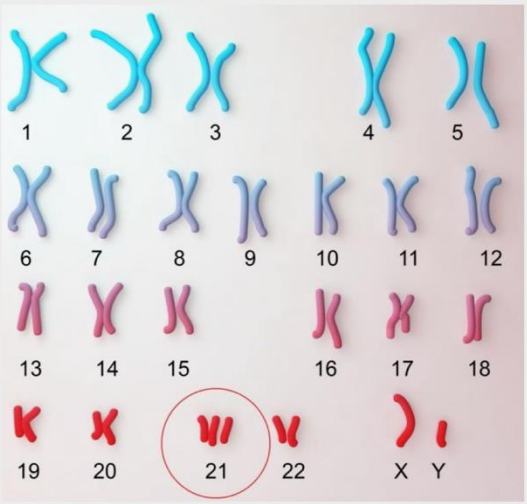
- สาเหตุ
  - เกิด nondisjunction ของ homologous chromosome หรือ sister chromatids ในระยะ anaphase I หรือ anaphase II ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
  - โครโมโซมคู่ที่ 18 เกินมา 1 โครโมโซม = trisomy 18
  - โครโมโซมในร่างกาย 2n = 47



- ลักษณะอาการ
  - กะโหลกศีรษะด้านหลังผิดปกติ ขนาดศีรษะเล็ก
  - ตาชิดกัน มีรอยพับย่นที่เปลือกตาด้านนอก
  - ปากและกรามเล็ก
  - ใบหูต่ำกว่าปกติ อาจพบปากแหว่ง เพดานโหว่
  - เมื่อกำมือ นิ้วชี้และนิ้วก้อยจะเกยทับนิ้วกลางและนิ้วนาง จากการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ
  - ทารกส่วนมากจะเสียชีวิตภายใน 1 ปี

ดาวน์ซินโดรม (Down's syndrome : 47 ; trisomy 21)

- สาเหตุ
  - เกิด nondisjunction ของ homologous chromosome หรือ sister chromatids ในระยะ anaphase I หรือ anaphase II ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
  - โครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 โครโมโซม = trisomy 21
  - โครโมโซมในร่างกาย 2n = 47
  - ผู้หญิงที่มีอายุ 45 ปีขึ้นไป มีโอกาสมีลูกผิดปกติแบบนี้สูงถึง 1 ต่อ 50 คน เพราะ oocyte ที่มีอายุมาก ทำให้มีโอกาสเกิด nondisjunction สูง



- ลักษณะอาการ
  - มีลักษณะผิดปกติทั้งร่างกายและสติปัญญา ส่วนใหญ่มี IQ อยู่ระหว่าง 20-50
  - จมูกเล็กและแฟบ นัยน์ตาห่าง หางตาชี้ขึ้นข้างบนคล้ายพวกมองโกล
  - ใบหูผิดรูปและเล็กผิดปกติ
  - ช่องปากเล็ก ทำให้ดูเหมือนว่าลิ้นโตคับปาก
  - กระดูกยาวช้า ทำให้ตัวดูสั้น นิ้วสั้น ลายฝ่ามือผิดปกติ เส้นลายมือขาด
  - หัวใจพิการแต่กำเนิด รวมทั้งทางเดินอาหารผิดปกติ
  - การเจริญทางเพศด้อยกว่าปกติ
  - อาจตายตั้งแต่อายุยังน้อย แต่ก็มีจำนวนมากที่สามารถรอดชีวิตจนเป็นผู้ใหญ่ได้
  - หญิงที่เป็นกลุ่มดาวน์ อาจสร้างไข่ที่ปกติ (22 + X) หรือไข่ที่ผิดปกติ (23 + X) ก็ได้

An infant with Down syndrome. Image courtesy: Waterloo Regional Down Syndrome Society WRDSS

กรณีศึกษาที่ 1
ผู้ป่วยโรคเบาหวานในเด็ก (infant diabetes patients)

คนไข้ชื่อคาร์เทีย อายุ 6 ขวบ, เคอวี่ อายุ 4 ขวบ และไมอา อายุ 7 ขวบ เป็นโรคเบาหวาน เมื่อทำการสกัด DNA แล้วนำมาวิเคราะห์ลำดับเบสที่จะสร้างอินซูลิน ได้ดังนี้

Wild-type cDNA	5′-CTG GTG GAA GCT CTC TAC CTA GTG TGC GGG GAA CGA GGC TTC TTC TAC ACA CCC AAG ACC-3′
Patient 1 cDNA	5′-CTG GTG GAA GCT CTC TAC CTA GTG TGC GGG GAA CGA GGC TGC TTC TAC ACA CCC AAG ACC-3′
Patient 2 cDNA	5′-CTG GTG GAA GCT CTC TAC CTA GTG TGC GGG GAA CGA GGC TCC TTC TAC ACA CCC AAG ACC-3′
Patient 3 cDNA	5′-CTG GTG GAA GCT CTC TAC CTA GTG TGC GGG GAA CGA GGC TTC TTG TAC ACA CCC AAG ACC-3′

จงตอบคำตอบต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบลำดับเบส cDNA ของคนไข้ชื่อคาร์เทีย (patient 1), เคอวี่ (patient 2) และไมอา (patient 3) กับ สายพันธุ์ดั้งเดิม (wild-type) และวงกลมนิวคลีโอไทด์ ที่เกิดการมิวเทชัน
2. เปรียบเทียบสายพอลิเพปไทด์ของคนไข้แต่ละรายกับสายพันธุ์ดั้งเดิมว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร
3. วิเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ของคนไข้แต่ละรายว่าจะมีลำดับกรดอะมิโนเป็นอย่างไร
4. คนไข้ทั้งสามรายเกิดการมิวเทชันรูปแบบใด
   (การแทนที่คู่เบส, การเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์,การขาดหายของนิวคลีโอไทด์)
5. อธิบายลักษณะ และอาการของโรค
6. คนไข้ทั้งสามรายเกิดการมิวเทชันระดับใด (ระดับยีนหรือระดับโครโมโซม)

กรณีศึกษาที่ 2
โรคโลหิตจางวิกเคิลเซลล์ (Sickle Cell Anemia)

คนไข้ชื่อ วาวา อายุ 12 ขวบ เมื่อวินิจฉัยพบเซลล์เม็ดเลือดแดงอุดตันภายในหลอดเลือด หมอจึงนำเซลล์เม็ดเลือดแดงมาวิเคราะห์ลำดับเบสได้ดังนี้

ลำดับเบส(บางส่วน)เซลล์เม็ดเลือดแดงของคนปกติ (Wild type hemoglobin)
5'ATG GTG CAC CTG ACT CCT GAG GAG AAG TCT GCC GTT ACT3'
3'TAC CAC GTG GAC TGA GGA CTC CTC TTC AGA CGG CAA TGA5'

ลำดับเบส(บางส่วน)เซลล์เม็ดเลือดแดงของคนไข้
5'ATG GTG CAC CTG ACT CCT GTG GAG AAG TCT GCC GTT ACT3'
3'TAC CAC GTG GAC TGA GGA CAC CTC TTC AGA CGG CAA TGA5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบสายพอลิเพปไทด์ทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. วงกลมนิวคลีโอไทด์ที่เกิดมิวเทชัน
3. เมื่อถอดรหัส (transcription) ลำดับเบสเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนปกติ (wild type hemoglobin) และลำดับเบสเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนไข้ จะได้สาย mRNA ที่มีลำดับเบสอย่างไร
4. เมื่อแปลรหัส (translation) ลำดับเบสของเซลล์เม็ดเลือดแดงทั้งสอง จะมีลำดับกรดอะมิโนของสายพอลิเพปไทด์เป็นอย่างไร
5. การเกิดมิวเทชันดังกล่าวจัดเป็นรูปแบบใด (การแทนที่คู่เบส, การเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์ การขาดหายของนิวคลีโอไทด์)
6. อธิบายลักษณะ และอาการของโรค
7. โรคโลหิตจางซิกเคิลเซลล์จัดเป็นความผิดปกติของโครงสร้างโปรตีนระดับใด
8. การเกิดมิวเทชันดังกล่าวจัดอยู่ในระดับใด (ระดับยีนหรือระดับโครโมโซม)

กรณีศึกษาที่ 3
Unknown case 1

ประกอบด้วย 2 unknown case ได้แก่

- unknown case 1 เบสปกติ

DNA	3'	TAC	TCC	CGA	ACG	ACA	CCA	ATA	5'
mRNA	5'	AUG	AGG	GCU	UGC	UGU	GGU	UAU	3'
polypeptide		Met	Arg	Ala	Cys	Cys	Gly	Tyr	

<u>นักเรียนศึกษาข้อมูลจากตาราง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

1. หากโคดอนลำดับที่ 5 UGU เปลี่ยนไปเป็น UGC จะทำให้สายพอลิเพปไทด์เปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับสายดั้งเดิม

2. หากโคดอนลำดับที่ 5 UGU เปลี่ยนไปเป็น UGA จะทำให้สายพอลิเพปาทด์เปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเทียบกับสายดั้งเดิม

- unknown case 2 เบสปกติ

DNA	3'	TAC	TCC	CGA	ACG	TTA	TCA	ATA	5'
mRNA	5'	AUG	AGG	GCU	UGC	AAU	AGU	UAU	3'
polypeptide		Met	Arg	Ala	Cys	Asn	Ser	Tyr	

<u>นักเรียนศึกษาข้อมูลจากตาราง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

1. หากนิวคลีโอไทด์ไทมีน (T) เพิ่มขึ้นในสาย DNA ระหว่างนิวคลีโอไทด์ลำดับที่ 4 และ 5 จะส่งผลต่อสาย DNA, mRNA อย่างไร

2. จากข้อ 1 สายพอลิเพปไทด์จะมีลำดับกรดอะมิโนอย่างไร

3. หาก DNA แม่แบบมีนิวคลีโอไทด์กวานีน (G) ลำดับที่ 12 หายไปจะส่งผลต่อสาย DNA และ mRNA อย่างไร

4. จากข้อ 3 สายพอลิเพปไทด์จะมีลำดับกรดอะมิโนอย่างไร

กรณีศึกษาที่ 4

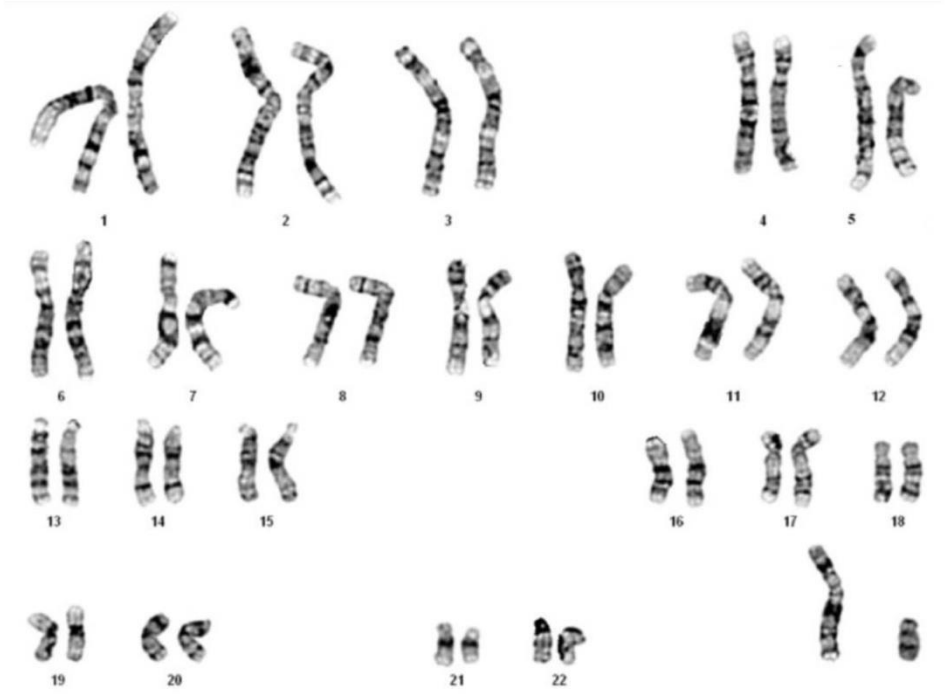
Unknown case 2

รูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้

<u>สังเกตรูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

1. จากการจัดเรียงแคริโอไทป์คนไข้มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด และโครโมโซมนั้นมีความผิดปกติอย่างไร
2. แผนภาพนี้เป็นภาพของทารกเพศใด ทราบได้อย่างไร
3. สืบค้นข้อมูลโรคพันธุกรรมชนิดนี้ คือกลุ่มอาการใด มีความผิดปกติอย่างไร

กรณีศึกษาที่ 5
Unknown case 3



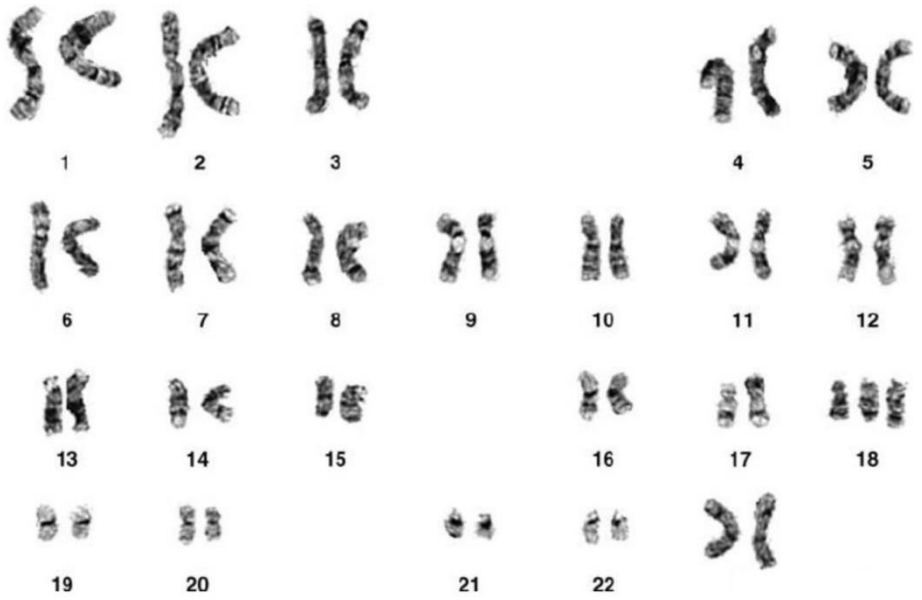
รูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้

<u>สังเกตรูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

1. จากการจัดเรียงแคริโอไทป์คนไข้มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด และโครโมโซมนั้นมีความผิดปกติอย่างไร
2. แผนภาพนี้เป็นภาพของทารกเพศใด ทราบได้อย่างไร
3. สืบค้นข้อมูลโรคพันธุกรรมชนิดนี้ คือกลุ่มอาการใด มีความผิดปกติอย่างไร

กรณีศึกษาที่ 6

Unknown case 4



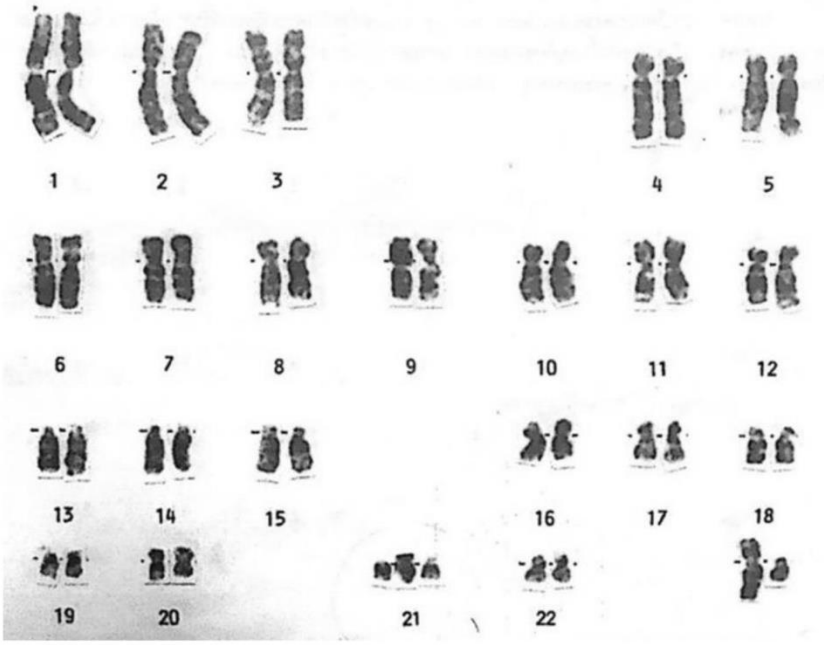
รูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้

<u>สังเกตรูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

1. จากการจัดเรียงแคริโอไทป์คนไข้มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด และโครโมโซมนั้นมีความผิดปกติอย่างไร
2. แผนภาพนี้เป็นภาพของทารกเพศใด ทราบได้อย่างไร
3. สืบค้นข้อมูลโรคพันธุกรรมชนิดนี้ คือกลุ่มอาการใด มีความผิดปกติอย่างไร

กรณีศึกษาที่ 7

Unknown case 5

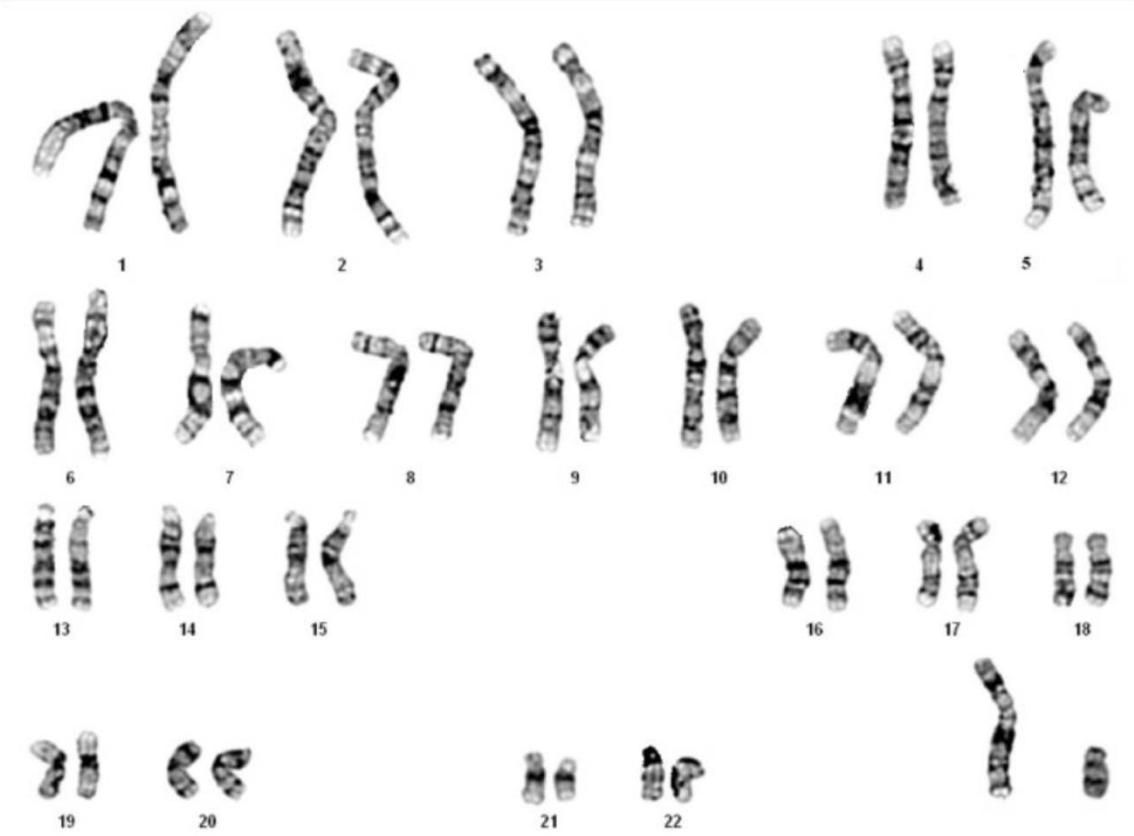


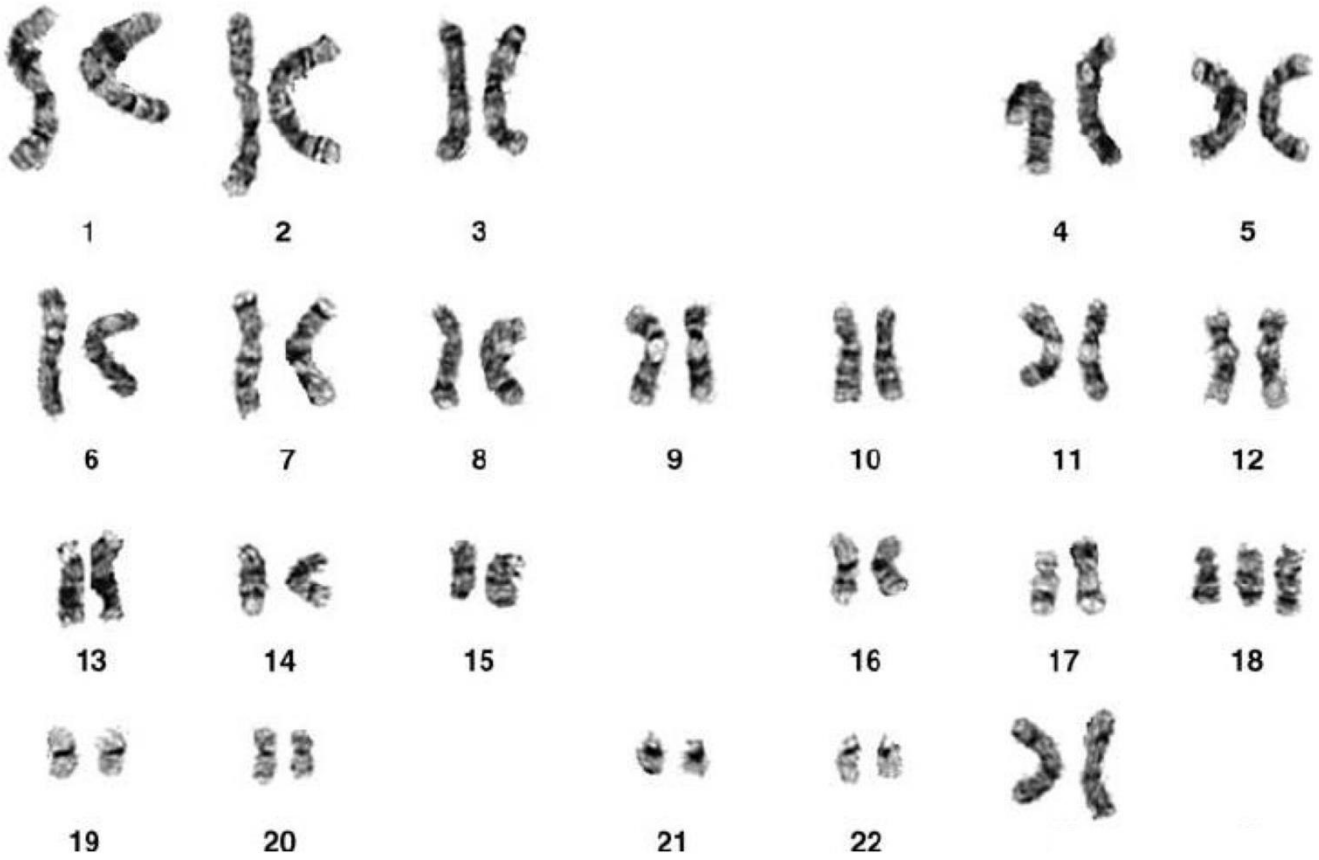
รูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้

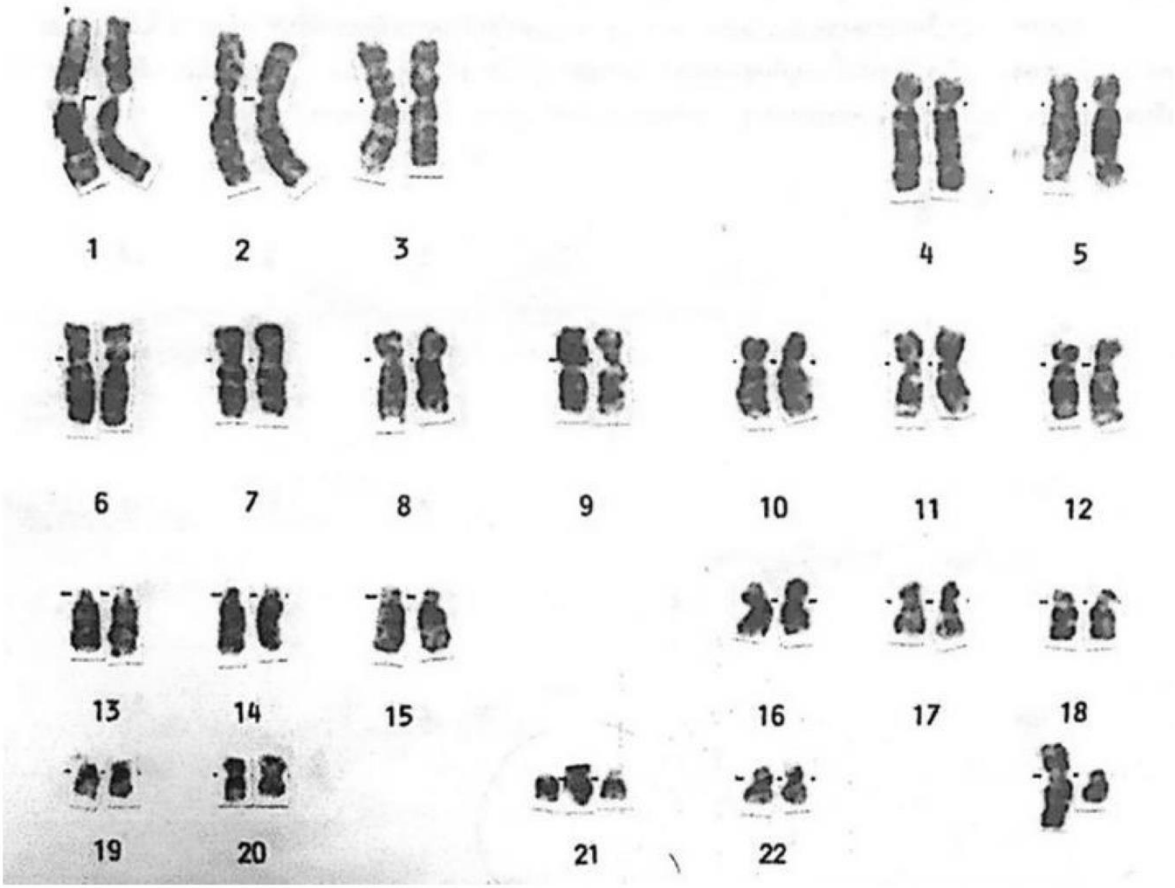
<u>สังเกตรูปภาพแคริโอไทป์ของคนไข้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้</u>

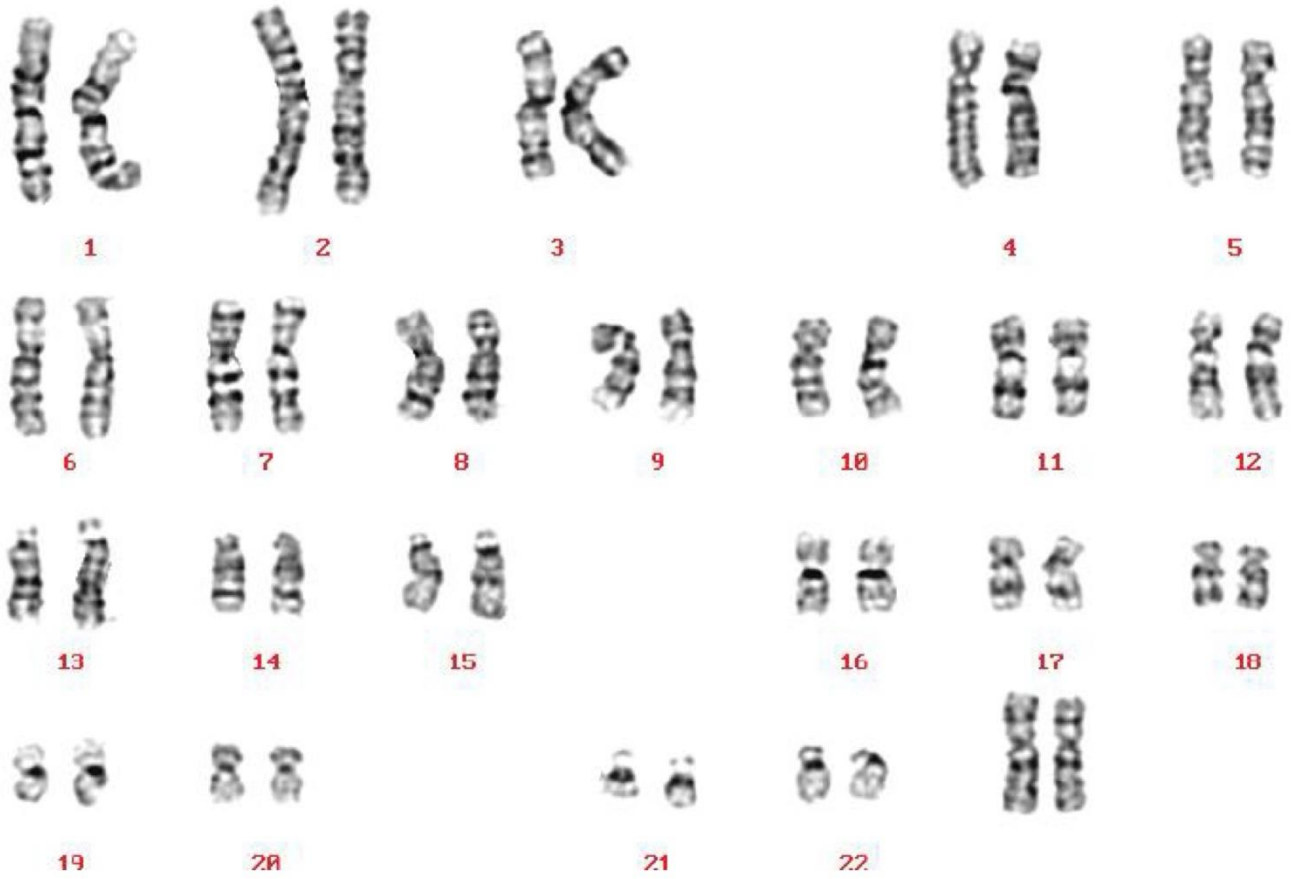
1. จากการจัดเรียงแคริโอไทป์คนไข้มีความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด และโครโมโซมนั้นมีความผิดปกติอย่างไร
2. แผนภาพนี้เป็นภาพของทารกเพศใด ทราบได้อย่างไร
3. สืบค้นข้อมูลโรคพันธุกรรมชนิดนี้ คือกลุ่มอาการใด มีความผิดปกติอย่างไร

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

แบบฝึกหัดการเกิด mutation

ให้นักเรียนวิเคราะห์ลำดับเบส และบอกถึงรูปแบบการกลายระดับยีน (gene mutation) ว่าเป็นรูปแบบใด และมีผลเป็นอย่างไร

Second letter

First letter	U	C	A	G	Third letter
U	UUU, UUC Phe; UUA, UUG Leu	UCU, UCC, UCA, UCG Ser	UAU, UAC Tyr; UAA Stop; UAG Stop	UGU, UGC Cys; UGA Stop; UGG Trp	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG Leu	CCU, CCC, CCA, CCG Pro	CAU, CAC His; CAA, CAG Gln	CGU, CGC, CGA, CGG Arg	U C A G
A	AUU, AUC, AUA ile; AUG Met	ACU, ACC, ACA, ACG Thr	AAU, AAC Asn; AAA, AAG Lys	AGU, AGC Ser; AGA, AGG Arg	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG Val	GCU, GCC, GCA, GCG Ala	GAU, GAC Asp; GAA, GAG Glu	GGU, GGC, GGA, GGG Gly	U C A G

Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′

___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___

Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′

mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCC CAU CAA CGU UAA UGG 3′

___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___

รูปแบบ _____

frameshift _____

ผล _____

Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′

mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU UAA CGU UAA UGG 3′

___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___

รูปแบบ _____

frameshift _____

ผล _____

Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′

mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU AAA UGG 3′

___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___

รูปแบบ _____

frameshift _____

ผล _____

Name : _____ Class :____ No. ____

แบบฝึกหัดการเกิด mutation

2

Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UUU CCU UCC UCA UCA ACG UUA AUG 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCC AUC AAC GUU AAU GGC 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UAG UCC UUC CUC AUC AAC GUA AUG 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA CGU UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UCC UUC ACU CAU CAA CGU UAA UGG 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU AAA CAU CAA UAA UGG 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA UAA UGG 3′ mutant type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA UAA UGG AAA 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____
Wild type 5′ AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA UAA UGG 3′ mutant type 5′ AAA AUG UUU UUC CUU CCU CAU CAA UAA UGG 3′ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___	รูปแบบ _____ frameshift _____ ผล _____

Name : _____ Class :____ No. ____

แบบฝึกหัดการเกิด mutation

คำชี้แจง ให้ขีดถูกหน้าข้อความที่**<u>กล่าวถูก</u>** และกากบาทหน้าข้อความที่**<u>กล่าวผิด</u>** พร้อมแก้ไขข้อความให้ถูกต้อง

___ 1. ผู้ป่วยโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์มีลำดับของกรดแอมิโนในฮีโมโกลบินสายบีตาตำแหน่งที่ 6 เป็นกรดกลูตามิก (Glu) แตกต่างจากคนปกติชนิดซิกเคิลเซลล์จะเป็นวาลีน (Val)

_____

_____

_____

___ 2. กลุ่มอาการครีดูชาเกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ที่ 5 ขาดหายไปบางส่วน

_____

_____

_____

___ 3. กลุ่มอาการดาวน์มีลักษณะผิดปกติคือ ศีรษะเล็ก ใบหน้ากลม ตาเล็กอยู่ห่างกันและเฉียง ดั้งจมูกแบน ใบหูอยู่ต่ำกว่าปกติเส้นสายเสียงผิดปกติ ทำให้เสียงเล็กแหลมคล้ายเสียงร้องของแมว ปัญญาอ่อน อาจมีชีวิตอยู่ได้จนเป็นผู้ใหญ่

_____

_____

_____

___ 4. ถ้าสเปิร์มมีโครโมโซม XY ปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ที่มีโครโมโซม X ลูกจะมีโครโมโซมเพศเป็น XXY เป็นเพศชาย

_____

_____

_____

แบบฝึกหัดการเกิด mutation

คำชี้แจง ให้ขีดถูกหน้าข้อความที่**<u>กล่าวถูก</u>** และกากบาทหน้าข้อความที่**<u>กล่าวผิด</u>** พร้อมแก้ไขข้อความให้ถูกต้อง

____ 5. การเกิดมิวเทชันระดับยีนไม่สามารถทำให้เกิดการกลายแบบที่ทำให้สายพอลิเพปไทด์สั้นลงได้

_____

_____

_____

____ 6. การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งเกิดนอนดิสจังชันของฮอมอโลกัสโครโมโซมในไมโอซิส I จะได้เซลล์สืบพันธุ์ปกติจำนวนมากกว่าที่ได้จากการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งเกิดนอนดิสจังชันของฮอมอโลกัสโครโมโซมในไมโอซิส II

_____

_____

_____

____7. การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมแบบที่บางส่วนขาดหายไปแล้วกลับมาต่อใหม่แต่ต่อแบบกลับทิศเป็นการสังเกตความผิดปกติได้ยากภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เนื่องจากจะเห็นโครโมโซมมีขนาดเท่าเดิม

_____

_____

_____

แบบฝึกหัดการเกิด mutation

คำชี้แจง ให้ขีดถูกหน้าข้อความที่**<u>กล่าวถูก</u>** และกากบาทหน้าข้อความที่**<u>กล่าวผิด</u>** พร้อมแก้ไขข้อความให้ถูกต้อง

___8. พืชที่เป็นพอลิพลอยด์เลขคู่จึงมักเป็นหมัน

_____

_____

_____

___ 9. โรคซิสติกไฟโบรซิส (cystic fibrosis) เกิดจากมิวเทชันของยีน CFTR ที่ควบคุมการสร้าง cystic fibrosis transmembrane conductance regulator

_____

_____

_____

___ 10. ไคลน์เฟลเทอร์ซินโดรมมักเกิดขึ้นกับเพศหญิงมากกว่าเพศชาย

_____

_____

_____

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน (K)

คำชี้แจง :

1.ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามสัดส่วนความสามารถของนักเรียน

2. ให้ประเมินภายหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั่วโมงนี้ไปแล้ว

ชื่อนักเรียน..... ชั้น ..... เลขที่ .....

รายการประเมิน	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
ความถูกต้องของงาน	❒ เนื้อหาถูกต้องและมีความสมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วน	❒ เนื้อหาไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ครบถ้วน
ความเข้าใจเนื้อหา	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผลบางครั้งและอ้างอิงเนื้อหาได้ถูกต้อง	❒ วิเคราะห์ไม่มีเหตุผลและอ้างอิงเนื้อหาไม่ถูกต้อง
ความเหมาะสมชัดเจน	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	❒ ผลการวิเคราะห์มีความเหมาะสม แต่ไม่ชัดเจนเข้าใจค่อนข้างยาก	❒ ผลการวิเคราะห์ไม่เหมาะสมและไม่ชัดเจน
แนวคิดนำไปปฏิบัติได้	❒มีแนวคิดนำไปปฏิบัติ ได้จริง	❒ มีแนวคิดแต่ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	❒ ไม่มีแนวคิดและไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-11	ดี
6-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	เนื้อหาละเอียดชัดเจน	☐	☐	☐
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	☐	☐	☐
3	ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	☐	☐	☐
4	ประโยชน์ที่ได้จากการนำเสนอ	☐	☐	☐
5	วิธีการนำเสนอผลงาน	☐	☐	☐
รวม				

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินสมบูรณ์ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินเป็นส่วนใหญ่ ให้ 2 คะแนน

ผลงานหรือพฤติกรรมสอดคล้องกับรายการประเมินบางส่วน ให้ 1 คะแนน

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

<u>คำชี้แจง</u> : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ–สกุลของนักเรียน	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**

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

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
11-13	ดี
8-10	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. โครโมโซมมีองค์ประกอบเป็นสารประเภทใด

ก. โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ข. ไขมัน และโปรตีน

ค. โปรตีน และกรดไขมัน ง. กรดนิวคลีอิก และไขมัน

2. ข้อใดอธิบายถึง Homologous chromosome ได้**ถูกต้อง**

ก. โครโมโซมที่มี 2 chromatid

ข. คู่ของโครโมโซมที่มีรูปร่างเหมือนกัน ควบคุมลักษณะเดียวกัน

ค. โครโมโซมที่มีรูปร่างแตกต่างกันแต่มาจับคู่อยู่ด้วยกัน

ง. โครโมโซมที่มีตำแหน่งเซนโทรเมียร์ต่างกัน

3. จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ทำให้ได้ข้อสรุปว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ อย่างไร

ก. เห็นด้วย เพราะศึกษาได้จากความถี่ของการเกิดยีนมิวเตชั่น

ข. เห็นด้วย เพราะมีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมในแบคทีเรีย

ค. ไม่เห็นด้วย เพราะข้อสรุปนี้ได้จากการศึกษาการทำงานของยีนโดยการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์เพียงบางคนเท่านั้น

ง. ไม่เห็นด้วย เพราะมีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมภายในเซลล์ของเชื้อราไวรอสโปราเท่านั้น

4. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของ Nucleotide

ก. pentose
ข. phosphate group
ค. nitrogenous base
ง. Fatty acid

5. DNA โมเลกุลหนึ่งมีขนาด 80 base pair ประกอบขึ้นจากนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส cytosine จำนวน 25 นิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส thymine จะมีจำนวนเท่าใด

ก. 10
ข. 15
ค. 20
ง. 25

6. ถ้า mRNA มีรหัสพันธุกรรมดังนี้ 5' ACUGCUAGUCAUU 3' แล้วสาย Non-template DNA จะมีรหัสพันธุกรรมตามข้อใด

ก. 3' TGACGATCAGTAA 5'
ข. 5' TGACGATCAGTAA 3'
ค. 5' TGAGCATCAGTAA 3'
ง. 3' TTACTGATCGTCA 5'

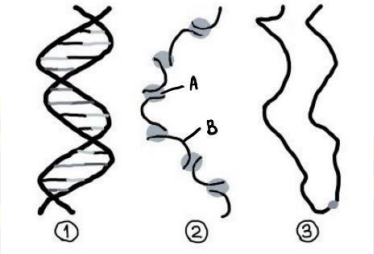
7. ลำดับนิวคลีโอไทด์ในข้อใดต่อไปนี้ที่สามารถเกิดการจับกันของเบสคู่สมภายในโมเลกุลเดียวกันได้

ก. 5' -GGGGTTTTCCCC- 3'
ข. 5' -AAAAAAAAAAAA -3'
ค. 5' -ACACACACACAC -3'
ง. 5' -GTGTGTGTGTGT -3'

8. ข้อใดเรียงลำดับของโครงสร้างจากขนาดเล็กที่สุดไปขนาดใหญ่ที่สุดได้**ถูกต้อง**

ก. DNA ⟶ Nucleotide ⟶ gene ⟶ genome ⟶ chromosome
ข. Nucleotide ⟶ DNA ⟶ gene ⟶ genome ⟶ chromosome
ค. Nucleotide⟶ gene ⟶ DNA ⟶ chromosome ⟶ genome
ง. DNA ⟶ Nucleotide ⟶ gene ⟶ chromosome ⟶ genome

9. จากภาพที่กำหนดให้ ตัวอักษร A และ B ในภาพควรมีสมบัติอย่างไร เพื่อให้สาย DNA เกิดการขดตัวเป็นแท่งโครโมโซมได้



ก. A เป็นประจุลบ เนื่องจากมีกรดอะมิโนไลซีน และอาร์จีนีนมาก
B เป็นประจุบวก เนื่องจากมีหมู่ฟอสเฟตเป็นจำนวนมาก

ข. A เป็นประจุบวก เนื่องจากมีกรดอะมิโนไลซีน และอาร์จีนีนมาก
B เป็นประจุลบ เนื่องจากมีหมู่ฟอสเฟตเป็นจำนวนมาก

ค. A เป็นประจุลบ เนื่องจากมีกรดอะมิโนฮิสทิดีน และมีไธโอนีนมาก
B เป็นประจุบวก เนื่องจากมีคู่เบสเป็นจำนวนมาก

ง. A เป็นประจุบวก เนื่องจากมีกรดอะมิโนฮิสทิดีน และมีไธโอนีนมาก
B เป็นประจุลบ เนื่องจากมีคู่เบสเป็นจำนวนมาก

10. ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของสารพันธุกรรมได้**ถูกต้อง**

1. สามารถเพิ่มจำนวนได้โดยมีลักษณะเหมือนเดิม

2. สามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้

3. ไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนเดิม

ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3

ค. 2 และ 3 ง. 1 2 และ 3

11. หน่วยพันธุกรรมที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตคือข้อใด

ก. โครโมโซม **ข. ยีน**

ค. ดีเอ็นเอ ง. นิวเคลียส

12. ข้อใด**ถูกต้อง**

1. leading strand ถูกสังเคราะห์ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA แม่แบบ แต่ lagging strand ถูกสังเคราะห์ในทิศทางตรงข้าม
2. leading strand ถูกสังเคราะห์โดยการเติมนิวคลีโอไทด์ที่ปลาย 3' แต่ lagging strand ถูกสังเคราะห์โดยการเติมนิวคลีโอไทด์ที่ปลาย 5'
3. การสังเคราะห์ leading strand เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ lagging strand ถูกสังเคราะห์เป็นสายสั้น ๆ

ก. 1 และ 2 **ข. 1 และ 3**

ค. 2 และ 3 ง 1 2 และ 3

13. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการตรวจเชื้อโควิด 19 ด้วยเทคนิค RT-PCR (Reverse Transcription PCR)

ก. ปฏิกิริยานี้ใช้เอนไซม์ helicase ในการแยกกรดนิวคลีอิกสายคู่

ข. ต้องใช้เอนไซม์ที่แตกต่างกัน 2 ตัวในปฏิกิริยานี้

ค. เป็นการเพิ่มจำนวน DNA ในหลอดทดลองโดยเลียนแบบธรรมชาติ

ง. สารพันธุกรรมของเชื้อโควิด 19 ทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ

14. กิจกรรมในข้อใดต่อไปนี้ที่มีลักษณะคล้ายกับการทำงานของเอนไซม์ helicase ในกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ

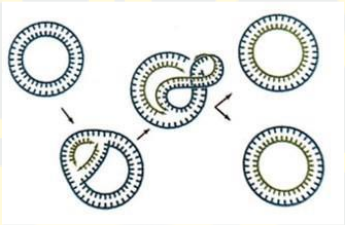
ก. การลดจุดเดือดของน้ำโดยทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำ

ข. การใช้เอนไซม์ lipase ในการย่อยไขมัน

ค. การเชื่อมต่อนิวคลีโอไทด์สายสั้น ๆ ให้เชื่อมติดกันเป็นสายยาว

ง. การถ่ายเอกสาร ทำให้ได้เอกสารแผ่นใหม่ เหมือนกับเอกสารต้นฉบับ

15.พิจารณาภาพ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับภาพนี้

ก. แสดงถึงกระบวนการ DNA replication ในเซลล์โปรคาริโอต

ข. กระบวนการนี้มี Origin of replication 1 จุดเท่านั้น

ค. เป็นกระบวนการที่เกิดในแบคทีเรีย

ง. ถูกทุกข้อ

16. กระบวนการถอดรหัส (transcription) จะได้ลำดับเบส mRNA ดังข้อใด เมื่อเปรียบเทียบกับเบสของ DNA ต้นแบบ

ก. เหมือนลำดับเบสของ polynucleotide ที่เป็นต้นแบบ

ข. เหมือนลำดับเบสของ polynucleotide ที่ไม่ได้เป็นต้นแบบ

ค. เหมือนลำดับเบสของ polynucleotide ที่เป็นต้นแบบ แต่เบส Thymine จะเป็นเบส Uracil

ง. เหมือนลำดับเบสของ polynucleotide ที่ไม่ได้เป็นต้นแบบ แต่เบส Thymine จะเป็นเบส Uracil

17. เปรียบเทียบ mRNA tRNA rRNA เป็นอาชีพต่าง ๆ และหน้าที่

พิจารณาตำแหน่งต่าง ๆ ในโรงงานผลิตรองเท้าแห่งหนึ่งดังตารางต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

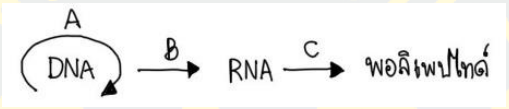
พนักงาน	ตำแหน่ง	หน้าที่
A	พนักงานขับรถส่งของ	นำของไปส่งตามที่ที่ได้รับมอบหมาย
B	พนักงานจับคู่รองเท้า	จัดรองเท้าให้เข้าคู่กันอย่างเหมาะสม
C	พนักงานออกแบบบรรจุภัณฑ์	สร้างบรรจุ-ภัณฑ์ให้สอดคล้องกับรองเท้า
D	พนักงานเดินสินค้า	นำสินค้าไปส่งตามที่ที่ได้รับมอบหมาย
E	พนักงานใส่พื้นรองเท้า	นำพื้นรองเท้าที่จำเพาะกับตัวรองเท้ามาใส่

จากการศึกษาการแปลรหัส (translation) พบว่ามี RNA 3 ชนิดที่เกี่ยวข้อง โดย RNA แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกัน พิจารณาตัวเลือกต่อไปนี้ ตัวเลือกใดที่จัดกลุ่มของชนิดของ RNA กับตำแหน่งของพนักงานโรงงานผลิตรองเท้าได้สอดคล้องกันมากที่สุด โดยพิจารณาจากหน้าที่จาก

การศึกษาการแปลรหัส (translation) พบว่ามี RNA 3 ชนิดที่เกี่ยวข้อง โดย RNA แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกัน พิจารณาตัวเลือกต่อไปนี้ ตัวเลือกใดที่จัดกลุ่มของชนิดของ RNA กับตำแหน่งของพนักงานโรงงานผลิตรองเท้าได้สอดคล้องกันมากที่สุด โดยพิจารณาจากหน้าที่

ตัวเลือก	ชนิด RNA	พนักงาน
ก.	**tRNA**	**B E**
ข.	mRNA	A C
ค.	tRNA และ rRNA	C D E
ง.	*rRNA*	B C

18. พิจารณาภาพ แล้วตอบคำถาม



A B และ C คืออะไร ตามลำดับ

ก. RNA polymerase/ DNA ligase/ Ribosome

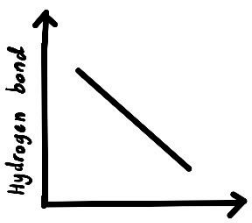
ข. RNA polymerase/ DNA polymerase/ Ribosome

ค. DNA polymerase/ DNA ligase/ RNA polymerase

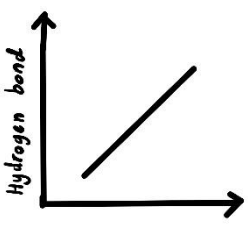
ง. DNA polymerase/ RNA polymerase / Ribosome

19. กราฟในข้อใดสัมพันธ์กับความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบส เมื่ออยู่ในขั้นเริ่มต้นของกระบวนการถอดรหัส (transcription)

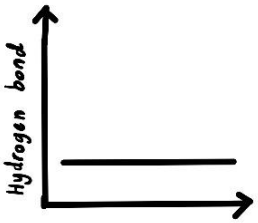
ก.



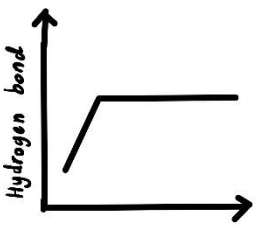
ข.



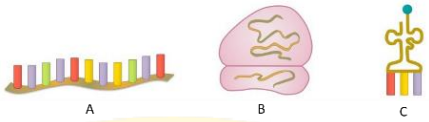
ค.



ง.



20. พิจารณาภาพด้านล่าง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



ข้อใดมีหน้าที่นำกรดอะมิโนที่จำเพาะเข้ามาต่อเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่ไรโบโซมระหว่างการแปลรหัส

ก. A ข. B

ค. C ง. ถูกทุกข้อ

21. องค์ประกอบใดจำเป็นสำหรับกระบวนการแปลรหัส (translation)

A. rRNA

B. สาย DNA ต้นฉบับ

C. mRNA

D. tRNA

E. RNA polymerase

ก. B C E **ข. A C D**

ค. C D E ง. A D E

22. ข้อใดกล่าว<u>ผิด</u>

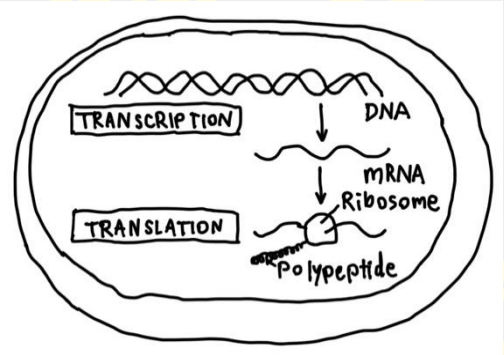
1. การสังเคราะห์โปรตีนใน Prokaryote สามารถเกิดขึ้นได้โดย mRNA ที่สังเคราะห์มาจาก DNA จะถูกนำไปแปลรหัสทันทีทั้งที่กระบวนการถอดรหัสยังไม่สิ้นสุดลง

2.กระบวนการถอดรหัส (transcription)ใน Eukaryote เกิดในนิวเคลียส

3. กระบวนการแปลรหัส (translation) ใน Eukaryote เกิดในไซโทพลาซึม

4. ใน Eukaryote กระบวนการถอดรหัส และกระบวนการแปลรหัสจะเกิดภายในนิวเคลียสเท่านั้น

23. จากภาพเป็นการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์ชนิดใด



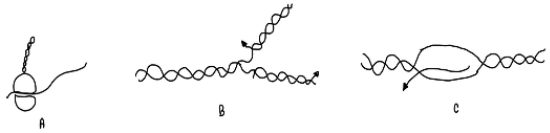
ก. Prokaryotic cell

ข. Eukaryotic cell

ค. Animal cell

ง. Plant cell

24. ใน eukaryotic cell ที่จะพบเหตุการณ์ A B C ในบริเวณต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



A. nucleus พบ A B

B. nucleus พบ B C

C. cytoplasm พบ A

D. cytoplasm พบ A C

ข้อใด**ถูกต้อง**

ก. A B ข. A C

ค. B C ง. B D

25. การเปลี่ยนแปลงใดมีผลทำให้ลักษณะฟีโนไทป์เปลี่ยนไป

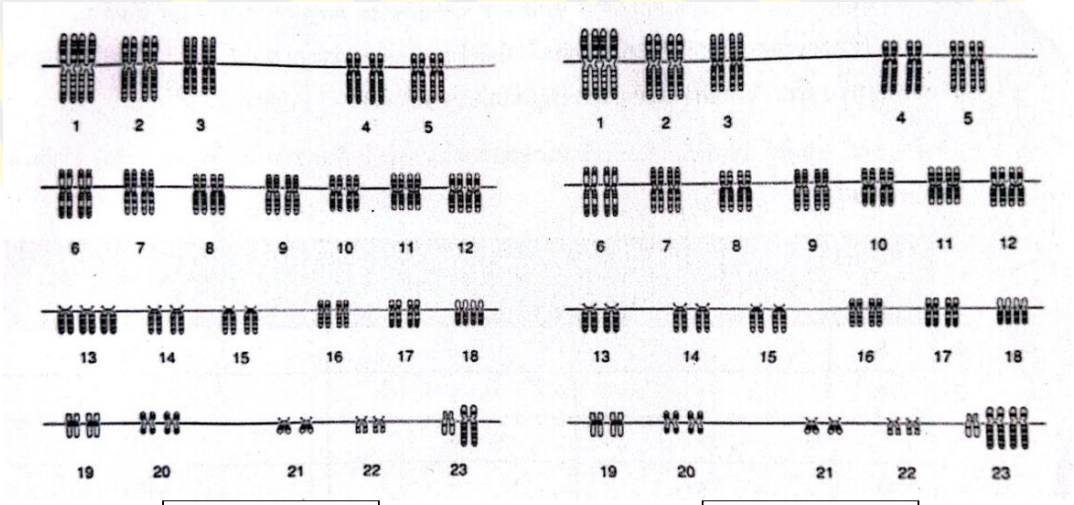
ก. การเติมเบส 3 ตัว หน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส

ข. การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีนหน้าตำแหน่ง promoter

ค. การเติมเบส 3 ตัว หลังตำแหน่งเริ่มต้นการถอดรหัส (transcription)

ง. การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีนหลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส

26. การศึกษาเกี่ยวกับความผิดปกติของโครโมโซมมนุษย์สามารถศึกษาได้จากการทำคาริโอไทป์ โดย A และ B เป็นคนไข้ที่มีความผิดปกติของโครโมโซมเกิดขึ้นดังแผนภาพคาริโอไทป์ต่อไปนี้



แผนภาพคาริโอไทป์ของ A แผนภาพคาริโอไทป์ของ B

ข้อใดสรุป**ถูก**

1. A และ B มีภาวะ trisomy

2. B มีการแสดงอาการของ Turner Syndrome

3. ความผิดปกติของ A เกิดจากภาวะ nondisjunction ของออโตโซมขณะสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ก. 1 ข. 1 และ 2

ค. 1 และ 3 ง. 2 และ 3

27. ความผิดปกติทางพันธุกรรมในข้อใดที่เกิดจากมิวเทชันที่ต่างไปจากข้ออื่น

ก. Cri du chat syndrome ข. Turner syndrome

ค. Edwards syndrome ง. Down's syndrome

28. ยีนมิวเทชัน เมื่อเกิดแล้วจะมีผลต่อมาเป็นอย่างไร

ก. ส่วนใหญ่ทำให้ยีนมีลักษณะดีขึ้น

ข. เกิดแล้วไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่เซลล์อื่น แม้จะเกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ก็ตาม

ค. เมื่อเกิดแล้วจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ได้ในบางโอกาส

ง. เมื่อเกิดแล้วจะไม่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม

29. การเกิดนอนดิสจังชันสามารถเกิดขึ้นในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้หรือไม่ และจะส่งผลอย่างไร

ก. เกิดขึ้นได้ ส่งผลให้เซลล์ลูกมีความผิดปกติ แต่เซลล์ที่ผิดปกตินี้จะไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไป

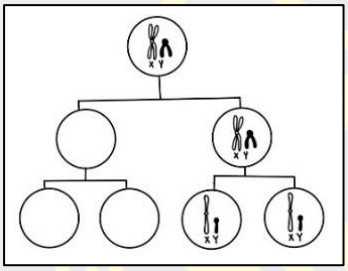
ข. เกิดขึ้นได้ ส่งผลให้เซลล์ลูกมีความผิดปกติ และเซลล์ที่ผิดปกตินี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้

ค. เกิดขึ้นไม่ได้ ความผิดปกตินี้จะเกิดเฉพาะในเซลล์สืบพันธุ์เท่านั้น

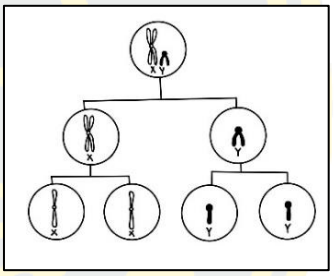
ง. เกิดขึ้นไม่ได้ ความผิดปกตินี้จะเกิดเฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเท่านั้น

30. แผนภาพในข้อใดต่อไปนี้สามารถอธิบายสาเหตุการเกิดโรคไคลน์เฟลเตอร์ซินโดรมได้**ดีที่สุด**

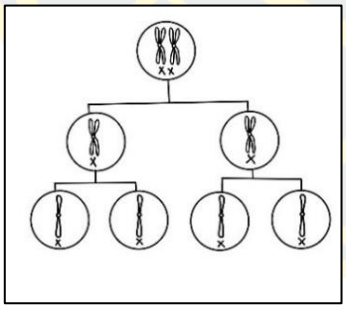
ก.



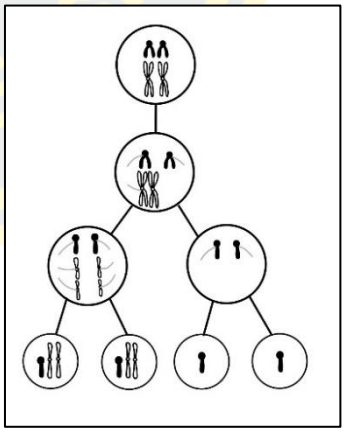
ข.



ค.



ง.



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 7 ข้อ
2. ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อโดยเขียนคำตอบในช่องว่างที่เว้นไว้ให้มีจำนวนมากที่สุด
3. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 60 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้
   3.1 ข้อ 1 - 4 จำกัดเวลา ข้อละ 2 นาที
   3.2 ข้อ 5 – 7 ให้ทำแบบวัดทั้งสามข้อภายในเวลา 52 นาที
4. ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดข้อถัดไป
5. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบทดสอบก่อนได้รับอนุญาต
6. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำถามได้จำนวนมาก มีความสมเหตุสมผลสอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
7. นักเรียนไม่ต้องเขียนชื่อในกระดาษคำตอบ ให้เขียนเฉพาะเลขที่เท่านั้น

ความคิดคล่อง

ข้อที่ 1 ถ้านักเรียนสามารถสร้างเครื่องย้อนเวลาได้ จะย้อนไปในช่วงเวลาใด และคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)

ความคิดคล่อง ..... คะแนน ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ห้ามเปิดข้อสอบหน้าถัดไป จนกว่าจะได้รับอนุญาตจากกรรมการคุมสอบ

ความคิดคล่อง

ข้อที่ 2 ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลก และไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)

ความคิดคล่อง ..... คะแนน ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ห้ามเปิดข้อสอบหน้าถัดไป จนกว่าจะได้รับอนุญาตจากกรรมการคุมสอบ

ความคิดคล่อง

ข้อที่ 3 จงคิดวิธีที่ทำให้จักรยานธรรมดา ๆ คันหนึ่งมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และมีความสวยงามมากขึ้น จงเขียนมาให้ได้มากที่สุด (มีเวลา 2 นาที)

ความคิดคล่อง ..... คะแนน ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ห้ามเปิดข้อสอบหน้าถัดไป จนกว่าจะได้รับอนุญาตจากกรรมการคุมสอบ

ความคิดคล่อง

ข้อที่ 4 ถ้าไม่มีมนุษย์ (*Homo Sapiens*) นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด (มีเวลาทำ 2 นาที)

ความคิดคล่อง ..... คะแนน ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ห้ามเปิดข้อสอบหน้าถัดไป จนกว่าจะได้รับอนุญาตจากกรรมการคุมสอบ

ข้อที่ 5 ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี AI หรือ Artificial Intelligence เข้ามาใช้งานมากขึ้น ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์เป็นอย่างมาก เช่น การสั่งงานด้วยเสียงผ่านโทรศัพท์มือถือ การสแกนหน้าผู้ใช้ผ่านโทรศัพท์มือถือ การทำธุรกรรมทางการเงิน การซื้อของออนไลน์ ฯลฯ ถ้าในอนาคตมีการใช้เทคโนโลยี AI เข้ามาแทนแรงงานมนุษย์มากขึ้น นักเรียนคิดว่าจะเกิดปัญหาใดตามมาบ้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ข้อที่ 6 เมื่อประมาณ 30 ปี ที่แล้ว ณ มณฑลยูนาน ประเทศจีน ชาวบ้านในหมู่บ้านแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ชายป่า ได้เสียชีวิตอย่างฉับพลันอย่างไม่ทราบสาเหตุมากกว่า 260 คน โดยขณะนั้นตรงกับช่วงฤดูฝน ทำให้อากาศค่อนข้างมีความชื้นสูง ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ให้มากที่สุดว่าเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเพราะเหตุใด

ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน

ข้อที่ 7 ให้นักเรียนออกแบบสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ โดยให้วาดรูป พร้อมระบุหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้น และอธิบายถึงคุณสมบัติที่โดดเด่นของสิ่งมีชีวิตชนิดนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ความคิดยืดหยุ่น ..... คะแนน ความคิดริเริ่ม ..... คะแนน