



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ยีนและโครโมโซม

เวลา 2 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว30241

รายวิชา ชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ครูผู้สอน นายวิศ จันทะสิงห์

สอนวันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA

3. สาระสำคัญ

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านทำการค้นคว้าเกี่ยวกับสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- โยฮันน์ ฟรีดริช มิเชอร์ ค้นพบว่า กรดนิวคลีอิกจากสารเคมีที่สกัดจากนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาวซึ่งไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน
- เฟรเดอริก กริฟฟิท ค้นพบสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนสามารถเข้าไปยังแบคทีเรียสายพันธุ์ R ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียสายพันธุ์ R เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ S ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานของแบคทีเรีย
- ออสวอลด์ ที แอเวอรี แมคลิน แมคคาร์ที และคอลลิน แมคคลอยด์ ค้นพบว่า สารที่เปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของแบคทีเรีย สายพันธุ์ R เป็นสายพันธุ์ S คือ DNA

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1. อธิบายและสรุปผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมได้ (K)

ด้านทักษะ/กระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. ตรวจสอบสมมุติฐานและผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมได้ (P)

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียน

☐ 1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

☐ 2. ซื่อสัตย์สุจริต

☒ 3. มีวินัย

☒ 4. ใฝ่เรียนรู้

☐ 5. อยู่อย่างพอเพียง

☒ 6. มุ่งมั่นในการทำงาน

☐ 7. รักความเป็นไทย

☐ 8. มีจิตสาธารณะ

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☒ 1. ความสามารถในการสื่อสาร

☒ 2. ความสามารถในการคิด

☐ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

☒ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

7.1 ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือการเรียนรู้ 3R X 8C

Reading (อ่านออก)

(W) Riting (เขียนได้)

(A) Rithmetics (คิดเลขเป็น)

ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ไขปัญหา

(Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

7.2 ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ของคนในศตวรรษที่ 21

ความยืดหยุ่นและการปรับตัว

การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

7.3 คุณลักษณะของคนในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะด้านการทำงาน ได้แก่ การปรับตัว ความเป็นผู้นำ

คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

8. การบูรณาการ

คุณธรรม ค่านิยม 12 ประการ

อนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

1) แบบทดสอบก่อนเรียน

2) ผังสรุป เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

3) ใบงานที่ 5.1 เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

4) ตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

10. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้แกนกลาง	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- DNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล ดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A T C และ G - โมเลกุลของ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา โดยการเข้าคู่กันของสาย DNA เกิดจากการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

11. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูแจ้งผลการเรียนรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ
2. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ครูถามคำถาม Big Question เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนว่า เพราะเหตุใด DNA จึงมีบทบาทสำคัญต่อการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

(แนวตอบ DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และยังสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูกได้)

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge เพื่อทบทวนความรู้เดิมว่า สารพันธุกรรมของมนุษย์ คืออะไร
(แนวตอบ สารพันธุกรรมของมนุษย์ คือ ดีเอ็นเอ)
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า สารพันธุกรรมเป็นแหล่งข้อมูลทั้งหมดสำหรับโครงสร้างและการทำงานของกระบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ
3. ครูให้นักเรียนศึกษา การทดลองของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมของมิเชอร์ ฟอยล์ เกน และกริฟฟิท

4. ครูถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใด เมื่อฉีดแบคทีเรียที่ผสมระหว่างสายพันธุ์ S ที่ตายแล้วกับแบคทีเรียสายพันธุ์ R จึงมีผลทำให้หนูตาย

(แนวตอบ มีสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S เข้าไปยังแบคทีเรียสายพันธุ์ R และสามารถเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้กลายเป็นสายพันธุ์ S ได้ จึงมีผลทำให้หนูตาย)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูสุ่มเลือกนักเรียนออกมาสรุปผลการทดลองของมิเชอร์ ฟอยล์เกน และกริฟฟิธ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทดลองของมิเชอร์ ฟอยล์เกน และกริฟฟิธ

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า จากผลการทดลองของกริฟฟิธ ได้มีนักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองต่อจากการทดลองของกริฟฟิธ คือ แอเวอรี และคณะ
3. ครูให้นักเรียนศึกษาการทดลองของแอเวอรี และคณะ ที่นำแบคทีเรียที่ผสมระหว่างสายพันธุ์ S ที่ตายแล้วกับแบคทีเรียสายพันธุ์ R แล้วเติมเอนไซม์ RNase โปรตีเอส และ DNase ในแต่ละชุดการทดลอง
4. ครูถามนักเรียนว่า สารอะไรที่สามารถเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้กลายเป็นสายพันธุ์ S ได้ เพราะเหตุใด
(แนวตอบ สารที่ทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้กลายเป็นสายพันธุ์ S คือ DNA เนื่องจากเมื่อทำการทดลองใส่เอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ RNase โปรตีเอส DNase ลงในส่วนผสมของแบคทีเรียที่ผสมระหว่างสายพันธุ์ S ที่ตายแล้วกับแบคทีเรียสายพันธุ์ R มีเพียงหลอดที่ใส่ DNase เท่านั้น ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่า DNase ย่อย DNA จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรีย)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ ทั้งแบคทีเรีย พืช สัตว์ และมนุษย์ ส่วน RNA เป็นสารพันธุกรรมของของไวรัส เช่น ไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคเอดส์ ชาร์ส ไข้หวัดนก

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการค้นพบสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากการทดลองของ แอเวอรี และคณะ
2. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.1 เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ขั้นสรุป

ชั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูให้นักเรียนแต่งสรุป เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านต่าง ๆ

ชั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากแบบทดสอบก่อนเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากผังสรุป เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
3. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.1 เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
4. ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

12. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

12.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 2) แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 3) ใบงานที่ 5.1 เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
- 4) PowerPoint เรื่อง ยีนและโครโมโซม

12.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) สื่อออนไลน์

13. การวัดผลและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ผังสรุป เรื่อง การค้นพบ สารพันธุกรรม	- แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 ประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	- ตรวจแบบทดสอบ ก่อนเรียน	- แบบทดสอบก่อนเรียน	- ประเมินตามสภาพจริง
7.3 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้	- ตรวจใบงานที่ 5.1	- ใบงานที่ 5.1	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1) การค้นพบสาร พันธุกรรม			
2) พฤติกรรมการ ทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

14. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

15. บันทึกผลหลังการสอน

สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวนคน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ

ได้แก่.....

.....

.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนพิการได้แก่.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

.....

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ

.....

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ ค่านิยม 12 ประการ คุณธรรมจริยธรรม

.....

.....

16. ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

17. เสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(.....)

วันที่/...../.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระฯ

(.....)

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

โรงเรียนสตรีศึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้บริหารโรงเรียนสตรีศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครูผู้สอน

(.....)

วันที่.....

ใบงานที่ 5.1

เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

คำชี้แจง : อธิบายการค้นพบสารพันธุกรรมของนักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

ข้อ	นักวิทยาศาสตร์	การค้นพบสารพันธุกรรม
1.	โยฮันน์ ฟรีดริช มิเชอร์	
2.	โรเบิร์ต ฟอยล์แกน	
3.	เฟรเดอริก กริฟฟิท	
4.	ออสวอลด์ ที แอเวอรี่ และคณะ	

เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

คำชี้แจง : อธิบายการค้นพบสารพันธุกรรมของนักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

ข้อ	นักวิทยาศาสตร์	การค้นพบสารพันธุกรรม
1.	โยฮันน์ ฟรีดริช มิเชอร์	ค้นพบ กรดนิวคลีอิกจากสารเคมีที่สกัดมาจากนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาว ซึ่งไม่สามารถถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพปซินได้ มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
2.	โรเบิร์ต ฟอยล์แกน	ค้นพบว่า ดีเอ็นเออยู่บนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์สิ่งมีชีวิต เนื่องจากการย้อมเซลล์ด้วยสีฟuchsine จะมีเฉพาะบริเวณนิวเคลียสที่มีโครโมโซมรวมตัวกันอย่างหนาแน่นเท่านั้นที่ย้อมติดสี
3.	เฟรเดอริก กริฟฟิท	ค้นพบว่า มีสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนเข้าไปยังแบคทีเรียสายพันธุ์ R และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากแบคทีเรียสายพันธุ์ R เป็นสายพันธุ์ S แต่กริฟฟิทยังไม่ได้ข้อสรุปว่าสารนั้นคือสารอะไร
4.	ออสวอลด์ ที แอเวอร์รี และคณะ	ค้นพบว่า สารที่ทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เปลี่ยนเป็นสายพันธุ์ S คือ ดีเอ็นเอ เนื่องจากในหลอดทดลองที่ใส่เอนไซม์ DNase เข้าไป จะไม่มีการเปลี่ยนสายพันธุ์ของแบคทีเรีย ส่วนหลอดที่ใส่ RNase และโปรตีเอส จะมีการเปลี่ยนสายพันธุ์ของแบคทีเรีย ทำให้ทราบว่าเปลี่ยนสายพันธุ์ของแบคทีเรีย คือ DNA



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ยีนและโครโมโซม

เวลา 2 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว30241

รายวิชา ชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ครูผู้สอน นายวิรัช จันทะสิงห์

สอนวันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA

3. สาระสำคัญ

โครโมโซม (chromosome) มีลักษณะเป็นเส้นยาวขดพันกันเป็นเกลียวอยู่ในนิวเคลียส เรียกว่า โครมาติน (chromatin) ซึ่งในช่วงของการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะหดตัวสั้นและหนาที่ประกอบด้วยโครมาทิด 2 อัน ยึดกันตรงตำแหน่งเซนโทรเมียร์ (centromere) แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

- เมทาเซนทริก (metacentric) เป็นโครโมโซมที่มีตำแหน่งเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลาง
- ซับเมทาเซนทริก (submetacentric) เป็นโครโมโซมที่มีตำแหน่งเซนโทรเมียร์อยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางเล็กน้อย
- อะโครเซนทริก (acrocentric) เป็นโครโมโซมที่มีตำแหน่งเซนโทรเมียร์อยู่ใกล้กับปลายโครมาทิด
- เทโลเซนทริก (telocentric) เป็นโครโมโซมที่มีตำแหน่งเซนโทรเมียร์อยู่ที่ปลายโครมาทิด

โครโมโซมจะบรรจุโมเลกุลเกลียวคู่ของ DNA รวมอยู่กับโปรตีนฮิสโตน ซึ่งมีการสร้างสมดุลของสาย DNA พันรอบกลุ่มโปรตีนฮิสโตนเป็นโครงสร้างของนิวคลีโอโซม (nucleosome)

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1. อธิบายรูปร่าง ลักษณะ และส่วนประกอบของโครโมโซมได้ (K)

ด้านทักษะ/กระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. เขียน/วาดภาพรูปร่าง ลักษณะ และส่วนประกอบของโครโมโซมได้ (P)

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียน

☐ 1. รักษาดี ศาสน์ กษัตริย์

☐ 2. ซื่อสัตย์สุจริต

☒ 3. มีวินัย

☐ 5. อยู่อย่างพอเพียง

☐ 7. รักความเป็นไทย

☒ 4. ใฝ่เรียนรู้

☒ 6. มุ่งมั่นในการทำงาน

☐ 8. มีจิตสาธารณะ

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☒ 1. ความสามารถในการสื่อสาร

☐ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

☒ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

☒ 2. ความสามารถในการคิด

☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

7.1 ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือการเรียนรู้ 3R X 8C

Reading (อ่านออก)

(W) Riting (เขียนได้)

(A) Rithmetics (คิดเลขเป็น)

ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา

(Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

7.2 ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ของคนในศตวรรษที่ 21

ความยืดหยุ่นและการปรับตัว

การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

7.3 คุณลักษณะของคนในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะด้านการทำงาน ได้แก่ การปรับตัว ความเป็นผู้นำ

คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

8. การบูรณาการ

คุณธรรม ค่านิยม 12 ประการ

อนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

1) ผังสรุป เรื่อง โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

2) ตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

10. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้แกนกลาง	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- DNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล ดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A T C และ G - โมเลกุลของ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา โดยการเข้าคู่กันของสาย DNA เกิดจากการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

11. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูถามคำถาม Prior Knowledge เพื่อทบทวนความรู้เดิมว่า โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตมีกี่ประเภท อะไรบ้าง
(*แนวตอบ โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โครโมโซมร่างกาย และโครโมโซมเพศ*)
- ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า DNA ที่เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเป็นองค์ประกอบหลักของโครโมโซมที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

- ครูให้นักเรียนศึกษารูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยโครมาทิด 2 อัน ยึดกันที่ตำแหน่งเซนโทรเมียร์
- ครูถามนักเรียนว่า ในระหว่างการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันในช่วงที่เซลล์ไม่มีการแบ่งเซลล์ อย่างไร
(*แนวตอบ แตกต่างกัน เพราะในระหว่างการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะหดสั้น ประกอบด้วยโครมาทิด 2 อัน ยึดกันที่ตำแหน่งเซนโทรเมียร์ แต่ในช่วงที่เซลล์ไม่มีการแบ่งเซลล์ โครโมโซมคลายตัวเป็นเส้นใย โครมาทิดที่ขดพันกันอยู่ภายในนิวเคลียส*)
- ครูให้นักเรียนศึกษา ประเภทของโครโมโซมตามตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ ที่แบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ เมทาเซนทริก ซับเมทาเซนทริก อะโครเซนทริก และทีโลเซนทริก

9. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาจมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ และให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 5.1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

10.ครูถามคำถามนักเรียนว่า โครโมโซมมีความสัมพันธ์กับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตหรือไม่

(แนวตอบ จำนวนโครโมโซมไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต เช่น ไม้มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าคน แต่ระบบอวัยวะของคนมีความซับซ้อนมากกว่าไม้ หรือแมลงวัน แมลงหวี่ ยุง กิ้งก่า ปล่อง และผึ้ง เป็นแมลงเหมือนกันที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างใกล้เคียงกัน แต่มีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน)

11.ครูถามคำถามท้าทายการคิดขั้นสูง (H.O.T.S) กับนักเรียนว่า สิ่งมีชีวิตต่างชนิด แต่มีโครโมโซมเท่ากัน สามารถสืบพันธุ์และให้กำเนิดลูกได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

(แนวตอบ สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันจะไม่สามารถสืบพันธุ์และให้กำเนิดลูกได้ เนื่องจากแต่ละโครโมโซมมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน จึงทำให้ไม่เกิดการเข้าคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซม)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสซเซป

2. ครูให้นักเรียนศึกษา ส่วนประกอบของโครโมโซม ที่เกิดจากเกลียวคู่ของ DNA รวมอยู่กับโปรตีนฮิสโตน กลายเป็นโครมาทิน

3. ครูถามนักเรียนว่า โปรตีนฮิสโตนในโครโมโซมมีบทบาทอย่างไร

(แนวตอบ เนื่องจาก DNA มีประจุลบ แต่โปรตีนฮิสโตนมีประจุบวก จึงทำให้เกิดการสร้างสมดุลประจุของโครมาทินด้วยสาย DNA พันรอบกลุ่มโปรตีนฮิสโตน)

4. ครูให้นักเรียนศึกษา จีโนมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมทั้งหมดที่บรรจุอยู่ในนิวเคลียสของทุก ๆ เซลล์ และมีความหลากหลายในด้านขนาด จำนวนของยีน และความหนาแน่นของยีน แล้วให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 5.2 ขนาด จำนวนของยีน และความหนาแน่นของยีนในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับส่วนประกอบของโครโมโซม

2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ขั้นสรุป

ขั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

- ครูให้นักเรียนทำผังสรุป เรื่อง โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต โดยคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่สนใจ ระบุจำนวนโครโมโซม และประเภทของโครโมโซมแต่ละแท่งตามตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ โดยสืบค้นข้อมูลจากวารสารทางวิชาการ หรือสื่อออนไลน์

ขั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

- ครูตรวจสอบผลจากผังสรุป เรื่อง โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต
- ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

12. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

12.1 สื่อการเรียนรู้

- หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- PowerPoint เรื่อง ยีนและโครโมโซม

12.2 แหล่งการเรียนรู้

- ห้องเรียน
- ห้องสมุด
- สื่อออนไลน์

13. การวัดผลและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ผังสรุป เรื่อง โครโมโซม ของสิ่งมีชีวิต	- แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้			
1) โครโมโซม	- ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการ ทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

14. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

15. บันทึกผลหลังการสอน

สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวนคน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน

คิดเป็นร้อยละ

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน

คิดเป็นร้อยละ

ได้แก่.....

.....

.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนพิการได้แก่.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

.....

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ

.....

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ ค่านิยม 12 ประการ คุณธรรมจริยธรรม

.....

.....

16. ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

17. เสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(.....)

วันที่/...../.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระฯ

(.....)

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

โรงเรียนสตรีศึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครูผู้สอน

(.....)

วันที่.....



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ยีนและโครโมโซม

เวลา 3 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว30241

รายวิชา ชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ครูผู้สอน นายวิรัช จันทะสิงห์

สอนวันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA

3. สาระสำคัญ

ดีเอ็นเอหรือกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิกเป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเกิดจากพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบส (อะดีนีน กวานีน ไซโทซีน และไทมีน) และหมู่ฟอสเฟต

หน่วยย่อยของนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ (phosphodiester bond) โดยหมู่ฟอสเฟตที่อยู่ในตำแหน่งคาร์บอนที่ 5 สร้างพันธะกับน้ำตาลดีออกซีไรโบสของอีกนิวคลีโอไทด์ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 จนเป็นสายยาวที่เรียกว่า พอลินิวคลีโอไทด์ (polynucleotide) ที่ปลายด้านหนึ่งจะเป็นตำแหน่ง 5' ของคาร์บอนอะตอมในน้ำตาลดีออกซีไรโบส และปลายอีกด้านเป็นตำแหน่ง 3' ของคาร์บอนอะตอมในน้ำตาลดีออกซีไรโบส

โมเลกุลดีเอ็นเอจะประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศกันและพันกันเป็นเกลียวคู่ตามเข็มนาฬิกา มีแกนน้ำตาล-ฟอสเฟตอยู่ด้านนอกของโมเลกุล และไนโตรจีนัสเบสอยู่ด้านในโมเลกุลซึ่งเบส A จะจับคู่กับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ และเบส G จะจับคู่กับเบส C ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1. อธิบายองค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างของดีเอ็นเอได้ (K)
2. อธิบายแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอได้ (K)

ด้านทักษะ/กระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. สร้างแบบจำลองโมเลกุลของดีเอ็นเอได้ (P)

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียน

- | | |
|--|---|
| ☐ 1. รักษาติ ศาสน์ กษัตริย์ | ☐ 2. ซื่อสัตย์สุจริต |
| ☒ 3. มีวินัย | ☒ 4. ใฝ่เรียนรู้ |
| ☐ 5. อยู่อย่างพอเพียง | ☒ 6. มุ่งมั่นในการทำงาน |
| ☐ 7. รักความเป็นไทย | ☐ 8. มีจิตสาธารณะ |

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- | | |
|--|---|
| ☒ 1. ความสามารถในการสื่อสาร | ☒ 2. ความสามารถในการคิด |
| ☐ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา | ☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต |
| ☒ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี | |

7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

7.1 ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือการเรียนรู้ 3R X 8C

Reading (อ่านออก)

(W) Riting (เขียนได้)

(A) Rithmetics (คิดเลขเป็น)

ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ไขปัญหา

(Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

7.2 ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ของคนในศตวรรษที่ 21

ความยืดหยุ่นและการปรับตัว

การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

7.3 คุณลักษณะของคนในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะด้านการทำงาน ได้แก่ การปรับตัว ความเป็นผู้นำ

คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

8. การบูรณาการ

คุณธรรม ค่านิยม 12 ประการ

อนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

- 1) แบบจำลองและการนำเสนอแบบจำลองโมเลกุลของ DNA
- 2) ใบงานที่ 5.2 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
- 3) ตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

10. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้แกนกลาง	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- DNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล ดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A T C และ G - โมเลกุลของ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา โดยการเข้าคู่กันของสาย DNA เกิดจากการจับคู่ของเบสคู่สม คือ A คู่กับ T และ C คู่กับ G	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

11. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

- ครูถามคำถาม Prior Knowledge เพื่อทบทวนความรู้เดิมว่า DNA มีความสัมพันธ์กับโครโมโซมอย่างไร
(แนวตอบ DNA เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสายดีเอ็นเอจะพันอยู่รอบกลุ่มโปรตีนฮิสโตน)
- ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า ดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ และบางส่วนของดีเอ็นเอ ทำหน้าที่เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

- ครูให้นักเรียนศึกษา องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอที่เกิดจากหน่วยย่อยของนิวคลีโอไทด์มาต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งนิวคลีโอไทด์มีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส (A T G C)
- ครูถามนักเรียนว่า นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันอย่างไร
(แนวตอบ นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดของเบส โดยอาจเป็นเบสชนิดอะดีนีน ไทมีน ไซโทซีน หรือกวานีน)
- ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอ ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วน ได้แก่ น้ำตาล ดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส (A T C G) ซึ่งนิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดของไนโตรจีนัสเบส

8. ครูให้นักเรียนศึกษา การเชื่อมต่อกันนิวคลีโอไทด์เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ โดยหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์ โมเลกุลหนึ่งจะสร้างพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์กับน้ำตาลดีออกซีไรโบสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่โมเลกุลดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ ซึ่งดีเอ็นเอ 2 สาย จะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างไนโตรจีนัสเบส โดยเบส A กับเบส T จะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ ส่วนเบส G กับเบส C จะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ เรียกการจับคู่ของเบสว่า เบสคู่สม
9. ครูถามคำถามนักเรียนว่า หน่วยย่อยของนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อเป็น DNA สายยาวได้อย่างไร
(แนวตอบ หมู่ฟอสเฟตที่อยู่ในคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของนิวคลีโอไทด์โมเลกุลหนึ่ง จะสร้างพันธะฟอสโฟ- ไดเอสเตอร์กับคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่โมเลกุลดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ ซึ่งดีเอ็นเอ 2 สาย จะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างไนโตรจีนัสเบส โดยเบส A กับเบส T จะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ ส่วนเบส G กับเบส C จะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ)
10. ครูให้นักเรียนศึกษา การทดลองของชาร์กาฟฟ์ ที่พบว่าเบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส G จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส C
11. ครูถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใด ปริมาณเบส A จึงใกล้เคียงกับเบส T และเบส G จึงใกล้เคียงกับเบส C
(แนวตอบ เนื่องจากเบส A จะเข้าคู่กับเบส T ส่วนเบส C จะเข้าคู่กับเบส G จึงทำให้ปริมาณเบส A จึงใกล้เคียงกับเบส T และเบส G จึงใกล้เคียงกับเบส C เสมอ)
12. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า จากผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ จึงตั้งเป็นกฎของชาร์กาฟฟ์ มีหลักการ คือ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีปริมาณของเบสทั้ง 4 ชนิด แตกต่างกันไป ซึ่งในสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจะมีค่าคงที่ ไม่แปรผันตามอายุ อาหาร และสิ่งแวดล้อม โดยอัตราส่วนระหว่างเบส A : T และ G : C จะใกล้เคียงกับ 1

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกฎของชาร์กาฟฟ์

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

12. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
13. ครูให้นักเรียนศึกษา โครงสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอ จากแบบจำลองของวัตสัน และคริก ซึ่งใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน และกฎของชาร์กาฟฟ์
14. ครูถามนักเรียนว่า แรงยึดเหนี่ยวของคู่เบส A กับ T และคู่เบส G กับ C คู่ใดมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากัน
(แนวตอบ คู่เบสระหว่าง G กับ C มีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า A กับ T เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนมากกว่า)

15.ครูถามนักเรียนว่า ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่

(แนวตอบ เกลียว DNA แต่ละเกลียวจะห่างกัน 34 อังสตรอม ซึ่งแต่ละคู่เบสห่างกัน 3.4 อังสตรอม ดังนั้น เกลียว DNA แต่ละเกลียวประกอบด้วยคู่เบสจำนวน 10 คู่)

16.ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า โมเลกุลดีเอ็นเอประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศกัน บิดเป็นเกลียวคู่เวียนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งมีแกนน้ำตาล-ฟอสเฟตอยู่ด้านนอก และไนโตรจีนัสเบสอยู่ด้านใน โดย A จับคู่กับ T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ และ G จับคู่กับ C ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ โครงสร้างเกลียวคู่มีระยะห่างกัน 20 อังสตรอม แต่ละเกลียวห่างกัน 34 อังสตรอม และแต่ละคู่เบสห่างกัน 3.4 อังสตรอม

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างของดีเอ็นเอ
2. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.2 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
4. ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากภาพยนตร์สารคดีสั้น (Twig) เรื่อง ดีเอ็นเอ คืออะไร? <https://www.twig-aksorn.com/film/what-is-dna-7931/>

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสรุป

ชั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน สร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA จากกระดาษ โดยใช้ข้อมูลการสร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA จากท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ดีเอ็นเอ แล้วออกมาแนะนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน

ชั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

7. ครูตรวจสอบผลจากแบบจำลองและการนำเสนอแบบจำลองโมเลกุลของ DNA
8. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.2 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
9. ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

12. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

12.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 2) แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 3) ใบงานที่ 5.2 เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ
- 4) PowerPoint เรื่อง ยีนและโครโมโซม

12.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) สื่อออนไลน์

13. การวัดผลและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ตรวจสอบแบบจำลองโมเลกุล ของ DNA	- แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 1) ดีเอ็นเอ	- ตรวจใบงานที่ 5.2 - ตรวจสอบแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 5.2 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

14. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

15. บันทึกผลหลังการสอน

สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวนคน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ

ได้แก่.....

.....

.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนพิการได้แก่.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ ค่านิยม 12 ประการ คุณธรรมจริยธรรม

.....

16. ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

17. เสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(.....)

วันที่/...../.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระฯ

(.....)

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

โรงเรียนสตรีศึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

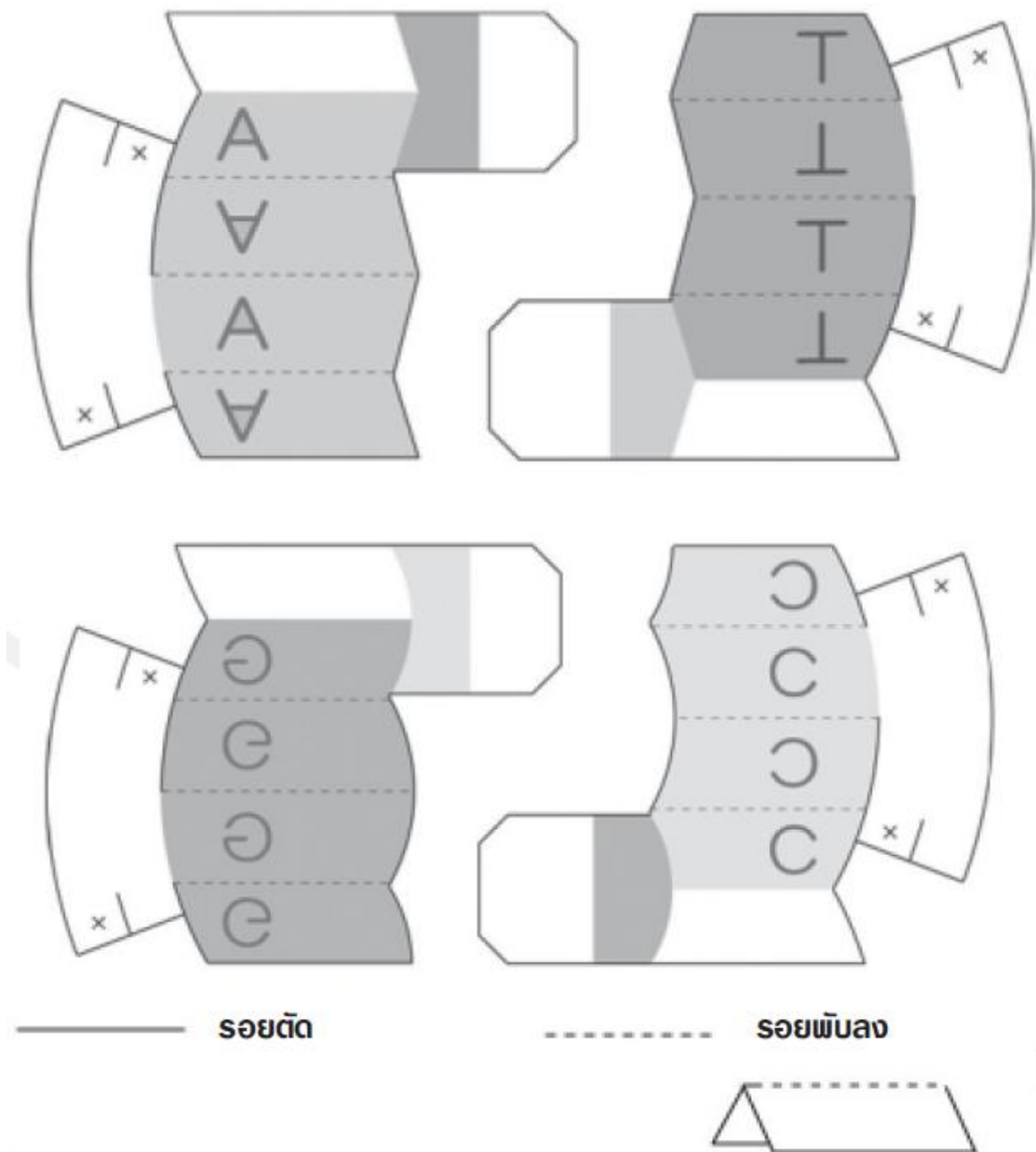
(ลงชื่อ).....ครูผู้สอน

(.....)

วันที่.....

แบบจำลองดีเอ็นเอจากกระดาษ

โมเดลกระดาษดีเอ็นเอนี้เป็นการสร้างแบบจำลองดีเอ็นเอเพื่อดูโครงสร้างที่เป็นเกลียวคู่ของดีเอ็นเออย่างง่าย ๆ โดยสร้างนิวคลีโอไทด์ที่เน้นส่วนเบสทั้ง 4 ชนิด ซึ่งมีลักษณะต่างกัน ได้แก่ อะดีนีน (A) ไทมิน (T) กวานีน (G) และไซโทซีน (C) แล้วนำมาต่อกันเพื่อเกิดเป็นโครงสร้างเกลียวคู่ แบบของนิวคลีโอไทด์แสดงดังรูป



ขั้นตอนการสร้างโมเดลดีเอ็นเอจากกระดาษ

1. ตัดแบบตามเส้นที่เป็นรอยพับ



2. ตัดตามเส้นประ โดยใช้ดินสอกดที่ไม่มีไส้หรือปากกาถูกลื่นที่หมึกหมดขีดตามรอยเส้นประ แล้วจึงพับตามรอยนั้น



3. จากนั้นติดกาวที่ส่วนที่เป็นแกนของเบสกับเบสอีกด้านหนึ่ง จะได้นิวคลีโอไทด์ที่ส่วนเบสมีลักษณะเป็นปริซึม



4. ต่อนิวคลีโอไทด์ที่มีคู่เหมาะสมเข้าด้วยกัน ได้แก่ A กับ T และ G กับ C โดยคว่ำปริซึมอันหนึ่งลง แล้วสอดส่วนที่เป็นแกนของปริซึมทั้งสองเข้าด้วยกัน



5. นำคูนิวคลีโอไทด์ที่ต่อคู่เบสแล้วมาต่อกันที่ตรงตำแหน่งปลายของทั้ง 2 ข้าง โดยซ้อนส่วนที่ไม่มีเครื่องหมาย x กับส่วนที่มีเครื่องหมาย x โดยให้เครื่องหมาย x อยู่ด้านล่าง

6. นำคูนิวคลีโอไทด์มาต่อเรื่อย ๆ จนได้โครงสร้างที่เป็นเกลียวคู่

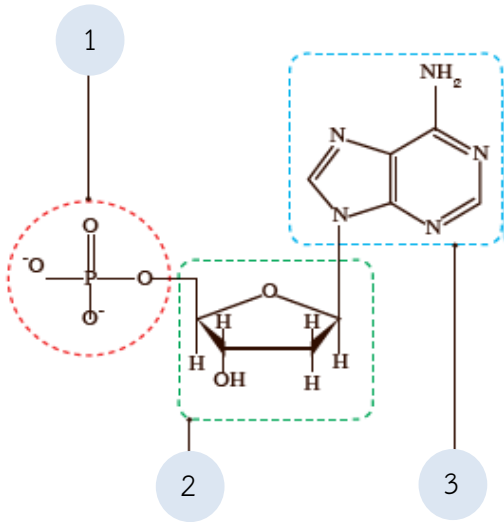


ใบงานที่ 5.2

เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอให้ถูกต้อง

1. จงระบุโครงสร้างและลักษณะของโครงสร้างที่กำหนดให้



หมายเลข 1 คือ

តំកល់

.....

หมายเลข 2 คือ

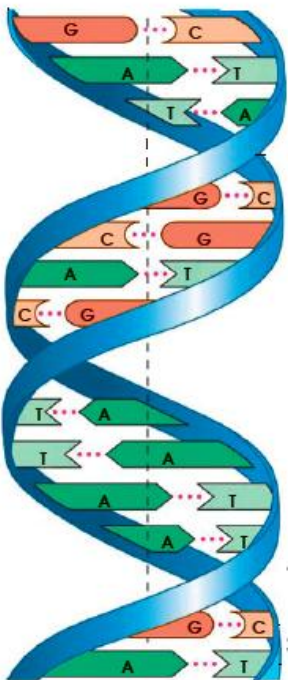
ลักษณะ

หมายเลข 3 คือ

ลักษณะ

.....

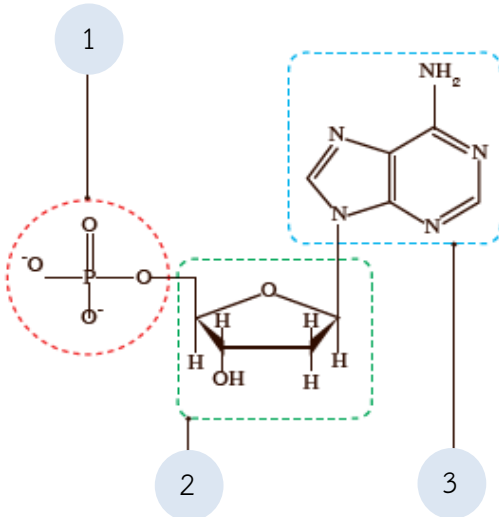
2. จงอธิบายลักษณะของโครงสร้าง DNA ที่กำหนดให้

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins or other markings on the paper.

เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอให้ถูกต้อง

1. จงระบุโครงสร้างและลักษณะของโครงสร้างที่กำหนดให้



หมายเลข 1 คือ หมู่ฟอสเฟต

ลักษณะ โครงสร้างที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส และออกซิเจน
มีสูตรโมเลกุลเป็น PO_4^{3-}

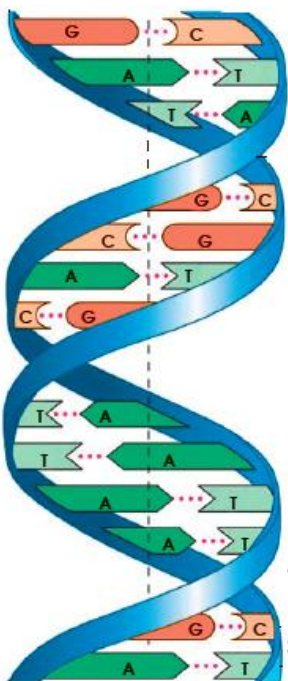
หมายเลข 2 คือ น้ำตาลดีออกซีไรโบส

ลักษณะ เป็นน้ำตาลคาร์บอน 5 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น
 $C_5H_{10}O_4$ โดยคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล

หมายเลข 3 คือ ไนโตรจีนัสเบส

ลักษณะ เบสที่เป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอ
มี 4 ชนิด ได้แก่ กวานีน (G) อะดีนีน (A) ไซโทซีน (C) ไทมิน (T)

2. จงอธิบายลักษณะของโครงสร้าง DNA ที่กำหนดให้



โครงสร้างของ DNA มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

- โมเลกุล DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ที่
เรียงสลับทิศกัน และพันเป็นเกลียวคู่เวียนตามเข็มนาฬิกา

- นิวคลีโอไทด์แต่ละสาย ประกอบด้วยแกนน้ำตาล-ฟอสเฟต
อยู่ด้านนอกของโมเลกุล และไนโตรจีนัสเบสอยู่ด้านในโมเลกุล

- ไนโตรจีนัสเบสของพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย จะมีการจับคู่
กันของเบสคู่สม โดยเบส A จับคู่กับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน
2 พันธะ และเบส G จับคู่กับเบส C ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3
พันธะ

- โครงสร้างเกลียวคู่จะมีระยะห่าง $20 \text{ \AA}$ แต่ละเกลียวห่าง
กัน $34 \text{ \AA}$ และแต่ละคู่เบสมีระยะห่างกัน $3.4 \text{ \AA}$



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ยีนและโครโมโซม

เวลา 8 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว30241

รายวิชา ชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ครูผู้สอน นายวริศ จันทะสิงห์

สอนวันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

7. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์ โปรตีน

8. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล

3. สาระสำคัญ

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 ประกอบด้วยอาร์เอ็นเอเข้ารหัส (messenger RNA ; mRNA) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำรหัสพันธุกรรมจาก DNA มาสังเคราะห์โปรตีน อาร์เอ็นเอเข้ารหัส (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 ซึ่งจะสิ้นสุดการแปลรหัสเนื่องจากการต่อสายยาวของกรดอะมิโนจนถึงโคดอนที่เป็นรหัสหยุด

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

2. อธิบายสมบัติของสารพันธุกรรม (K)
3. อธิบายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (K)
4. อธิบายการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบได้ (K)
5. อธิบายกระบวนการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ได้ (K)
6. สาธิตการถอดรหัสและแปลรหัสได้ (K)

ด้านทักษะ/กระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. เขียนลำดับกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของพอลิเพปไทด์ที่ได้จากการแปลรหัสได้ (P)

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียน

- | | |
|--|---|
| ☐ 1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ | ☐ 2. ซื่อสัตย์สุจริต |
| ☒ 3. มีวินัย | ☒ 4. ใฝ่เรียนรู้ |
| ☐ 5. อยู่อย่างพอเพียง | ☒ 6. มุ่งมั่นในการทำงาน |
| ☐ 7. รักความเป็นไทย | ☐ 8. มีจิตสาธารณะ |

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- | | |
|--|---|
| ☒ 1. ความสามารถในการสื่อสาร | ☒ 2. ความสามารถในการคิด |
| ☐ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา | ☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต |
| ☒ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี | |

7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

7.1 ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือการเรียนรู้ 3R X 8C

Reading (อ่านออก)

(W) Riting (เขียนได้)

(A) Rithemetics (คิดเลขเป็น)

ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ไขปัญหา

(Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

7.2 ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ของคนในศตวรรษที่ 21

ความยืดหยุ่นและการปรับตัว

การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

7.3 คุณลักษณะของคนในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะด้านการทำงาน ได้แก่ การปรับตัว ความเป็นผู้นำ

คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

8. การบูรณาการ

คุณธรรม ค่านิยม 12 ประการ

อนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

1. ผังสรุป เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีนจากดีเอ็นเอ
2. กิจกรรม DNA กับ การสังเคราะห์โปรตีน
3. ใบงานที่ 5.3 เรื่อง การสังเคราะห์ DNA
4. ใบงานที่ 5.4 เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA
5. ใบงานที่ 5.5 เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์
6. แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

10. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้แกนกลาง	สารการเรียนรู้ท้องถิ่น
- ยีน คือ สาย DNA บางช่วงที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้ โดยยีนกำหนดลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง เอนไซม์ และอื่น ๆ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตปรากฏลักษณะต่าง ๆ ได้ - DNA จำลองตัวเองได้โดยใช้สายหนึ่งเป็นแม่แบบและสร้างอีกสายขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะมีโครงสร้างและลำดับนิวคลีโอไทด์เหมือนเดิม	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

- DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ โดยการสร้าง RNA 3 ประเภท คือ mRNA tRNA และ rRNA ซึ่งร่วมกันทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน - RNA เป็นพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส คือ A U C และ G	
--	--

11. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูถามคำถาม Prior Knowledge เพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่า DNA มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
(แนวตอบ DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ และทำให้เกิดการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูก)
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมที่ทำให้เกิดการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจากพ่อแม่ไปสู่ลูกหลาน เนื่องจาก DNA สามารถจำลองตัวเอง และใช้ตัวเองเป็นแม่แบบของรหัสพันธุกรรมในการสังเคราะห์โปรตีน และ DNA ยังสามารถเกิดการแปรผันที่ทำให้เกิดความผิดปกติได้

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูให้นักเรียนศึกษา สมบัติของสารพันธุกรรมของ DNA ซึ่งประกอบด้วยสามารถเพิ่มจำนวนได้ สามารถควบคุมการทำงานของเซลล์ได้ และสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมได้
2. ครูถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใด DNA จึงมีคุณสมบัติเป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต
(แนวตอบ เนื่องจาก DNA สามารถเพิ่มจำนวนได้ มียีนที่สามารถควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของเซลล์ และสามารถเกิดการแปรผันของยีน ซึ่งทำให้มีลักษณะแตกต่างจากลักษณะเดิมได้ ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้แสดงให้เห็นว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต)
3. ครูให้นักเรียนศึกษา การสังเคราะห์ DNA ที่เริ่มจากการคลายเกลียวคู่ของดีเอ็นเอ ซึ่งแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบ โดยนำนิวคลีโอไทด์อิสระมาจับกับสายแม่แบบ ซึ่งเบส A เข้าคู่กับเบส T และเบส G เข้าคู่กับเบส C

C โดยจากเริ่มต้นที่มี DNA เพียงโมเลกุลเดียวก็จะได้ DNA สายใหม่ 2 โมเลกุล ที่เรียกว่า การจำลองแบบกึ่งอนุรักษ์

4. ครูถามนักเรียนว่า การจำลองแบบกึ่งอนุรักษ์ มีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ การจำลองแบบกึ่งอนุรักษ์เป็นการจำลอง DNA โดยที่ DNA สายใหม่ที่เกิดขึ้น จะประกอบด้วย DNA สายใหม่ 1 สาย และ DNA สายเก่าอีก 1 สาย)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การจำลองของ DNA จะเป็นแบบกึ่งอนุรักษ์ จากเริ่มต้นที่มี DNA 1 โมเลกุล จะได้ดีเอ็นเอ 2 โมเลกุล ซึ่งในสายดีเอ็นเอจะประกอบด้วยสายแม่แบบ 1 สาย และสาย DNA สายใหม่อีก 1 สาย พันกันเป็นเกลียวเวียนขวา
6. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า โมเลกุล DNA สามารถสังเคราะห์ในหลอดทดลองได้เช่นกัน และให้นักเรียนศึกษาการสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลองของของคอนเบิร์ก
7. ครูถามนักเรียนว่า การสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลองต้องใช้ของอะไรบ้าง
(แนวตอบ การสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลอง จะใช้ DNA แม่แบบ นิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด (นิวคลีโอไทด์เบส A T C และ G) และ เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส)
8. ครูถามนักเรียนว่า เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรสมีบทบาทในการสังเคราะห์ DNA อย่างไร
(แนวตอบ เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรสทำหน้าที่เติมเบสตัวใหม่ที่เป็นเบสคู่สมกับ DNA แม่แบบ)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติของสารพันธุกรรม
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ DNA แบบกึ่งอนุรักษ์
7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลอง

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสังเคราะห์ DNA จาก DNA แม่แบบ จะได้ DNA สายใหม่ 2 สาย ซึ่ง DNA 2 สายนี้จะมีวิธีการสังเคราะห์ที่แตกต่างกัน
3. ครูให้นักเรียนศึกษา การสังเคราะห์ DNA 2 สาย ประกอบด้วย สายนำที่มีการสร้างต่อเนื่องจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' และสายตามที่มีการสร้างเป็น DNA สายสั้น ๆ จากปลาย 3' ไปยังปลาย 5'
4. ครูถามนักเรียนว่า การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ทั้ง 2 สาย เหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
(แนวตอบ การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย จะมีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากทิศทางการสังเคราะห์ DNA แต่ละสายแตกต่างกัน โดยสายนำจะมีการสังเคราะห์อย่างต่อเนื่องในทิศทาง 5' ไปยัง 3' ส่วนสายตามจะมีการสังเคราะห์อย่างไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากทิศทางการสร้างจากปลาย 3' ไปยังปลาย 5' สวนทางกับทิศทางการกลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม จึงมีการสร้างเป็นพอลินิวคลีโอไทด์สายสั้น ๆ เรียกว่า ชิ้นส่วน โอคาซากิ ที่มีทิศทางการสร้างจากปลาย 5' ไปยัง 3' แล้วจึงเชื่อมต่อชิ้นส่วนด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส)

5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสังเคราะห์ DNA ในสายนำจะมีการสังเคราะห์ DNA เป็นสายยาวจากทิศทาง 5' ไปยัง 3' แต่การสังเคราะห์ในสายตามจะมีการสังเคราะห์ DNA สายสั้น ๆ เรียกว่า ชิ้นส่วน โอคาซากิ เนื่องจากทิศทางการคลายเกลียวของ DNA สวนทางกับการสังเคราะห์ จึงสังเคราะห์เป็น สาย สั้น ๆ ใน ทิศทาง 5' ไปยัง 3' แล้วจึงนำชิ้นส่วนโอคาซากิเหล่านั้นมาเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ ดีเอ็นเอไลเกส

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ DNA
2. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.3 เรื่อง การสังเคราะห์ DNA

ชั่วโมงที่ 3

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

- 17.ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
- 18.ครูถามนักเรียนว่า DNA ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมีบทบาทสำคัญต่อเซลล์สิ่งมีชีวิตอย่างไร
(แนวตอบ DNA ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจะมีข้อมูลทางพันธุกรรมบรรจุอยู่ ซึ่งเป็นลำดับเบสของนิวคลีโอไทด์บน สายดีเอ็นเอที่ทำหน้าที่เป็นยีน โดยยีนจะควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนต่าง ๆ ในเซลล์สิ่งมีชีวิต โปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจะมีบทบาทและหน้าที่ที่หลากหลาย เช่น เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในเซลล์ เป็นต้น ซึ่งมีผลทำให้ร่างกายของสิ่งมีชีวิตอยู่ในสภาวะปกติ)
- 19.ครูให้นักเรียนศึกษา บทบาทของ DNA ต่อการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจะมีผลต่อ ลักษณะฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิต
- 20.ครูถามนักเรียนว่า หากการสังเคราะห์ DNA เกิดความผิดปกติจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
(แนวตอบ หากการสังเคราะห์ DNA เกิดความผิดปกติ จะทำให้ข้อมูลพันธุกรรมที่ถูกใช้ในการสังเคราะห์ โปรตีนผิดปกติด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดปกติของสิ่งมีชีวิต)
- 21.ครูให้นักเรียนศึกษา ตัวอย่างความผิดปกติของ DNA ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน เช่น สภาวะเผือก และ โรคโลหิตจางแบบเม็ดเลือดแดงรูปเคียว
- 22.ครูถามนักเรียนว่า สภาวะเผือก และโรคโลหิตจางแบบเม็ดเลือดแดงรูปเคียว เกิดจากความผิดปกติของ โปรตีนชนิดใดของร่างกาย
(แนวตอบ สภาวะเผือกเกิดจากความผิดปกติของเอนไซม์ที่มีผลต่อการสร้างเมลานินที่ทำให้เกิดสีผิวของ สิ่งมีชีวิต ส่วนโรคโลหิตจางแบบเม็ดเลือดแดงรูปเคียวเกิดจากความผิดปกติของโปรตีนเฮโมโกลบินในเซลล์ เม็ดเลือดแดง ซึ่งส่งผลต่อการลำเลียงแก๊สออกซิเจน)
- 23.ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า จากตัวอย่างความผิดปกติจะเห็นได้ว่าเกิดจากความผิดปกติของโปรตีน เช่น สภาวะเผือกที่เกิดจากความผิดปกติของเอนไซม์ที่มีผลต่อการสร้างเมลานิน ส่วนโรคโลหิตจางแบบเม็ดเลือด

แสดงรูปเคียวที่เกิดจากความผิดปกติของโปรตีนเฮโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งความผิดปกติเหล่านี้เป็นผลมาจากความผิดปกติของยีนที่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน

24. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ร่วมกันหาข้อมูลเกี่ยวกับโรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีน และส่งผลต่อลักษณะฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิต พร้อมทำเป็นใบงานสรุป และส่งตัวแทนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอโรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีน และส่งผลต่อลักษณะฟีโนไทป์ที่แสดงออกมา
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นมา
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของ DNA

ชั่วโมงที่ 4

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

5. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสองเซต
6. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสังเคราะห์โปรตีนจาก DNA จะมีกรดนิวคลีอิกอีกหนึ่งชนิดมาเกี่ยวข้อง ได้แก่ อาร์เอ็นเอ
7. ครูให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างของ RNA และความแตกต่างของโครงสร้างระหว่าง RNA กับ DNA
8. ครูถามนักเรียนว่า โครงสร้างของ RNA และ DNA มีลักษณะแตกต่างกัน อย่างไร
(คำตอบ น้ำตาลเพนโทสที่เป็นองค์ประกอบของ DNA เป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส แต่ของ RNA เป็นน้ำตาลเพนโทส และชนิดของไนโตรจีนัสเบสที่พบใน DNA ได้แก่ A T G และ C แต่ไนโตรจีนัสเบสที่พบใน RNA ได้แก่ A U G และ C)
9. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า RNA มีลักษณะที่แตกต่างจาก DNA คือ น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ RNA เป็นชนิดไรโบส แต่ของ DNA เป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส และชนิดของเบสที่พบใน RNA เป็น A U G C ซึ่งของ DNA เป็น A T G C
10. ครูถามนักเรียนว่า เนื่องจาก DNA อยู่ในนิวเคลียส แต่ร่างแหเอนโดพลาซิมชนิดผิวขรุขระและไรโบโซม ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนอยู่ในไซโทพลาซิม DNA จะควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซิมได้อย่างไร
(คำตอบ การนำ DNA จากนิวเคลียสมาสังเคราะห์โปรตีนที่ไซโทพลาซิม จะอาศัยตัวกลางในการนำรหัสพันธุกรรมจาก DNA มาสังเคราะห์โปรตีน ได้แก่ mRNA)
11. ครูให้นักเรียนศึกษา mRNA ซึ่งมีหน้าที่ในการนำข้อมูลของ DNA จากนิวเคลียสมาสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซิม

12. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การถอดรหัส จาก DNA เป็น mRNA และการแปลรหัสจาก mRNA เป็นโปรตีน และให้นักเรียนศึกษาการสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรียกับของสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูคาริโอต

13. ครูถามนักเรียนว่า ในแบคทีเรียที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส การสังเคราะห์โปรตีนจะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสหรือไม่ อย่างไร

(แนวตอบ การสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรียจะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เนื่องจาก DNA ไม่ถูกแยกออกจากไรโบโซมและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้สามารถเริ่มต้นการแปลรหัสได้โดยที่ยังมีการถอดรหัสอยู่ แต่สิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสจะมีการแปลรหัสหลังการถอดรหัสเสร็จสิ้นแล้ว)

14. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรียจะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตยูคาริโอต เนื่องจากแบคทีเรียไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ดังนั้น การถอดรหัสและการแปลรหัสจึงเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันได้ แต่ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูคาริโอต การแปลรหัสจะเกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการถอดรหัสแล้ว เนื่องจากต้องนำ mRNA จากการถอดรหัสมาแปลรหัสต่อที่ไซโทพลาซึม

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความแตกต่างของ RNA กับ DNA
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความแตกต่างของการสังเคราะห์โปรตีนระหว่างแบคทีเรียกับสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูคาริโอต

ชั่วโมงที่ 5

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูให้นักเรียนศึกษา การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบ
3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ออกเป็น 3 กลุ่ม ให้นักเรียนจับฉลากเลือกขั้นตอนในการสังเคราะห์ mRNA ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 ขั้นเริ่มต้น

กลุ่มที่ 2 ขั้นการต่อสายยาว

กลุ่มที่ 3 ขั้นสิ้นสุด

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ขั้นตอนการสังเคราะห์ mRNA ที่จับฉลากได้ และออกมาวาดภาพเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอขั้นตอนการสังเคราะห์ mRNA ที่จับฉลากได้
5. ครูถามนักเรียนว่า การสังเคราะห์ mRNA เหมือนหรือแตกต่างจากการสังเคราะห์ DNA อย่างไร

(แนวตอบ แตกต่างกัน เนื่องจากการสังเคราะห์ DNA จะใช้พอลินิวคลีโอไทด์เป็นแม่แบบทั้ง 2 สาย ใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรสในการสังเคราะห์ ใช้นิวคลีโอไทด์ที่มีไนโตรจีนัสเบสเป็น A T C G และผลที่ได้จะได้ DNA สายใหม่ 2 สาย แต่การสังเคราะห์ mRNA จะใช้พอลินิวคลีโอไทด์เป็นแม่แบบเพียงสายเดียว ใช้อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสในการสังเคราะห์ ใช้นิวคลีโอไทด์ที่มีไนโตรจีนัสเบสเป็น A U C G และผลที่ได้จะได้ mRNA เพียงสายเดียว)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA
4. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.4 เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA

ชั่วโมงที่ 6

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสงเซป
2. ครูถามนักเรียนว่า การถอดรหัสของ DNA ทำให้ได้ mRNA แล้ว mRNA เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร
3. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า ข้อมูลของ DNA จะถูกถ่ายทอดให้กับ mRNA ซึ่งการเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์จะเป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นหน่วยย่อยของโปรตีน
4. ครูถามนักเรียนว่า นิวคลีโอไทด์ของ RNA มี 4 ชนิด ได้แก่ A U G และ C แต่กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนมี 20 ชนิด นักเรียนคิดว่า กรดอะมิโน 1 ตัว ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนเท่าใด

(แนวตอบ 3 นิวคลีโอไทด์ เนื่องจากหากรหัสพันธุกรรม 1 รหัส ประกอบด้วย 1 นิวคลีโอไทด์ จะได้ 4^1 รหัส ซึ่งไม่เพียงพอต่อจำนวนกรดอะมิโนทั้งหมด และหากรหัสพันธุกรรม 1 รหัส ประกอบด้วย 2 นิวคลีโอไทด์ จะได้ 16 (4^2) รหัส ซึ่งไม่เพียงพอต่อจำนวนกรดอะมิโนทั้งหมด แต่หากรหัสพันธุกรรม 1 รหัส ประกอบด้วย 3 นิวคลีโอไทด์ จะได้ 64 (4^3) รหัส ซึ่งเพียงพอต่อจำนวนกรดอะมิโนทั้งหมด)

5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า รหัสพันธุกรรม 1 รหัส จะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 ชนิด และให้นักเรียนศึกษารหัสพันธุกรรมที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโนต่าง ๆ
6. ครูถามนักเรียนว่า จากรหัสพันธุกรรมในตาราง มีกี่รหัสที่ทำหน้าที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโน

(แนวตอบ มีรหัสพันธุกรรม 61 รหัส ที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโน โดยรหัสพันธุกรรมอีก 3 รหัส จะทำหน้าที่เป็นรหัสหยุด ได้แก่ UAA UAG และ UGA)

- ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า รหัสพันธุกรรม 1 รหัส เรียกว่า โคดอน ซึ่งจะกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด และลำดับเบส 3 โมเลกุลของ tRNA ที่เข้าคู่กับโคดอน เรียกว่า แอนติโคดอน
- ครูถามนักเรียนว่า กรดอะมิโน 75 ตัวในสายพอลิเพปไทด์ จะใช้นิวคลีโอไทด์จำนวนเท่าใด
(คำตอบ กรดอะมิโน 75 ตัว ในสายพอลิเพปไทด์จะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 225 ตัว)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับรหัสพันธุกรรม ที่ทำหน้าที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโนในสาย พอลิเพปไทด์

ชั่วโมงที่ 7

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

- ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสซเซป
- ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจาก mRNA เรียกว่า การแปลรหัส โดยมีการอ่านข้อความทางพันธุกรรมในรูปของโคดอนตามสาย mRNA ซึ่งจะมีตัวช่วยในการแปลรหัส ได้แก่ tRNA และ rRNA
- ครูถามนักเรียนว่า tRNA และ rRNA มีส่วนช่วยในการแปลรหัส อย่างไร
(คำตอบ tRNA ทำหน้าที่นำกรดอะมิโนที่เชื่อมต่ออยู่กับแอนติโคดอนมาเข้าคู่กับโคดอนของ mRNA ส่วน rRNA ทำหน้าที่ช่วยการจับกันของแอนติโคดอนของ tRNA กับโคดอนของ mRNA)
- ครูให้นักเรียนศึกษา การสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ ประกอบด้วย กระบวนการเริ่มต้น กระบวนการต่อสาย และกระบวนการสิ้นสุด
- ครูให้นักเรียนครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ออกเป็น 3 กลุ่ม ให้นักเรียนจับฉลากเลือกขั้นตอนการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ ประกอบด้วย
กลุ่มที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น
กลุ่มที่ 2 กระบวนการต่อสาย
กลุ่มที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด
ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ขั้นตอนการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ที่จับฉลากได้ และออกมาวาดภาพ เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน
- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาแนะนำเสนอขั้นตอนการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ที่จับฉลากได้
- ครูถามนักเรียนว่า กรดอะมิโนตัวแรกของสายพอลิเพปไทด์จะเป็นชนิดเมไทโอนีนเสมอไปหรือไม่ อย่างไร
(คำตอบ เนื่องจากรหัสพันธุกรรมเริ่มต้นของการแปลรหัสจะเป็น AUG เสมอ จึงทำให้กรดอะมิโน ตัวแรกในสายพอลิเพปไทด์จะเป็นเมไทโอนีนเสมอ)

8. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า เมื่อจบสิ้นกระบวนการแปลรหัส สายพอลิเพปไทด์ที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนจะยังไม่สามารถใช้งานได้ จำเป็นต้องมาผ่านกระบวนการดัดแปลงหลังการแปลรหัส ซึ่งอาจเป็นการนำสายพอลิเพปไทด์ไปเชื่อมกับโมเลกุลของสารประกอบอื่น ๆ หรือการแบ่งสายพอลิเพปไทด์ออกเป็นส่วน ๆ
9. ครูถามนักเรียนว่า เซลล์ 1 เซลล์ จำเป็นต้องผลิตโปรตีนจำนวนมาก เซลล์จะสังเคราะห์โปรตีนอย่างไรให้เพียงพอต่อความต้องการ
(แนวตอบ mRNA ที่ได้จากการถอดรหัส 1 สาย จะถูกนำมาสร้างสายพอลิเพปไทด์หลายสายพร้อม ๆ กัน ซึ่งเมื่อไรโบโซมตัวแรกผ่านโคดอนเริ่มต้น ไรโบโซมตัวที่ 2 จะเข้ามาจับกับ mRNA ทันที เพื่อให้มีการแปลรหัสอย่างต่อเนื่องและหลายสายพร้อมกัน)
10. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า ในเซลล์จะมีไรโบโซมเป็นจำนวนมาก จึงมีการแปลรหัสพร้อมกันหลายสายที่เรียกว่า พอลิไรโบโซม

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์
2. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.5 เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์
3. ครูให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากภาพยนตร์สารคดีสั้น (Twig) เรื่อง ดีเอ็นเอ สร้างโปรตีนได้อย่างไร?
<https://www.twig-aksorn.com/film/how-does-dna-make-protein-7932/>

ชั่วโมงที่ 8

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสสั้งเซป
2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม เรื่อง DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน ในชั้นเรียน โดยบันทึกลงในสมุดของนักเรียน

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูสุ่มเลือกนักเรียนออกมาเฉลยกิจกรรม เรื่อง DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน ที่หน้าชั้นเรียน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยกิจกรรม เรื่อง DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

ขั้นสรุป

ขั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

10. ครูให้นักเรียนทำผังสรุป เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีนจากดีเอ็นเอ ซึ่งประกอบด้วย การถอดรหัส (การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบ) การแปลรหัส (การสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์จาก mRNA)

ขั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากผังสรุป เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีนจากดีเอ็นเอ
2. ครูตรวจสอบผลจากกิจกรรม DNA กับ การสังเคราะห์โปรตีน
3. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.3 เรื่อง การสังเคราะห์ DNA
4. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.4 เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA
5. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.5 เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์
6. ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

12. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

12.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 2) แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 3) ใบงานที่ 5.3 เรื่อง การสังเคราะห์ DNA
- 4) ใบงานที่ 5.4 เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA
- 5) ใบงานที่ 5.5 เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์
- 6) PowerPoint เรื่อง ยีนและโครโมโซม

12.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) สื่อออนไลน์

13. การวัดผลและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- ตรวจผังสรุป เรื่อง การ สังเคราะห์โปรตีนจาก ดีเอ็นเอ	- แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 1) สมบัติของสาร พันธุกรรม	- ตรวจใบงานที่ 5.3 - ตรวจใบงานที่ 5.4 - ตรวจใบงานที่ 5.5 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 5.3 - ใบงานที่ 5.4 - ใบงานที่ 5.5 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) การนำเสนอผลงาน	- ประเมินการนำเสนอ ผลงาน	- ผลงานที่นำเสนอ	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
3) พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

14. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

15. บันทึกผลหลังการสอน

สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวนคน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ

ได้แก่.....

.....

.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนพิการได้แก่.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

.....

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ

.....

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ ค่านิยม 12 ประการ คุณธรรมจริยธรรม

.....

.....

16. ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

17. เสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน
(.....)

วันที่/...../.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระฯ
(.....)

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....
.....
.....

ลงชื่อ.....
(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ
โรงเรียนสตรีศึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

.....
.....
.....

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....
.....
.....

(ลงชื่อ).....ครูผู้สอน
(.....)

วันที่.....

ใบงานที่ 5.3

เรื่อง การสังเคราะห์ DNA

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์ DNA ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย จาก DNA แม่แบบเดียวกัน มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

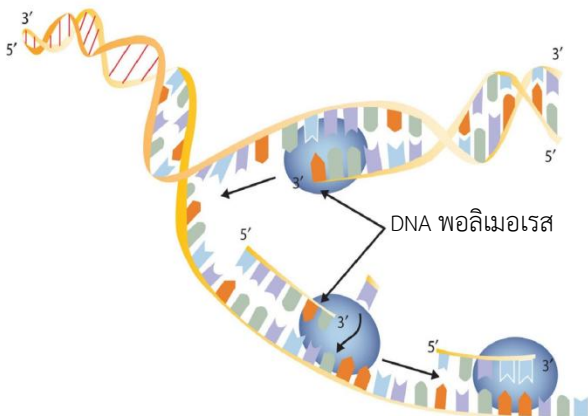
.....

.....

.....

.....

.....



2. จากภาพที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่า DNA สายใดเป็นสายนำ และสายใดเป็นสายตาม เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

3. ดีเอ็นเอแม่แบบสายหนึ่ง มีลำดับเบส ดังนี้

5' ACGGTGTTCAAATGCCAAAGTTTACCTGGTACCACTTT 3'

3.1 ลำดับเบสของ DNA ที่มีการเข้าคู่กับดีเอ็นเอแม่แบบสายนี้ มีลำดับเบสอย่างไร

.....

.....

3.2 ลำดับเบสของ DNA ที่มีการเข้าคู่กับดีเอ็นเอแม่แบบอีกสายหนึ่งที่เป็นโมเลกุลเดียวกัน มีลำดับเบสอย่างไร

.....

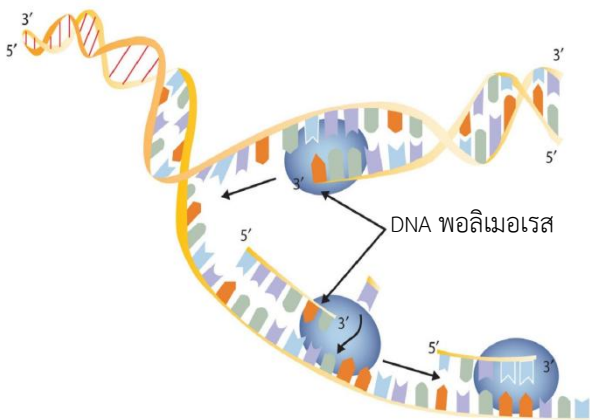
.....

เรื่อง การสังเคราะห์ DNA

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์ DNA ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย จาก DNA โมเลกุลเดียวกัน มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร

การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย จาก DNA โมเลกุลเดียวกัน จะมีลักษณะต่างกัน แบ่งออกเป็น
สายนำที่มีการสังเคราะห์ DNA อย่างต่อเนื่องจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ส่วนอีกสายเป็น สายตามที่มีการ
สังเคราะห์ DNA อย่างไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากทิศทางการคลายเกลียวสวนทางกับ DNA แม่แบบ ทำให้มีการ
สังเคราะห์เป็นชิ้นส่วนโอคาคาซาคิ ที่เป็น DNA สายสั้น ๆ และจะเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส



2. จากภาพที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่า DNA สายใดเป็น
สายนำ และสายใดเป็นสายตาม เพราะเหตุใด

DNA สายบน เป็นสายนำ เนื่องจากมีการ
สังเคราะห์อย่างต่อเนื่องจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3'
ส่วน DNA สายล่าง เป็นตาม เนื่องจากมีการ
สังเคราะห์เป็นชิ้นส่วน DNA สายสั้น ๆ จากปลาย 5'
ไปยังปลาย 3'

3. ดีเอ็นเอแม่แบบสายหนึ่ง มีลำดับเบส ดังนี้

5' ACGGTGTTCAAATGCCAAAGTTTACCTGGTACCACTTT 3'

3.1 ลำดับเบสของ DNA ที่มีการเข้าคู่กับดีเอ็นเอแม่แบบสายนี้ มีลำดับเบสอย่างไร

3' TGCCACAAGTTTACGGTTTCAAATGGACCATGGTGAAA 5'

3.2 ลำดับเบสของ DNA ที่มีการเข้าคู่กับดีเอ็นเอแม่แบบอีกสายหนึ่งที่เป็นโมเลกุลเดียวกัน มีลำดับเบสอย่างไร

5' ACGGTGTTCAAATGCCAAAGTTTACCTGGTACCACTTT 3'

ใบงานที่ 5.4

เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบ มีกระบวนการอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. การสังเคราะห์ mRNA แตกต่างจากการสังเคราะห์ DNA อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงหาลำดับเบสของ mRNA จาก DNA แม่แบบ ที่กำหนดให้

3.1 5' ACGGTGTTCAAATGCCAAAGTTTACCTGGTACCACTTT 3'

.....

3.2 5' CGAGGCTAGGTTCACAATTGATCCCTTAGTGACCTAAG 3'

.....

4. จงหาลำดับเบสของ DNA แม่แบบ จาก mRNA ที่กำหนดให้

4.1 5' GCCGUAAUUGCCAAUUGGCAGGCCUUAACCGCAUUGC 3'

.....

4.2 5' UGCUUGCACGUUGGCCACAUUGC UUAAGGCCAACC 3'

.....

เรื่อง การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่แบบ มีกระบวนการอย่างไร

การสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเริ่มต้น โดย RNA พอลิเมอเรสจับกับจุดเริ่มต้นของสาย DNA ทำให้ DNA คลายเกลียวออก และ DNA สายหนึ่งจะถูกใช้เป็นแม่แบบ ขั้นการต่อสายยาว โดย RNA พอลิเมอเรสจะเคลื่อนที่ไปตามสาย DNA แม่แบบ และเติมนิวคลีโอไทด์ที่ปลาย 3' ของโมเลกุล โดยเบส C เข้าคู่กับเบส G เบส A เข้าคู่กับเบส T เบส G เข้าคู่กับเบส C และเบส U เข้าคู่กับเบส A และขั้นสิ้นสุด เมื่อ RNA พอลิเมอเรสดำเนินไปถึงส่วนปลายของ DNA เอนไซม์ RNA พอลิเมอเรสจะหลุดออกจาก DNA และปล่อย mRNA ออกมา จากนั้น DNA จะบิดเป็นเกลียวเช่นเดิม

2. การสังเคราะห์ mRNA แตกต่างจากการสังเคราะห์ DNA อย่างไร

แตกต่างกัน เนื่องจากการสังเคราะห์ DNA จะใช้พอลินิวคลีโอไทด์เป็นแม่แบบทั้ง 2 สาย ใช้เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสในการสังเคราะห์ ใช้นิวคลีโอไทด์ที่มีไนโตรจีนัสเบสเป็น A T C G และผลที่ได้จะได้ DNA สายใหม่ 2 สาย แต่การสังเคราะห์ mRNA จะใช้พอลินิวคลีโอไทด์เป็นแม่แบบเพียงสายเดียว ใช้อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสในการสังเคราะห์ ใช้นิวคลีโอไทด์ที่มีไนโตรจีนัสเบสเป็น A U C G และผลที่ได้จะได้ mRNA เพียงสายเดียว

3. จงหาลำดับเบสของ mRNA จาก DNA แม่แบบ ที่กำหนดให้

3.1 5' ACGGTGTTCAAATGCCAAAGTTTACCTGGTACCACTTT 3'

3' UGCCACAAGUUUACGGUUUCAAATGGACCAUGGUGAAA 5'

3.2 5' CGAGGCTAGGTTCACAATTGATCCCTTAGTGACCTAAG 3'

3' GCUCCGAUCCAAGUGUUAACUAGGGAAUCACUGGAUUC 5'

4. จงหาลำดับเบสของ DNA แม่แบบ จาก mRNA ที่กำหนดให้

4.1 5' GCCGUAAUUGCCAAUUGGCAGGCCUUAACCGCAUUGC 3'

3' CGGCATAACGGTTAACCGTCCGGAATTGGCGTAACG 5'

4.2 5' UGCUUGCACGUUGGCCACAUUGCUUAAAGGCCAACU 3'

3' ACGAACGTGCAACCGGTGTAACGAATTTCCGGTTGA 5'

ใบงานที่ 5.5

เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์มีกระบวนการอย่างไร

2. กำหนดให้ DNA แม่แบบ มีลำดับเบส ดังต่อไปนี้

3' ATCCGCTGGCAATGCCCATGGTTGCCGTTAGCATGGCAACTACGGCATTGGTTGCAACCTTGT 5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ลำดับโคดอนของ mRNA มีลำดับอย่างไร

2.2 ลำดับแอนติโคดอนของ mRNA มีลำดับอย่างไร

2.3 พอลิเพปไทด์สายนี้มีกรดอะมิโนกี่ตัว และมีลำดับกรดอะมิโนอย่างไร

เรื่อง การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์ต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์พอลิเพปไทด์มีกระบวนการอย่างไร

กระบวนการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์ ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการเริ่มต้น เริ่มจากไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดเล็กและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการแปลรหัสมาจับสาย mRNA และ tRNA ที่มีแอนติโคดอนเข้าคู่กับรหัสเริ่มต้น คือ AUG จะมาจับบนสาย mRNA ได้กรดอะมิโนตัวแรก คือ เมไทโอนีน โดยทิศทางการแปลรหัสจะเกิดทางปลาย 5' ของ mRNA

2. กระบวนการต่อสาย โดย tRNA นำกรดอะมิโนตัวที่ 2 ที่มีแอนติโคดอนเข้าคู่กับโคดอนถัดไปของ mRNA มาต่อกับกรดอะมิโนตัวแรก และ tRNA ตัวแรกจะหลุดออกไป และมีการสร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน 2 ตัว และไรโบโซมจะเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ โดยมีทิศทางการแปลรหัสจาก 5' ไป 3'

3. กระบวนการสิ้นสุด เมื่อไรโบโซมเคลื่อนที่แปลรหัสไปจนถึงรหัสหยุด ได้แก่ UAA UAG และ UGA รหัสใดรหัสหนึ่ง ซึ่ง tRNA จะไม่เข้ามาจับกับโคดอน และหยุดการแปลรหัส พร้อมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการแปลรหัสจะหลุดออกจากสาย mRNA

2. กำหนดให้ DNA แม่แบบ มีลำดับเบส ดังต่อไปนี้

3' AACCGCTACCAATGCCCATGGTTGCCGTTAGCATGGCAACTACGGCATTGGTTGATTCCT 5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ลำดับโคดอนของ mRNA มีลำดับอย่างไร

5' UUGGCGAUGGUUACGGGUACCAACGGCAAUCGUACCGUUGAUGCCGUAAACCAACUAAGGA 3'

2.2 ลำดับแอนติโคดอนของ mRNA มีลำดับอย่างไร

3' AACCGCUGGCAAUGCCCAUGGUUGCCGUUAGCAUGGCAACUACGGCAUUGGUUGAUUCCU 5'

2.3 พอลิเพปไทด์สายนี้มีกรดอะมิโนกี่ตัว และมีลำดับกรดอะมิโนอย่างไร

พอลิเพปไทด์สายนี้มีกรดอะมิโน 16 ตัว ดังนี้

Met-Val-Thr-Gly-Thr-Asn-Gly-Asn-Arg-Asn-Val-Asn-Ala-Val-Thr-Asn



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ยีนและโครโมโซม

เวลา 5 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว30241

รายวิชา ชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ครูผู้สอน นายวิศ จันทะสิงห์

สอนวันที่.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

9. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน

3. สาระสำคัญ

การกลาย (mutation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพของสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดความแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตรุ่นพ่อแม่ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ

1. การกลายระดับยีน (gene mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับนิวคลีโอไทด์ แบ่งออกเป็น

- การแทนที่คู่เบส (base-pair substitution) เป็นการแทนที่คู่ของนิวคลีโอไทด์ แบ่งออกเป็น การกลายแบบเงียบ (silent mutation) การเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์ แต่ถอดรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดเดิม การกลายแบบเปลี่ยนรหัส (missense mutation) การเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ทำให้เกิดการแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดอื่น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโปรตีนเช่นกัน การกลายเป็นรหัสหยุด (nonsense mutation) การเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ทำให้เกิดการถอดรหัสเป็นรหัสหยุด ทำให้สายพอลิเพปไทด์สั้นกว่าปกติ และทำให้โปรตีนไม่สามารถทำหน้าที่ได้
- การเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ (insertion and deletion of nucleotide) ทำให้มีการจัดกลุ่มโคดอนไม่เหมือนเดิม จึงส่งผลต่อการแปลรหัสและถอดรหัส การกลายแบบนี้เรียกว่า การกลายแบบเลื่อนกรอบ (frameshift mutation)

2. การกลายระดับโครโมโซม (chromosome mutation) เป็นมิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมซึ่งจะมีผลต่อยีนจำนวนมาก แบ่งออกเป็น

- การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครโมโซม ทำให้โครโมโซมมีรูปร่างเปลี่ยนแปลง เช่น การขาดหาย (deletion) เป็นการขาดหายของส่วนใดส่วนหนึ่งของแท่งโครโมโซม การเพิ่มซ้ำ (duplication) เป็นการ

เพิ่มส่วนของโครโมโซมทำให้เกิดความซ้ำซ้อนของยีน อินเวอร์ชัน (inversion) เป็นการสลับชิ้นส่วนบนแท่งโครโมโซม และการเคลื่อนย้าย (translocation) เป็นการย้ายหรือแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนระหว่างแท่งโครโมโซม

- การเปลี่ยนแปลงจำนวนของโครโมโซม เป็นการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มหรือลดลงของจำนวนโครโมโซมจากจำนวนปกติ ที่เกิดจากการไม่แยกจากกัน (nondisjunction) ของโครโมโซมระหว่างการแบ่งเซลล์

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการกลายของสิ่งมีชีวิตได้ (K)
2. ยกตัวอย่างการกลายที่พบในมนุษย์ได้ (K)
3. อธิบายสาเหตุและผลของการกลายประเภทต่างๆ ได้ (K)

ด้านทักษะ/กระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. เขียนลำดับกรดอะมิโนใหม่ในสายพอลิเพปไทด์ที่เกิดการกลายของรหัสพันธุกรรมได้ (P)

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียน

- | | |
|--|---|
| ☐ 1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ | ☐ 2. ซื่อสัตย์สุจริต |
| ☒ 3. มีวินัย | ☒ 4. ใฝ่เรียนรู้ |
| ☐ 5. อยู่อย่างพอเพียง | ☒ 6. มุ่งมั่นในการทำงาน |
| ☐ 7. รักความเป็นไทย | ☐ 8. มีจิตสาธารณะ |

6. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- | | |
|--|---|
| ☒ 1. ความสามารถในการสื่อสาร | ☒ 2. ความสามารถในการคิด |
| ☐ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา | ☐ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต |
| ☒ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี | |

7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

7.1 ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือการเรียนรู้ 3R X 8C

Reading (อ่านออก)

(W) Riting (เขียนได้)

(A) Rithemetics (คิดเลขเป็น)

ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา

(Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

7.2 ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ของคนในศตวรรษที่ 21

ความยืดหยุ่นและการปรับตัว

การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

7.3 คุณลักษณะของคนในศตวรรษที่ 21

คุณลักษณะด้านการทำงาน ได้แก่ การปรับตัว ความเป็นผู้นำ

คุณลักษณะด้านการเรียนรู้ ได้แก่ การชี้นำตนเอง การตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะด้านศีลธรรม ได้แก่ ความเคารพผู้อื่น ความซื่อสัตย์ ความสำนึกพลเมือง

8. การบูรณาการ

คุณธรรม ค่านิยม 12 ประการ

อนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

9. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยแสดงความรู้)

1. แผ่นพับนำเสนอ เรื่อง โรคพันธุกรรม
2. ใบงานที่ 5.6 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส
3. ใบงานที่ 5.7 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์
4. ตอบคำถาม Unit Question ท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในหนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
5. แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
6. ตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
7. แบบทดสอบหลังเรียน

10. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้แกนกลาง	สาระการเรียนรู้ท้องถิ่น
- มิวเทชันเป็นการเปลี่ยนแปลงของลำดับหรือจำนวนนิวคลีโอไทด์ใน DNA ซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของโปรตีน ซึ่งถ้าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดในเซลล์สืบพันธุ์จะสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ และทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตการเกิด มิวเทชัน มีสาเหตุมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น รังสี และสารเคมี - การขาดหายไปหรือเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์และการแทนที่คู่เบส เป็นการเกิดมิวเทชันระดับยีน เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์เป็นผลมาจากการแทนที่คู่เบส - การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม เช่น หายไปหรือเพิ่มขึ้นบางส่วน และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เช่น การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของโครโมโซมบางแท่งหรือทั้งชุด เป็นสาเหตุของการเกิดมิวเทชันระดับโครโมโซม เช่น กลุ่มอาการครีดูชาต์และ	พิจารณาตามหลักสูตรของสถานศึกษา

กลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์และกลุ่มอาการโคลน์เฟลเตอร์	
--	--

11. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นนำ

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูนำภาพของคนผิวปกติและคนผิวเผือกมาให้ให้นักเรียนดู แล้วถามนักเรียนว่า ลักษณะผิวเผือกเกิดจากสาเหตุใด

(แนวตอบ ลักษณะผิวเผือกของมนุษย์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของรหัสพันธุกรรม ซึ่งเป็นลำดับเบสของนิวคลีโอไทด์บนสายดีเอ็นเอที่มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนต่าง ๆ เมื่อรหัสพันธุกรรมผิดปกติจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรตีนที่ผิดปกติ ทำให้โปรตีนทำงานผิดปกติหรือไม่สามารถทำงานได้ จึงแสดงลักษณะที่แตกต่างจากปกติออกมา)

2. ครูถามคำถาม Prior Knowledge เพื่อทบทวนความรู้ของนักเรียนว่า รหัสพันธุกรรมมีผลต่อการแสดงลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

(แนวตอบ รหัสพันธุกรรมเป็นลำดับเบสของนิวคลีโอไทด์บนสายดีเอ็นเอที่มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะมีบทบาทและหน้าที่ในการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต)

3. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การเปลี่ยนแปลงของลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดลักษณะที่แตกต่างจากรุ่นพ่อแม่ เรียกว่า การกลาย

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายในสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ การกลายระดับยีน และการกลายระดับโครโมโซม
2. ครูให้นักเรียนศึกษา การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส ซึ่งการกลายประเภทนี้อาจไม่ส่งผลกระทบต่อหรืออาจส่งผลกระทบต่อสายพอลิเพปไทด์ก็ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของการแทนที่คู่เบส และตัวอย่างลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีการกลายแบบการแทนที่คู่เบสทั้ง 3 รูปแบบ
3. ครูถามนักเรียน การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบสจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเสมอไปหรือไม่

(แนวตอบ การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบสอาจส่งไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิตเสมอไป เนื่องจากหากมีการแทนที่คู่เบส แต่สามารถถอดรหัสและแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดเดิมจะไม่มีผลต่อการกลายระดับยีน)

4. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบสมีหลายรูปแบบ บางรูปแบบก็ไม่ส่งผลกระทบต่อลำดับนิวคลีโอไทด์ คือ การกลายแบบเงียบ เนื่องจากจะมีการแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดเดิม แต่การกลายแบบเปลี่ยนรหัสและการกลายเบสเป็นรหัสหยุดจะส่งผลกระทบต่อสายพอลิเพปไทด์ที่ได้เสมอ เนื่องจากจะแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดอื่นหรือเป็นรหัสหยุดการสังเคราะห์
5. ครูให้นักเรียนศึกษา โรคโลหิตจางจากเม็ดเลือดแดงรูปเคียว ซึ่งเป็นตัวอย่างการกลายจากการแทนที่ คู่เบส
6. ครูถามนักเรียนว่า โรคโลหิตจางจากเม็ดเลือดแดงรูปเคียวเกิดจากการแทนที่คู่เบสประเภทใด และมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

(แนวตอบ การกลายแบบเปลี่ยนรหัส จาก 3'-CTC-5' เป็น 3'-CAC-5' ซึ่งจากเดิมถอดรหัสและแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดกรดกลูตามิก แต่ลำดับเบสใหม่ทำให้ถอดรหัสและแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนชนิดวาเลอีน และจะมีผลต่อลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดแดงซึ่งจะมีลักษณะเป็นรูปเคียว ทำให้ความสามารถ ในการลำเลียงแก๊สออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายลดลง)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุของโรคโลหิตจางจากเม็ดเลือดแดงรูปเคียว
3. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.6 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส

ชั่วโมงที่ 2

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูให้นักเรียนศึกษา การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ ซึ่งมีผลทำให้ลำดับนิวคลีโอไทด์มีการจัดกลุ่มที่แตกต่างไปจากเดิม และส่งผลต่อการถอดรหัสและแปลรหัสของสาย พอลิเพปไทด์เสมอ และตัวอย่างลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เกิดการกลายแบบการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของ นิวคลีโอไทด์
3. ครูถามนักเรียน การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเสมอไปหรือไม่

(แนวตอบ การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเสมอ เนื่องจากลำดับนิวคลีโอไทด์จะมีการจัดกลุ่มของโคดอนใหม่ ซึ่งอาจทำให้เกิดการกลายแบบเปลี่ยนรหัส หรือการกลายเบสเป็นรหัสหยุด)

4. ครูถามนักเรียนว่า การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส และจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ การกลายแบบใดมีผลร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
(แนวตอบ การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์จะมีผลร้ายแรงกว่า เนื่องจากการจัดกลุ่มใหม่ของโคดอนจะส่งผลกระทบต่อพอลิเพปไทด์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น แต่การแทนที่คู่เบส อาจจะส่งผลหรือไม่ส่งผลกระทบต่อพอลิเพปไทด์ขึ้นอยู่กับรูปแบบการกลายแต่ละประเภท)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเสมอ เนื่องจากจะมีการจัดกลุ่มของรหัสพันธุกรรมใหม่ ทำให้การถอดรหัสและแปลรหัสแตกต่างจากเดิม ซึ่งการกลายรูปแบบนี้จะส่งผลที่ร้ายแรงกว่าการกลายจากการแทนที่คู่เบส
6. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า เมื่อเซลล์เกิดความผิดพลาดจากการกลายระดับยีน ทั้งจากการแทนที่คู่เบส หรือจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ เซลล์จะสามารถแก้ไขการกลายนั้น ๆ ได้ แต่ถ้าเซลล์ไม่สามารถแก้ไขได้สำเร็จ ลำดับนิวคลีโอไทด์นั้นจะถูกใช้เป็นแม่แบบในการจำลองตัวเองในรอบต่อไป

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์
2. ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 5.7 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์
3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับยีนเป็นการกลายของยีนส่วนน้อย แต่การกลายอีกประเภทหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งจำนวนมาก คือ การกลายระดับโครโมโซม แบ่งออกเป็น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครโมโซม และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม
3. ครูให้นักเรียนศึกษา การกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครโมโซม
4. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครโมโซมจะมีผลทำให้บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป เพิ่มขึ้นมา หรือสลับขึ้นส่วนกัน
5. ครูให้นักเรียนศึกษา การกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม
6. ครูถามนักเรียนว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม คือสาเหตุใด
(แนวตอบ ความผิดพลาดระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งเกิดจากการไม่แยกจากกันของ โฮมอโลกส์โครโมโซมระหว่างไมโอซิส I หรือการไม่แยกจากกันของซิสเตอร์โครมาทิดระหว่างไมโอซิส II ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ได้รับโครโมโซมมากกว่าหรือน้อยกว่าปกติ)

7. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เป็นผลมาจากความผิดพลาดของเซลล์ที่เกิดขึ้นระหว่างการแบ่งเซลล์ เรียกว่า การไม่แยกจากกัน พบทั้งความผิดปกติของการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส I ที่ฮอมอโลกัสไม่แยกจากกัน และความผิดปกติของการแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิส II ที่ซิสเตอร์โครมาทิดไม่แยกจากกัน ทำให้เซลล์สืบพันธุ์บางเซลล์มีจำนวนโครโมโซมมากขึ้น และบางเซลล์มีจำนวนโครโมโซมลดลง

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการกลายระดับโครโมโซม
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ชั่วโมงที่ 4

ชั้นสอน

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูให้นักเรียนศึกษา ตัวอย่างการกลายระดับโครโมโซมที่ทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรม เช่น กลุ่มอาการ ครีดูชาต์ กลุ่มอาการดาวน์
3. ครูถามนักเรียนว่า กลุ่มอาการครีดูชาต์และกลุ่มอาการดาวน์เกิดจากการกลายระดับโครโมโซมประเภทใด และมีลักษณะอย่างไร
(แนวตอบ กลุ่มอาการดาวน์เกิดจากการกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมคู่ที่ 5 มีส่วนหนึ่งของแขนข้างสั้นขาดหายไป ส่วนกลุ่มอาการดาวน์เกิดจากการกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 โครโมโซม)
4. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับโครโมโซมจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม สามารถเกิดได้ทั้งกับโครโมโซมร่างกาย และโครโมโซมเพศ และให้นักเรียนศึกษาตารางกลุ่มอาการความผิดปกติทางพันธุกรรม
5. ครูให้นักเรียนจับคู่ แล้วเลือกกลุ่มอาการความผิดปกติทางพันธุกรรมจากในตาราง 5.5 แล้วเขียนแผนภาพคาริโอไทป์ของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรมที่คู่ของนักเรียนเลือกลงในกระดาษ พร้อมอธิบายลักษณะของความผิดปกติ
6. ครูถามนักเรียนว่า ถ้าพ่อสร้างสเปิร์มที่มีโครโมโซม XY ผสมกับเซลล์ไข่ที่มีโครโมโซม X ลูกจะมีโครโมโซมเพศเป็นอย่างไร และมีความผิดปกติอย่างไร

(แนวตอบ โครโมโซมเพศของลูกจะเป็น XXY เรียกกลุ่มอาการนี้ว่า ไคลน์เฟลเตอร์ซินโดรม ซึ่งผู้ที่มีโครโมโซมเพศลักษณะนี้จะเป็นเพศชาย แขนขายาว มีความสูงมากกว่าเพศชายปกติ มีเต้านมคล้ายเพศหญิง สติปัญญาต่ำกว่าปกติ มักเป็นหมัน)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูสุ่มนักเรียนออกมา 5 คู่ ที่เลือกกลุ่มอาการความผิดปกติทางพันธุกรรมแตกต่างกัน มาวาดแผนภาพคาริโอไทป์ที่หน้าชั้นเรียน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากการกลายระดับโครโมโซม

ชั่วโมงที่ 5

ขั้นสอน

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การกลายระดับโครโมโซมที่ทำให้มีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุด เรียกว่าพอลิพลอยด์ ซึ่งหากเกิดในพืชจะทำให้พืชมีลักษณะหรือคุณสมบัติที่ดีขึ้น
3. ครูให้นักเรียนศึกษา คุณสมบัติพิเศษของของพืชพอลิพลอยด์
4. ครูถามนักเรียนว่า พืชพอลิพลอยด์เลขคู่และพอลิพลอยด์เลขคู่ มีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร
(แนวตอบ พืชพอลิพลอยด์เลขคู่จะมีผลทำให้พืชมีดอกหรือผลขนาดใหญ่ สามารถผลิตสารบางชนิดได้ แต่สำหรับพืชพอลิพลอยด์เลขคี่จะเป็นหมัน เพราะมีปัญหาในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า พอลิพลอยด์ที่พบในสัตว์จะพบได้น้อยกว่าในพืช เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมมักทำให้สัตว์มีความพิการ อายุสั้น หรือเสียชีวิตตั้งแต่อยู่ในระยะเอ็มบริโอ
6. ครูสุ่มเลือกนักเรียนให้ยกตัวอย่าง พอลิพลอยด์ที่พบในสิ่งมีชีวิต และที่สามารถพบในชีวิตประจำวันของนักเรียน

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับพอลิพลอยด์ที่พบในสิ่งมีชีวิต และที่พบในชีวิตประจำวัน
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ขั้นสรุป

ขั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูให้นักเรียนทำแผ่นพับนำเสนอ เรื่อง โรคพันธุกรรม ที่เกิดจากการกลายในระดับยีนหรือระดับโครโมโซม โดยให้นักเรียนเลือกโรคพันธุกรรม 1 โรค ที่เกิดจากการกลายที่ไม่ได้อธิบายอยู่ในหนังสือเรียน ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วยประเภทของการกลาย ลักษณะความผิดปกติของผู้ป่วย และวิธีการดูแล/รักษาผู้ป่วย

2. ครูให้นักเรียนทำ Self Check เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง
3. ครูให้นักเรียนทำ Unit Question ท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในหนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
4. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
5. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

ขั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

7. ครูตรวจสอบผลจากแผ่นพับนำเสนอ เรื่อง โรคพันธุกรรม
8. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.6 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส
9. ครูตรวจสอบผลจากใบงานที่ 5.7 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์
10. ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถาม Unit Question ท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในหนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
11. ครูตรวจสอบผลจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
12. ครูตรวจสอบผลจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2
13. ครูตรวจสอบผลจากแบบทดสอบหลังเรียน

12. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

12.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 2) แบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ยีนและโครโมโซม
- 3) ใบงานที่ 5.6 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส
- 4) ใบงานที่ 5.7 เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์
- 5) PowerPoint เรื่อง ยีนและโครโมโซม

12.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) สื่อออนไลน์

13. การวัดผลและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด)	- แผ่นพับนำเสนอ เรื่อง โรคพันธุกรรม	- แบบประเมินชิ้นงาน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.2 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 1) การกลาย	- ตรวจใบงานที่ 5.6 - ตรวจใบงานที่ 5.7 - ตรวจแบบฝึกหัด	- ใบงานที่ 5.6 - ใบงานที่ 5.7 - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
2) พฤติกรรมการ ทำงานรายบุคคล	- สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
3) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
7.3 ประเมินหลังเรียน 1) ทดสอบหลังเรียน - แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 - Unit Question ท้าย หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 - แบบทดสอบท้าย หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	- ตรวจสอบแบบทดสอบ หลังเรียน - ตรวจ Unit Question ท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 - ตรวจสอบแบบทดสอบ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5	- แบบทดสอบหลังเรียน - หนังสือเรียน - แบบฝึกหัด	- ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์

14. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

15. บันทึกผลหลังการสอน

สรุปผลการเรียนการสอน

1. นักเรียนจำนวนคน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน คิดเป็นร้อยละ

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ

ได้แก่.....

.....

.....

นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ/นักเรียนพิการได้แก่.....

.....

.....

2. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ

.....

3. นักเรียนมีความรู้เกิดทักษะ

.....

4. นักเรียนมีเจตคติ ค่านิยม 12 ประการ คุณธรรมจริยธรรม

.....

16. ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

17. เสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(.....)

วันที่/...../.....

ลงชื่อ หัวหน้ากลุ่มสาระฯ

(.....)

ความเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

โรงเรียนสตรีศึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีศึกษา

ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครูผู้สอน

(.....)

วันที่.....

ใบงานที่ 5.6

เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกลายจากการแทนที่คู่เบส

กำหนดให้ DNA ปกติ มีลำดับเบส ดังนี้

5' GTAGGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGAACCTTAACTTGCA 3'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หากเบส G ในตำแหน่งที่ 17 ถูกแทนที่ด้วยเบส A จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

2. หากเบส C ในตำแหน่งที่ 30 ถูกแทนที่ด้วยเบส T จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากเบส G ในตำแหน่งที่ 40 ถูกแทนที่ด้วยเบส A จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่อง การกลายระดับยีนจากการแทนที่คู่เบส

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกลายจากการแทนที่คู่เบส

กำหนดให้ DNA ปกติ มีลำดับเบส ดังนี้

3' GTAGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACTT 5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หากเบส G ในตำแหน่งที่ 17 ถูกแทนที่ด้วยเบส A จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGTTGCCGTCAATAGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACTT 5'

mRNA : 5' CAUCCAACGGCAGUUAUCGAUCCAAAGAGUCAGGUAACCAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Thr-Ala-Val-Ile-Asp-Ser-Lys-Glu-Ser-Gly-Asn-Gln-Gly-Ile-Glu

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 5 จะเปลี่ยนจากทรีโอนีน (Thr) เป็นไอโซลิวซีน (Ile) เรียกว่า การกลายแบบเปลี่ยนรหัส

2. หากเบส C ในตำแหน่งที่ 30 ถูกแทนที่ด้วยเบส T จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTTAGTCCATTGGTTCCTTAACTT 5'

mRNA : 5' CAUCCAACGGCAGUUAACCGAUUCCAAAGAAUCAGGUAACCAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Thr-Ala-Val-Ile-Asp-Ser-Lys-Glu-Ser-Gly-Asn-Gln-Gly-Ile-Glu

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 10 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า การกลายแบบเงียบ

3. หากเบส G ในตำแหน่งที่ 40 ถูกแทนที่ด้วยเบส A จัดเป็นการกลายรูปแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGATTCCTTAACTT 5'

mRNA : 5' CAUCCAACGGCAGUUAACCGAUUCCAAAGAGUCAGGUAACCTAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Thr-Ala-Val-Ile-Asp-Ser-Lys-Glu-Ser-Gly-Asn

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 5 จะเปลี่ยนกลูตามีน (Gln) เป็นรหัสหยุด (UAA) เรียกว่า การกลายเบสเป็นรหัสหยุด

ใบงานที่ 5.7

เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกลายจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์

กำหนดให้ DNA ปกติ มีลำดับเบส ดังนี้

3' GTAGGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAAGTT 5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส C ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 5 และ 6 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

2. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส G ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 24 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

3. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส A ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 11 และ 12 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) และการลดลงของเบส C ในนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 28 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่อง การกลายระดับยีนจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์

คำชี้แจง : ตอบคำถามเกี่ยวกับการกลายจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์

กำหนดให้ DNA ปกติ มีลำดับเบส ดังนี้

3' GTAGGTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACCTT 5'

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส C ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 5 และ 6 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGGCTTGCCGTCAATGGCTAAGGTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACCTT 5'

mRNA : 5' CAUCCGAACGGCAGUUACCGAUUCCAAAGTGUCAGGUAACCAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Asn-Gly-Ser-Tyr-Arg-Phe-Glu-Agn-Val-Agn-Stop

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 3 จะเปลี่ยนจากทรีโอนีน เป็นแอสพาราจีน รวมถึงกรดอะมิโนในลำดับถัดไป และจะเจอรหัสหยุดการสังเคราะห์เร็วกว่า DNA สายปกติ

2. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส G ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 24 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGGTTGCCGTCAATGGCTAAGTTCCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACCTT 5'

mRNA : 5' CAUCCAACGGCAGUUACCGAUUCAAAGAGUCAGGUAACCAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Thr-Ala-Val-Thr-Asp-Ser-Lys-Ser-Gln-Val-Thr-Lys-Glu-Phe

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 10 จะเปลี่ยนจากกรดกลูตามิก เป็นซีรีน รวมถึงกรดอะมิโนในลำดับถัดไป

3. หากมีการเพิ่มขึ้นของเบส A ระหว่างนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 11 และ 12 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) และการลดลงของเบส C ในนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 28 (จากด้าน 3' ของสาย DNA ปกติ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์อย่างไร (ไม่คำนึงถึงรหัสเริ่มต้น)

DNA สายใหม่ : 3' GTAGGTTGCCGATCAATGGCTAAGGTTTTCTCAGTCCATTGGTTCCTTAACCTT 5'

mRNA : 5' CAUCCAACGGCUAGUUACCGAUUCCAAAAGUCAGGUAACCAAGGAAUUGAA 3'

พอลิเพปไทด์ : His-Pro-Thr-Ala-Ser-Thy-Arg-Phe-Gln-Lys-Ser-Gly-Asn-Gly-Ile-Glu

กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 5 จะเปลี่ยนจากวาเลีน เป็นซีรีน รวมถึงกรดอะมิโนในลำดับถัดไป