

ยีนและโครโมโซม

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

17.1 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม	1	ชั่วโมง
17.2 การค้นพบสารพันธุกรรม	2	ชั่วโมง
17.3 โครโมโซม	1	ชั่วโมง
17.4 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA	2	ชั่วโมง
17.5 โครงสร้างของ DNA	4	ชั่วโมง
17.6 สมบัติของสารพันธุกรรม	6	ชั่วโมง
17.7 มิวเทชัน	2	ชั่วโมง
รวม	18	ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมและสรุปการค้นพบสารพันธุกรรม
2. สรุปได้ว่าส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเรียกว่ายีน และ DNA อยู่บนโครโมโซม
3. อธิบายความหมายของจีโนม
4. สืบค้น อภิปรายและอธิบายส่วนประกอบและโครงสร้างของ DNA
5. สืบค้นและอธิบายกระบวนการสังเคราะห์ DNA และการสังเคราะห์โปรตีน
6. สืบค้นและสรุปสมบัติของยีน
7. สืบค้น และอธิบายถึงการเกิดมิวเทชัน และผลที่เกิดจากมิวเทชัน

สาระสำคัญ

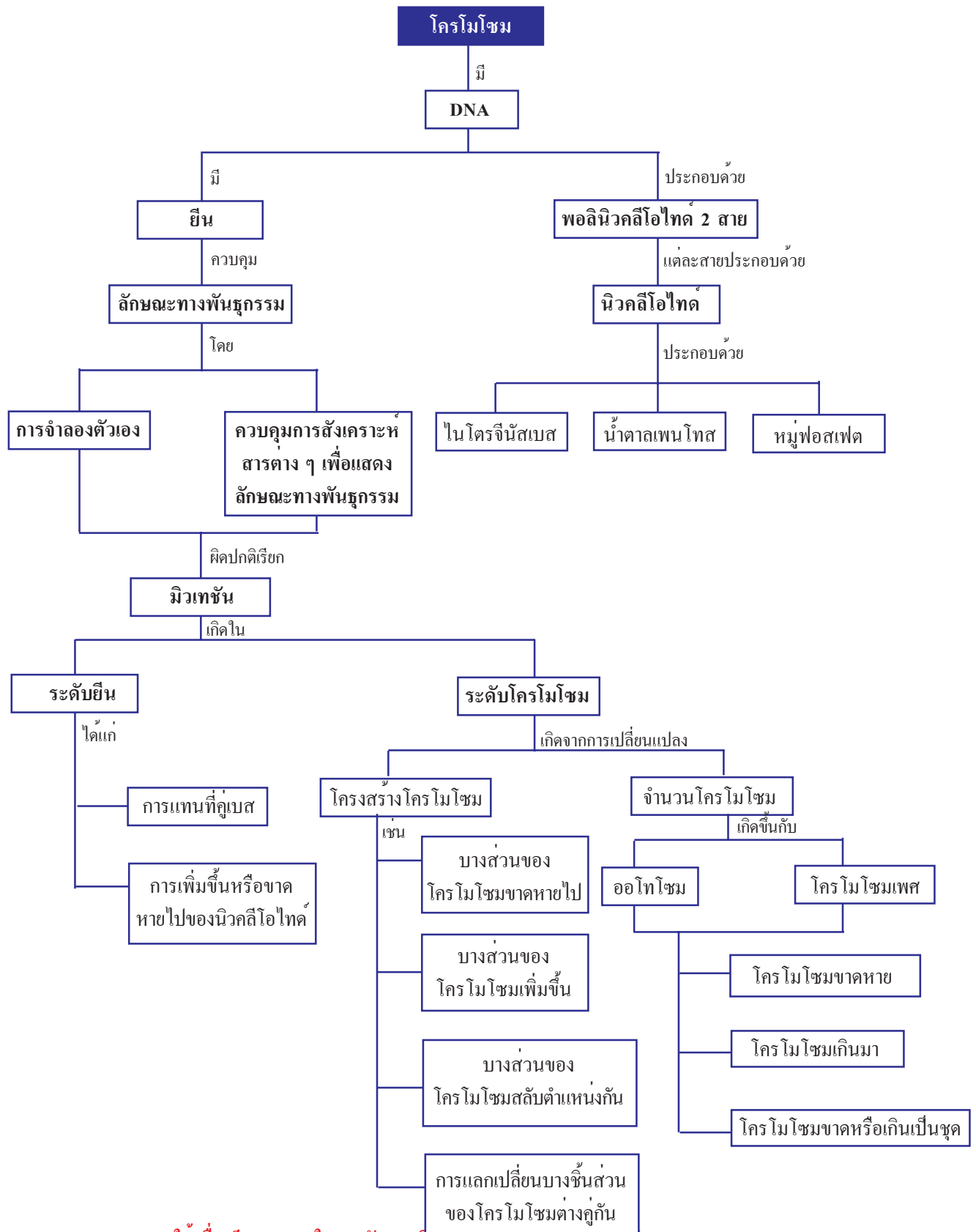
มีทฤษฎียืนยันว่ายีนน่าจะอยู่ที่โครโมโซม โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนคงที่ โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีนและ DNA ส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเรียกว่ายีน DNA ทั้งหมดที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตเรียกว่าจีโนม DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายบิดเป็นเกลียว แต่ละสายเกิดจากนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาว นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยไนโตรจีนัสเบส น้ำตาลไรโบส และหมู่ฟอสเฟต DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนของนิวคลีโอไทด์และลำดับของนิวคลีโอไทด์ DNA เป็นสารพันธุกรรม สามารถจำลองตัวเองขึ้นได้ใหม่ โดยมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนเดิม และยังคงควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โดยการสร้าง mRNA กำหนดรหัสพันธุกรรมบน mRNA เพื่อกำหนดลำดับของกรดอะมิโนในโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมและการดำรงชีวิต สิ่งแวดล้อมและสารเคมีมีผลให้โครงสร้างของ DNA เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า มิวเทชัน มิวเทชันที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ จึงอาจเกิดลักษณะใหม่ในสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อไป

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ
 พังงมโนทัศน์
 บทที่ 17 ยีนและโครโมโซม



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนหรือการสอบ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาภาพนำบท แล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายคำถามอาจเป็นดังนี้

พ่อแม่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้อย่างไร

DNA ทำงานอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยนำความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับ DNA ที่นักเรียนเคยศึกษามาบ้างแล้ว แล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ครูชี้แจงว่านักเรียนจะทราบความคิดเห็นของนักเรียนจะถูกตองหรือไม่ ให้สืบค้นในหัวข้อต่อไป

17.1 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม
2. ระบุหลักฐานที่ยืนยันได้ว่ายีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มและเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกต และเจริญไปเป็นเอ็มบริโอ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงไปสู่การถ่ายทอดยีนของพ่อแม่ไปสู่ลูก

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า ยีนจากพ่อแม่ถ่ายทอดไปยังลูกได้อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ที่พบยีนโครโมโซม นำไปสู่การค้นพบว่าโครโมโซมอยู่ในนิวเคลียส ซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า ยีนซึ่งเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้ โดยผ่านทางโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อแม่จากการที่โครโมโซมติดสีย้อม จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส ซึ่งจะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะเมทาเฟส และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ตั้งต้น ส่วนเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็นครึ่งหนึ่งจากเซลล์ตั้งต้น เซลล์นี้จะเป็นเซลล์สืบพันธุ์ ดังภาพที่ 17-1

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานอะไรที่จะยืนยันได้ว่า ยีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายถึงความสอดคล้องกันของยีนและโครโมโซม เกี่ยวกับจำนวนชุดของยีนและชุดของโครโมโซม การเข้าคู่กันและการแยกกันของยีนและโครโมโซมไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปได้ว่ายีนน่าจะอยู่ที่โครโมโซมซึ่งจะสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน

17.2 การค้นพบสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การค้นพบสารพันธุกรรม
2. สรุปได้ว่าส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เรียกว่า ยีน และ DNA อยู่ที่โครโมโซม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่า ยีน คือ หน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายประเด็นต่อไปนี้

ยีน DNA โครโมโซมและลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร การค้นพบ DNA มีมาอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการค้นพบสารพันธุกรรมจากหนังสือเรียน จากการสืบค้นนักเรียนควรวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

เอฟ มิเชอร์ พบว่าในนิวเคลียสมีสารที่มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
ฟอยล์เกน พบว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม

เอฟ กริฟฟิท พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคที่ทำให้ตายด้วยความร้อน มีสารบางอย่างที่ไปทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค เป็นสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคได้และสามารถถ่ายทอดลักษณะนี้ไปสู่ลูกหลาน

โอ ที แอเวอร์รี และคณะ แสดงให้เห็นว่า DNA เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนพันธุกรรมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็น สายพันธุ์ S จึงสรุปว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม

ครูอาจขยายความรู้เพิ่มเติมว่า การที่แอเวอร์รีทดลองโดยใช้เอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ RNase DNase และ โปรติเอส ลงไปรวมกับสารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ก็เพื่อให้แน่ใจว่า เมื่อ DNA ถูกย่อยสลายโดย DNase ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S ได้ ส่วนหลอดอื่นๆ DNA ไม่ถูกย่อยสลาย ก็จะพบแบคทีเรียสายพันธุ์ S อีกอย่างหนึ่งก็คือเนื่องจากว่าโครโมโซมประกอบด้วย DNA และโปรตีน มีนักวิทยาศาสตร์บางคนเข้าใจว่าสารพันธุกรรมอาจเป็นโปรตีนแทนที่จะเป็น DNA ดังนั้นการทดลองของแอเวอร์รีที่เติมเอนไซม์โปรติเอส เมื่อย่อยสลายโปรตีนก็พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดขึ้น ซึ่งยืนยันว่าสารพันธุกรรมก็คือ DNA ไม่ใช่โปรตีนอย่างที่เคยเข้าใจ

ส่วนคำถามจากการทดลองของ เอฟ กริฟฟิท มีแนวการตอบดังนี้

■ นักเรียนจะอธิบายผลการทดลองนี้อย่างไร

✎ สารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนสามารถเข้าไปในแบคทีเรียสายพันธุ์ R และทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เปลี่ยนเป็นสายพันธุ์ S ได้

ใช่เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

17.3 โครโมโซม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายรูปร่าง ลักษณะของโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย
2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน จะมีจำนวนโครโมโซมต่างกัน
3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายส่วนประกอบของโครโมโซม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนเรื่องโครโมโซม โดยตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้
จากการศึกษาการแบ่งเซลล์ นักเรียนจะเห็นโครโมโซมชัดเจนในการแบ่งเซลล์ระยะใด
โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันหรือไม่
โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตต่างๆ น่าจะมีจำนวนเท่ากันหรือไม่

จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหัวข้อ 17.3.1

17.3.1 รูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 17-5 รูปร่างของโครโมโซม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยตั้งคำถามว่ารูปร่างลักษณะของโครโมโซมในภาพแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ใ้ชื่ออะไรเป็นเกณฑ์ นักเรียนควรสรุปได้ว่า โครโมโซม มีขนาดแตกต่างกัน และรูปร่างของโครโมโซมแตกต่างกันด้วย

ครูอาจให้ความรู้ตามหลักแล้ว ใ้ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ในการแบ่งรูปร่างและลักษณะของโครโมโซม โครโมโซมบางแท่งมีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ไม่ได้อยู่ตรงกลางของโครโมโซม ทำให้แขน 2 ข้างของโครโมโซมยาวไม่เท่ากัน บางแท่งเซนโทรเมียร์ค่อนข้างไปทางปลายด้านใดด้านหนึ่ง ทำให้แขนด้านหนึ่งยาว อีกด้านหนึ่งสั้น บางแท่งตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อยู่ทางด้านปลายสุดของโครโมโซมด้านใดด้านหนึ่งทำให้มีแขนเพียงด้านเดียว

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 17.1 จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน แต่สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะมีจำนวนเท่ากัน ตัวอย่างเช่น สุนัขและไก่มีจำนวนโครโมโซม 78 แท่งเท่ากัน ในพืช เช่น ถั่ว และแตงโมมีจำนวนโครโมโซม 22 แท่งเท่ากัน ครูใ้คำถามในหนังสือเรียน เพื่ออภิปรายขยายความรู้เพิ่มเติมให้แก่ นักเรียน ซึ่งคำถามท้ายตารางที่ 17.1 มีแนวการตอบคำถามดังนี้

- สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันจะมีโครโมโซมที่มีรูปร่างเหมือนกันหรือไม่อย่างไร
- ✍ น่าจะไม่เหมือนกัน
- นักเรียนคิดว่าจำนวนโครโมโซมมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตหรือไม่
- ✍ จากตารางจะเห็นได้ว่า ไก่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าคน แต่โครงสร้างของคนมีความซับซ้อนมากกว่าไก่ ส่วนแมลงวัน แมลงหวี่ ยุง กบ ปล่องและผีเสื้อ เป็นแมลงเหมือนกัน

ใ้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

จะมีความซับซ้อนของโครงสร้างใกล้เคียงกัน แต่มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน ดังนั้นจำนวนโครโมโซมจึงไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต

จากนั้นครูอาจชี้แจงเพิ่มเติมเพื่อขยายความรู้ให้นักเรียนดังนี้
สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมที่แน่นอน และโครโมโซมแต่ละแท่งจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ โดยในสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ อาจมีโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเดียวหรือหลายแบบก็ได้

17.3.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม

ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่เรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม ดังนี้
นักเรียนทราบมาแล้วว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม ปัญหาก็คือ DNA อยู่ที่ส่วนของโครโมโซม และที่โครโมโซมนอกจากมี DNA แล้วยังมีสารอื่นอีกหรือไม่อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของโครโมโซมในหัวข้อที่ 17.3.2 แล้วศึกษา ส่วนประกอบของโครโมโซมจากแผ่นภาพโปรเจกเตอร์หรือจากภาพที่ 17-6 ในหนังสือเรียน ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยมีแนวคำถามดังนี้

ส่วนประกอบของโครโมโซมประกอบด้วยอะไรบ้าง
ส่วนใดเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโครโมโซม
โปรตีนในโครโมโซมมีบทบาทอย่างไร
โครโมโซมของยูคาริโอตแตกต่างจากโพรคาริโอตอย่างไร
นิวคลีโอโซมคืออะไร

จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีนและ DNA โดยมีโปรตีนประมาณ 2 ใน 3 ของโครโมโซม โปรตีนในโครโมโซมมีหน้าที่แตกต่างกันเช่น โปรตีนบางชนิดช่วยในการขดตัวของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีน ฯลฯ

นิวคลีโอโซม คือส่วนของสาย DNA ที่พันรอบฮิสโตน

โครโมโซมของยูคาริโอตจะมีลักษณะเป็นสายยาว แต่ของโพรคาริโอตจะมีลักษณะเป็นวงแหวนและขนาดเล็กมาก

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความหมายและขนาดของ จีโนมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 17.2

17.4 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายถึงส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และจำแนกชนิดของนิวคลีโอไทด์
2. แสดงการเชื่อมต่อกันของนิวคลีโอไทด์ในสายพอลิ-
นิวคลีโอไทด์และโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ
นิวคลีโอไทด์เป็นโมเลกุลของ DNA ได้

3. สรุปได้ว่าพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายแตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูเชื่อมโยงความรู้ในหัวข้อ 17.2 และ 17.3 ว่าเป็นส่วนหนึ่งของ DNA และ DNA เป็นสารพันธุกรรมอยู่ที่โครโมโซม แล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่า DNA มีโครงสร้างและส่วนประกอบอย่างไรจึงสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของ DNA โดยใช้แผ่นภาพโปรงใส หรือภาพที่ 17-7 แสดงสูตรโครงสร้างของเบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

นิวคลีโอไทด์เบส ประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง จำแนกได้เป็นกี่ประเภท และแต่ละประเภทมีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
นิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นพอลินิวคลีโอไทด์ได้อย่างไร

จากการสืบค้นและการอภิปรายจากแผ่นภาพโปรงใสหรือจากภาพในหนังสือเรียน นักเรียนสามารถจะบอกได้ว่าในไตรจีนัสเบส ประกอบด้วยวงแหวนที่มี C และ N เป็นองค์ประกอบจากนั้นครูควรให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของในไตรจีนัสเบส จำแนกเบสออกเป็น 2 ประเภท คือ เบสพิวรีน มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (A) และกวานีน (G) ส่วนเบสไพริมิดีน โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (C) และไทมีน (T) ครูอาจทบทวนโดยนำภาพแต่ละในไตรจีนัสเบสและภาพน้ำตาลดีออกซีไรโบสให้นักเรียน ระบุว่าเบสชนิดใด และเป็นน้ำตาลเพนโทสชนิดใด

ครูนำภาพนิวคลีโอไทด์หรือใช้ภาพจากหนังสือเรียน ภาพที่ 17-8 แสดงนิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ในประเด็นดังนี้

นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดประกอบด้วยส่วนสำคัญกี่ส่วนได้แก่อะไรบ้าง
ส่วนประกอบ 3 ส่วน ประกอบขึ้นเป็นนิวคลีโอไทด์ได้อย่างไร
นิวคลีโอไทด์เป็นชนิดใดบ้าง และแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ส่วนใด

จากความรู้พื้นฐานเรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตนักเรียนควรจะสามารถตอบได้ว่า นิวคลีโอไทด์เบสประกอบด้วยน้ำตาล หมู่ฟอสเฟตและในไตรจีนัสเบส นิวคลีโอไทด์แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีน และนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดต่างกันที่ชนิดของในไตรจีนัสเบส การประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นแกนหลักมีในไตรจีนัสเบสอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และมีหมู่ฟอสเฟตอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้น เรื่องการสร้างสายพอลินิวคลีโอไทด์ ดังนี้
จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า DNA มีเบส น้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตจำนวนมาก และประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์จำนวนมากเป็นไปได้อย่างไรว่านิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อ

ใช่เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ
กันเป็นสายยาว และถ้าเป็นเช่นนั้นนิวคลีโอไทด์ ต่อกันเป็นสายยาวได้อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ และให้ศึกษาจากภาพที่ 17-9 ในหนังสือเรียน ครูอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มคัดกระดาศีสร้างเป็นนิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิดๆ ละ 10-20 นิวคลีโอไทด์ แต่ละกลุ่มอาจสร้างจำนวนนิวคลีโอไทด์ไม่เท่ากัน โดยมอบหมายให้นักเรียนสร้างนิวคลีโอไทด์มาล่วงหน้า แล้วให้นำมาต่อกันเป็นสายยาว โดยแสดงการเชื่อมต่อกันเป็นพอลินิวคลีโอไทด์ เปรียบเทียบกับพอลินิวคลีโอไทด์ของกลุ่มอื่นๆ จากการทำกิจกรรม และตัวแทนกลุ่มนำเสนอการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น ดังนี้

นิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันอย่างไร มีปลายสายใดเป็นปลาย 5' และ 3'

สายพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการนำเสนอและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟอสเฟต หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่ละสายพอลินิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกัน ครูอาจชี้ให้นักเรียนสังเกตว่าสายพอลินิวคลีโอไทด์ของกลุ่มที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันแต่สายพอลินิวคลีโอไทด์จะต่างกัน เนื่องจากมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกัน ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจถึงการเกิดลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต

จากการสืบค้นในหนังสือเรียน ครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกันน่าจะขึ้นอยู่กับอะไร

นักเรียนควรสรุปได้ว่า ขึ้นอยู่กับการนำนิวคลีโอไทด์ชนิดใดมาเชื่อมต่อกัน ดังนั้นลำดับชนิดของนิวคลีโอไทด์น่าจะไม่ใช่เหมือนกัน และจำนวนของนิวคลีโอไทด์น่าจะแตกต่างกันด้วย

ครูควรเน้นให้นักเรียนสังเกตภาพที่ 17-8 แสดงพอลินิวคลีโอไทด์ว่า ปลายด้านหนึ่งของนิวคลีโอไทด์จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาลคือออกซิไรโบสจะยึดกับหมู่ฟอสเฟต เรียกปลายด้านนี้ว่าปลาย 5' และอีกปลายหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลคือออกซิไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ปลายสุดที่ยึดกับหมู่ไฮดรอกซิล เรียกปลายด้านนี้ว่า ปลาย 3'

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 17.3 ของการทดลองของชาร์กาฟฟ์ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และ เบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ A + T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส G + C

จากข้อมูลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ครูให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างเบส A กับ T และความสัมพันธ์ของเบส G กับ C เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อ 17.5 โครงสร้างของ DNA ต่อไป

จากนั้นครูทบทวนนิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด และการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็น พอลินิวคลีโอไทด์ โดยใช้แผ่นภาพโปร่งใสหรือภาพในหนังสือเรียน ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบดังนี้

จากภาพที่ 17-7

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

■ เบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนมีโครงสร้างแตกต่างกันอย่างไร

✎ เบสพิวรีนมีวงแหวนที่มีอะตอมของคาร์บอนและไนโตรเจน 2 วง แต่เบสไพริมิดีนมีวงแหวนวงเดียว

จากภาพที่ 17-8

■ นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

✎ นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันที่ชนิดของเบส

จากตารางที่ 17.3

■ ปริมาณเบส 4 ชนิด ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

✎ เบส A มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T เบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G หรือเท่ากับ 1:1

■ อัตราส่วนของ A + T และ C + G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่

✎ อัตราส่วนของ A + T และ C + G ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดไม่เท่ากัน

17.5 โครงสร้างของ DNA

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย อธิบายและสรุปผลการศึกษานักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับส่วนประกอบและโครงสร้างของ DNA
2. สรุปได้ว่าโครงสร้างของ DNA มีความเหมาะสมต่อการเป็นสารพันธุกรรม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยเชื่อมโยงการทดลองของชาร์กาฟฟ์ จากผลการทดลองจะเห็นว่าอัตราส่วนระหว่างเบส A T C และ G คงที่เสมอ เป็นไปได้หรือไม่ว่าเบส A จับคู่กับ T และเบส C จับคู่กับ G ถ้าเป็นดังที่กล่าวแล้วโครงสร้างของ DNA น่าจะเป็นอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นและวิเคราะห์โครงสร้างของ DNA ของเอ็ม เอฟ วิลคินส์ และโรซาลินด์ แฟรงคลิน เจ ดีวอตสัน และเอฟ คริก ที่พยายามสร้างแบบจำลองของ DNA ว่ามีหลักการในการสร้างอย่างไร

จากการสืบค้น และจากการวิเคราะห์นักเรียนควรจะตอบได้ว่า วิลคินส์และแฟรงคลินศึกษาโครงสร้างของ DNA จากการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA จะเกิดการหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม วิลคินส์และแฟรงคลิน ใช้ประจักษ์พยานมาแปลข้อมูลทำให้ทราบว่า

1. สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ มีโครงสร้างของ DNA คล้ายกันมาก
2. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย
3. พอลินิวคลีโอไทด์มีลักษณะเป็นเกลียว
4. เกลียวของพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละรอบมีระยะห่างเท่ากัน

วอตสันและคริกได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA โดยนำข้อมูลจากการค้นพบของวิลคินส์และแฟรงคลิน และเจ ดีวอตสันที่เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA มาเป็นพื้นฐานแบบจำลองของ DNA ดังนี้

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

1. สร้างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย โดยปลาย 3' ของพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งจับกับปลาย 5' ของสายพอลินิวคลีโอไทด์อีกสายหนึ่ง แต่ละสายมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' เรียงสลับทิศทางกัน
2. ให้เบส A จับกับเบส T และเบส C จับกับเบส G
3. เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
4. พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย พันกันบิดเป็นเกลียวคู่ คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟตกลายเป็นราวบันได
5. เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34 Å และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4 Å และพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายห่างกัน 20 Å

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายความรู้ของนักเรียน ดังนี้

เบสของ DNA มี 4 ชนิด จะสามารถจัดเรียงตัวได้กี่แบบ

แต่ละโมเลกุลของ DNA มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันหรือไม่

การจัดเรียงตัวของเบสในแต่ละพอลินิวคลีโอไทด์ใน DNA จะเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

จากการอภิปรายควรสรุปได้ว่า

เบสของ DNA มี 4 ชนิด ถ้า DNA ประกอบด้วยเบส 2 ชนิด จะสามารถจัดเรียงตัวได้แตกต่างกัน 16 แบบ แต่ละโมเลกุลของ DNA มีจำนวนนิวคลีโอไทด์ไม่เท่ากัน บางชนิดมีประมาณพันคู่ บางชนิดมีประมาณแสนคู่ ดังนั้นถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์มากเช่นนี้ การเรียงตัวของเบสน่าจะแตกต่างกันมากด้วย

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

- นักเรียนคิดว่าโครงสร้างของ DNA ที่มีลักษณะเป็น 2 สาย โดยมีการจับคู่กันของคู่เบสของสาย DNA แต่ละสาย มีผลดีต่อ DNA อย่างไร
- ✎ ทำให้โมเลกุลของ DNA เสถียร เนื่องจากเบสจับกันแบบจำเพาะ คือ เบส A จับกับ T และเบส C จับกับ G เบสจึงสามารถเข้าคู่กันได้ เกิดเป็น DNA เกลียวคู่ จึงถูกทำลายจากปัจจัยอื่นๆ ในเซลล์ได้ยาก ถ้า DNA เปลี่ยนแปลงได้ง่ายจะมีผลต่อการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต
- แรงยึดระหว่างเบส A กับ T และ G กับ C คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
- ✎ ระหว่างเบส C กับ G แข็งแรงมากกว่า เบส A กับ T เพราะระหว่างเบส C กับ G ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ แต่เบส A กับ T ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ
- ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยเบสกี่คู่
- ✎ 10 คู่
- โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งมีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร
- ✎ พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับของเบสเป็นดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ยืนและใครไม่ชม**

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



- DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุลจะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ได้แตกต่างกันกี่แบบ
- ✎ เบสมี 4 ชนิด ถ้าประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ได้แตกต่างกันเป็น $4^3 = 64$ แบบ

ความรู้เสริมสำหรับครู

โครงสร้างของ DNA ที่พบในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปเกลียวคู่ มีลักษณะเป็นเส้นยาวมี 2 ปลาย หรือมีลักษณะเป็นวง เป็นเส้น DNA ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นยาวเกลียวคู่ มีรูปแบบต่างๆ สำหรับโครงสร้างของ DNA แบบ B' (B'-form) เป็นเกลียวเวียนขวา และมีส่วนที่คล้ายราวบันไดเวียนที่มีขอบเสมอกัน ดังภาพ ก. พบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั่วไป มีลักษณะคล้ายแบบจำลอง DNA ที่วอตสันและคริกเสนอไว้ ส่วนโครงสร้าง DNA แบบ Z (Z-form) จะเป็นเกลียวบิดซ้าย และมีส่วนที่คล้ายราวบันไดที่มีขอบไม่สม่ำเสมอ พบในพอลินิวคลีโอไทด์ที่สังเคราะห์ในหลอดทดลองแต่ไม่พบในเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่า DNA สายเดี่ยวในไวรัสพอกแบคทีริโอฟาจ (bacteriophage) ซึ่งเป็นไวรัสที่มีความจำเพาะในการเข้าไปทำลายแบคทีเรียได้



ก. โครงสร้างของ DNA แบบ B'



ข. โครงสร้างของ DNA แบบ Z

17.6 สมบัติของสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถ

1. อภิปรายและสรุปถึงสมบัติของสารพันธุกรรม
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการจำลอง DNA
3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และเปรียบเทียบการสังเคราะห์ DNA และการสังเคราะห์

RNA ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ยืนและใครไม่ชม

5. วิเคราะห์ อภิปราย และเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรคาริโอตและยูคาริโอต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพแสดงโครงสร้างของ DNA จากแผ่นภาพโปร่งใส แล้วทบทวนเกี่ยวกับชนิดของนิวคลีโอไทด์ และความแตกต่างกันของโมเลกุล DNA แต่ละชนิด จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า DNA ควรจะมีสมบัติอย่างไรจึงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ จากการอภิปรายนักเรียนควรจะสามารถสรุปได้ว่า DNA ต้องเพิ่มจำนวนได้ โดยมีลักษณะเหมือนเดิม สามารถควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม และสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเดิม

จากนั้นจึงนำเข้าสู่เรื่องการสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA ในหัวข้อ 17.6.1

17.6.1 การสังเคราะห์ DNA

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

DNA ของสิ่งมีชีวิตจะถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไปได้อย่างไร

DNA ในรุ่นพ่อแม่และ DNA ในรุ่นลูกจำเป็นต้องเหมือนกันหรือไม่ ถ้าไม่เหมือนกันจะมีผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การถ่ายทอด DNA จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการแบ่งเซลล์ ซึ่ง DNA มีการจำลองตัวเองเพิ่มปริมาณ DNA เป็นสองชุด โดยถ่ายทอด DNA ชุดหนึ่งให้ลูกรุ่นต่อไป DNA ที่ถ่ายทอดให้รุ่นลูกจะต้องเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่ จึงจะสามารถสืบทอดเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ ถ้า DNA ในรุ่นลูกแตกต่างไปจาก DNA ในรุ่นพ่อแม่จะทำให้ลูกมีลักษณะที่แตกต่างจากพ่อแม่ ซึ่งต่อไปถ้าความแตกต่างมีมากก็จะทำให้ไม่สามารถดำรงเผ่าพันธุ์เดิมเอาไว้ได้

ครูตั้งคำถามต่อไปเพื่อนำเข้าสู่หัวข้อการสังเคราะห์ DNA ว่าการที่ DNA ของรุ่นลูกจะเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่มันจะเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นการสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA จากการศึกษาแนวคิดการจำลอง DNA ของวอตสันและคริกในหนังสือเรียน และภาพที่ 17-13 แสดงการจำลอง DNA แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นสำคัญดังนี้

สิ่งที่จำเป็นในการสังเคราะห์ DNA

ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA

ลำดับเบสของ DNA ในแต่ละโมเลกุล

จากการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การสังเคราะห์ DNA จำเป็นต้องมีเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้เป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ มีนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส A T C G และมี DNA ที่ใช้เป็นสายแม่พิมพ์

2. ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

2.1 พอลินิวคลีโอไทด์สองสายของ DNA คลายเกลียว พันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างคู่เบสของทั้งสองสายจะสลาย ทำให้สองสายแยกออกจากกันเหมือนการรูดซิป

2.2 พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสาย จะทำหน้าที่เป็นสายแม่พิมพ์เพื่อสังเคราะห์พอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ โดยเอนไซม์ DNA พอลิเมอร์สื่อนำนิวคลีโอไทด์อิสระเข้าจับกับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ที่มีเบสสอดคล้องกันคือ เบส A จับคู่กับ T และเบส C จับคู่กับ G

2.3 นิวคลีโอไทด์ของพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่จะเข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ด้วยพันธะไฮโดรเจน

3. การสังเคราะห์ DNA ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 เป็น 2 โมเลกุล โดย DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม 1 สาย และสายใหม่ 1 สาย การจำลองตัวเองของ DNA จึงเป็นแบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative replication)

ความรู้เสริมสำหรับครู

การจำลองตัวเองของ DNA มีหลายแบบ

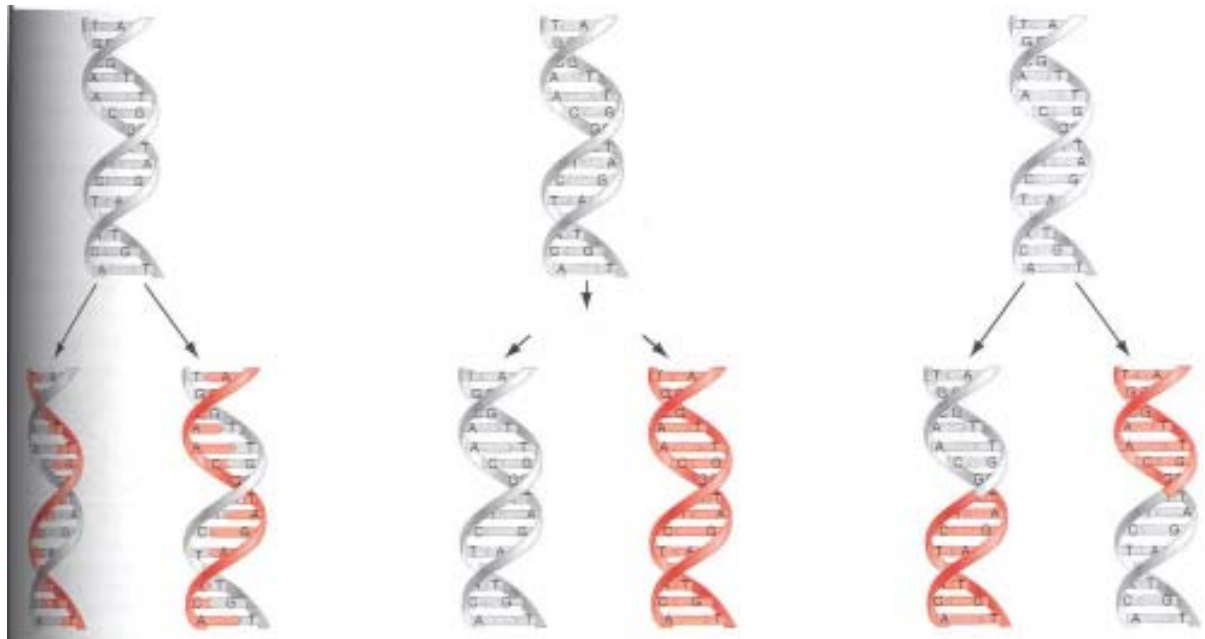
นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานการเกิดการจำลองตัวเองของ DNA ไว้ ดังนี้

1. แบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA แล้ว DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์ สายเดิมและสายใหม่ ซึ่งเป็นแบบจำลองของวอตสันและคริก

2. แบบอนุรักษ์ (conservative replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA แล้ว พอลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายไม่แยกจากกันยังเป็นสายเดิม จะได้ DNA โมเลกุลใหม่ ที่มีพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ทั้งสองสาย

3. แบบกระจัดกระจาย (dispersive replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA จะได้ DNA ที่เป็นของเดิมและของใหม่ปะปนกันไม่เป็นระเบียบ

จากสมมติฐานทั้งหมดนี้ มีสมมติฐานการจำลองตัวเองของ DNA แบบกึ่งอนุรักษ์เท่านั้น ที่มีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนความเป็นไปได้



จากนั้นให้นักเรียนศึกษาการสังเคราะห์โมเลกุลของ DNA ในหลอดทดลองของคอนเบิร์ก ในตารางที่ 17.4 เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบอัตราส่วนของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้กับ DNA แม่พิมพ์ แล้วตอบคำถาม ซึ่งมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

■ จากข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราได้บ้าง

✎ อัตราส่วนของ $\frac{A+T}{G+C}$ ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้กับอัตราส่วนของ $\frac{A+T}{C+G}$ ใน DNA แม่พิมพ์ มีอัตราส่วนใกล้เคียงกัน เป็นไปได้ว่า DNA ที่สังเคราะห์ได้น่าจะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับ DNA ที่เป็นแม่พิมพ์

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้น และอภิปรายดังนี้

เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสมีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ DNA

ปริมาณเบส A เมื่อเทียบกับเบส T เบส C และ G ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้เป็นอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่าเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสเชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้ต่อกันเป็นสายยาว และปริมาณของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้เบส A เท่ากับเบส T และเบส C เท่ากับเบส G

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายเพิ่มเติมว่า การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ทั้งสองสายเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการสังเคราะห์ DNA จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ และศึกษาภาพที่ 17-15 หรือแผนภาพจากแผ่นภาพโป่งใส แล้วให้นักเรียนอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. DNA เกิดยวคู่คล้ายเกลียวแยกออกจากกัน DNA แม่พิมพ์ 2 สายที่แยกออกจากกันมีทิศทางจากปลาย 5' ไป 3' ส่วนตรงกัน

เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูในระยะแรก
ย่นและใครไม่ชม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

2. DNA สายที่เป็นแม่พิมพ์ที่มีปลาย 3' ไป 5' จะสร้าง DNA สายใหม่จากทิศทาง 5' ไป 3' อย่างต่อเนื่องเป็นสายยาว DNA สายใหม่นี้เรียกว่าลิดคิงสเตรนด์
3. การสังเคราะห์ DNA สายใหม่จะมี DNA พอลิเมอเรสทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้เป็นสายยาว
4. DNA สายที่เป็นแม่พิมพ์อีกสายหนึ่งมีทิศทางจาก 5' ไป 3' ไม่สามารถสร้างสาย DNA จากทิศทาง 3' ไป 5' การสร้าง DNA สายใหม่จึงสร้างเป็นสายสั้นๆ จากทิศทาง 5' ไป 3' และจะมีเอนไซม์ไลเกสเชื่อม DNA สายใหม่ที่เป็นสายสั้นๆ เข้าด้วยกันเป็นสายยาว DNA สายใหม่สั้นๆ ที่สร้างในลักษณะนี้เรียกว่า แลกกิงสเตรนด์

ครูอาจเน้นให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้นว่า ในการสร้าง DNA สายใหม่ จะต้องมิติศทางจากปลาย 5' ไปยัง 3' เสมอ เนื่องจากเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสจะทำงานโดยทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาวจากปลาย 5' ไป 3' อีกประการหนึ่งก็คือ สายใหม่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อกันเป็นสายยาวได้ เนื่องจากทิศทางการสร้างจากปลาย 5' ไป 3' นั้นสวนทางกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม

17.6.2 DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเกี่ยวกับความแตกต่างของ DNA แต่ละโมเลกุลที่แตกต่างกันที่จำนวนของเบสและ ลำดับของเบส และทบทวนบทบาทของโปรตีนในสิ่งมีชีวิต โดยตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

โปรตีนเป็นส่วนประกอบส่วนใดของร่างกายของสิ่งมีชีวิต

โปรตีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรยกตัวอย่าง สารในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่เป็นโปรตีน เช่น ฮีโมโกลบิน แอกทิน ไมโอซิน ฯลฯ และโปรตีนเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกาย

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่า ลำดับของเบสใน DNA เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการสังเคราะห์โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทาง พันธุกรรมได้อย่างไร ในหัวข้อนี้ต้องการให้นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง DNA กับลักษณะทางพันธุกรรมได้

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้น และวิเคราะห์เกี่ยวกับโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ จากการศึกษาของวี เอ็ม อินแกรม และจากภาพที่ 17-16 จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ DNA ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนฮีโมโกลบินผิดปกติ คือ กรดอะมิโนในพอลิเพปไทด์สายบีตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินต่างไปจากปกติ เม็ดเลือดแดงจึงมีลักษณะเป็นรูปเกี้ยว นำออกซิเจนได้น้อยลง เกิดเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ แสดงว่าลำดับของเบสบน DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

- คนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ มีลำดับของกรดอะมิโนในฮีโมโกลบิน สายบีตา แตกต่างจากคนปกติอย่างไร
- ✎ แตกต่างกันคือ กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 6 ของพอลิเพปไทด์สายบีตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินในคนปกติเป็นกรดกลูตามิก ส่วนในคนที่เป็นโรคจะเป็นวาลีน
- ลักษณะทางพันธุกรรมของโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์เกี่ยวข้องกับโปรตีน และ DNA อย่างไร
- ✎ เมื่อเบสของ DNA เปลี่ยนไป การสังเคราะห์โปรตีนฮีโมโกลบินจะผิดปกติ ทำให้คนที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเช่นนี้เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์

ครูอาจเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง DNA โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรมได้ว่า เมื่อลำดับเบสของ DNA เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

17.6.3 DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

ครูอาจทบทวนเกี่ยวกับกรดนิวคลีอิกว่าในเซลล์มี DNA และ RNA เป็นกรดนิวคลีอิก ครูตั้งคำถามหรือนำไปสู่การอภิปรายว่า RNA มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก DNA อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงสร้าง RNA และ DNA โดยใช้ภาพจากหนังสือเรียนหรือแผ่นภาพโปร่งใส โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอหัวข้อที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อเป็นประเด็นการอภิปราย จากการอภิปรายและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปความแตกต่างของโครงสร้าง DNA และ RNA เป็นข้อๆ ได้ดังนี้

ข้อเปรียบเทียบ	DNA	RNA
1. จำนวนพอลินิวคลีโอไทด์	2 สาย	1 สาย
2. โครงสร้าง	บิดเป็นเกลียว	ไม่บิดเป็นเกลียว
3. ชนิดของเบส	อะดีนีน กวานีน ไทมิน และ ไซโทซีน	อะดีนีน กวานีน ยูราซิล และ ไซโทซีน
4. น้ำตาล	ดีออกซีไรโบส	ไรโบส

ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่า DNA อยู่ในนิวเคลียส แต่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ ซึ่งมีไรโบโซมติดอยู่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนอยู่ในไซโทพลาซึม

จากนั้นครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็นต่อไปนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซึมได้อย่างไร

เป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA ส่งสารบางอย่างเป็นตัวแทนมาควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซึม

สารที่ DNA ส่งมานั้นคือสารอะไร รับคำสั่งจาก DNA อย่างไร และมีกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล สมมติฐานของฟรอนซ์ จาค็อบ และจาก โมนอด จากหนังสือเรียนที่เสนอเกี่ยวกับสารที่เป็นตัวกลางระหว่าง DNA ในนิวเคลียสกับไรโบโซมในไซโทพลาซึม

จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมมติฐานของฟรอนซ์ จาค็อบ และจาก โมนอด โดยใช้ภาพที่ 17-18 ประกอบการอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปได้ว่า mRNA เป็นสารตัวกลางที่นำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนมายังไรโบโซมในไซโทพลาซึม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสังเคราะห์โปรตีน จึงอาจสรุปได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วย ขั้นตอนการสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์ และการสังเคราะห์โปรตีนในไรโบโซม

ก. การสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่พิมพ์ จากภาพที่ 17-19 จากนั้นตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนนำความรู้มาอธิบายขั้นตอนการสังเคราะห์ mRNA ดังนี้

การสังเคราะห์ mRNA มีขั้นตอนอย่างไร

RNA พอลิเมอเรส มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ mRNA

ในการสังเคราะห์ mRNA มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' หรือจากปลาย 3' ไปยัง 5'

กระบวนการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่พิมพ์เรียกว่ากระบวนการอะไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าการสังเคราะห์ RNA เอนไซม์พอลิเมอเรสไปจับกับ DNA บริเวณที่จะสังเคราะห์ RNA DNA 2 สายจึงคลายเกลียวแยกออกจากกัน โดยมีสายใดสายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ จากนั้นนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเข้าไปจับกับเบสของสายแม่พิมพ์ โดยนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ซึ่งสลับทิศทางกับสาย DNA แม่พิมพ์ จะได้เป็นสาย mRNA จากนั้น mRNA แยกออกจาก DNA ไปยังไรโบโซม RNA พอลิเมอเรสมีบทบาทในการสังเคราะห์ mRNA คือ ทำให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย แยกออกจากกัน และเชื่อมนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสาย mRNA และทิศทางการสังเคราะห์ mRNA จะสังเคราะห์จากปลาย 5' ไปยัง 3' กระบวนการสังเคราะห์ mRNA เรียกว่า การถอดรหัสหรือ ทรานสคริปชัน

จากนั้นครูให้นักเรียนเปรียบเทียบกระบวนการสังเคราะห์ DNA (DNA replication) และกระบวนการสังเคราะห์ mRNA (transcription) ซึ่งนักเรียนควรเปรียบเทียบได้ดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

กระบวนการสังเคราะห์ DNA	กระบวนการสังเคราะห์ mRNA
<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์ทั้ง 2 สาย 2. ใช้เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส ในการสังเคราะห์ 3. ใช้ดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A T C G 4. ผลผลิตได้ DNA สายใหม่ 2 สาย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์เพียงสายเดียว 2. ใช้เอนไซม์ RNA พอลิเมอเรส ในการสังเคราะห์ 3. ใช้ไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A U C G 4. ผลผลิตได้ mRNA สายเดียว

- ในการสังเคราะห์ RNA โดยใช้ DNA สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ มีลำดับเบสดังนี้

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

จงเขียนลำดับเบสของ RNA ที่สังเคราะห์โดยเริ่มจาก 5' ไปยัง 3'

5' A U G C C G U A U A G C U 3'

ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปราย เพื่อให้เห็นบทบาทหน้าที่และความสำคัญของ DNA และ RNA ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนได้ดังนี้

DNA สังเคราะห์ RNA ได้ก็ชนิด อะไรบ้าง

RNA แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า DNA สังเคราะห์ RNA ได้ 3 ชนิดคือ mRNA tRNA และ rRNA แต่ละชนิดมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ดังนี้

tRNA ทำหน้าที่นำกรดอะมิโนมาต่อกันเป็นสายยาวบนไรโบโซม

rRNA เป็นส่วนประกอบของไรโบโซม

mRNA นำรหัสการสร้างโปรตีนมายังไรโบโซมในไซโทพลาซึม

ครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า DNA สังเคราะห์ RNA ทั้ง 3 ชนิด ในพวกยูคาริโอต การสังเคราะห์ RNA ทั้ง 3 ชนิด จะเกิดในนิวเคลียส จากนั้นจึงออกสู่ไซโทพลาซึม ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดเรียงลำดับเบสบน mRNA ซึ่งจะเป็นรหัสพันธุกรรม (genetic code) เพื่อนำเข้าสู่ห้วงรหัสพันธุกรรมต่อไป

ครูอาจใช้ภาพที่ 17-19 ในหนังสือเรียน ในการประกอบการสรุปเกี่ยวกับชนิดของ RNA และหน้าที่ของ RNA ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น

รหัสพันธุกรรม

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่าจากกระบวนการทรานสคริปชันทำให้ได้ mRNA แล้ว mRNA จะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับรหัสพันธุกรรม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ครูอาจใช้แผนภาพโปร่งใสแสดงโครงสร้างของ DNA หรือหุ่นจำลองโครงสร้างของ DNA หรือภาพจากหนังสือเรียน เพื่อเน้นให้นักเรียนเห็นว่าความแตกต่างของโมเลกุล DNA อยู่ที่จำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์ใน DNA จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า ส่วนใดของ DNA ที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมและถ่ายทอดให้ mRNA ซึ่งไปกำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน นักเรียนควรตอบได้ว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA เป็นข้อมูลทางพันธุกรรมที่ถอดรหัสให้ mRNA

ครูควรเน้นให้นักเรียนทราบว่า ความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์ เนื่องจากเบสที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นลำดับนิวคลีโอไทด์ในสาย DNA และ RNA จึงอาจเรียกแทนว่า ลำดับเบส

ครูควรเน้นให้นักเรียนสรุปประเด็นสำคัญได้ว่า ลำดับเบสของ DNA จะกำหนดลำดับเบสของ mRNA และลำดับเบสของ mRNA จะกำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโน จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นและการอภิปราย การเรียงลำดับของเบสใน mRNA จำนวนเท่าใดจึงเป็น 1 รหัสพันธุกรรม เพื่อกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด ถ้ามีเบส 1 ตัว เป็นรหัสกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนได้กี่ชนิด ซึ่งนักเรียนควรตอบได้ว่า 4 ชนิด เนื่องจาก DNA มีนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด จากนั้นครูอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมโดยให้ประเด็นว่า ถ้ามีเบส 2 โมเลกุลเป็นรหัสกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิดจะเป็นรหัสของกรดอะมิโนได้กี่ชนิด โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและออกแบบรหัสพันธุกรรมอย่างอิสระ วัสดุที่ทำกิจกรรมอาจใช้ปากกาเคมีสีต่างๆ เขียนชนิดของเบสในกระดาษ หรือตัดกระดาษสีแทนชนิดของเบส เป็นต้น แล้วนำเสนอหน้าชั้นเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ จากการทำกิจกรรมและอภิปรายและบอกวิธีคิด ทำให้ได้ข้อสรุปว่ารหัสพันธุกรรมที่ประกอบด้วยเบส 2 โมเลกุลเรียงกันจะสามารถจัดเรียงให้แตกต่างกันได้ 16 แบบ หรือ 4^2 หรือ 16 รหัส ดังนี้

AA	AT	AC	AG
CC	CA	CT	CG
GG	GA	GT	GC
TT	TA	TC	TG

จากภาพจะเห็นได้ว่าถ้า 1 รหัสพันธุกรรมประกอบด้วยเบส 2 ตัวเรียงกัน ซึ่งจะเป็นรหัสของกรดอะมิโน 1 ชนิด จะจัดเรียงได้เพียง 16 รหัส หรือ 4^2 ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโน 16 ชนิด ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับกรดอะมิโนซึ่งมี 20 ชนิด

ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

รหัสพันธุกรรม 1 รหัสประกอบด้วยเบส 3 ตัว จะจัดเรียงให้แตกต่างกันได้กี่รหัส

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยืมและใคร่ไม่ชม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า 1 รหัสพันธุกรรมประกอบด้วยเบส 3 ตัว จะได้ 64 รหัส หรือ 4^3 ซึ่งมีจำนวนรหัสพันธุกรรมที่มากเกินไปสำหรับกรดอะมิโน 20 ชนิด

ครูให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 17.5 แสดงรหัสพันธุกรรม 64 รหัส

จากนั้นตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ เมื่อนำความรู้เกี่ยวกับรหัสพันธุกรรมไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนต่อไปดังนี้

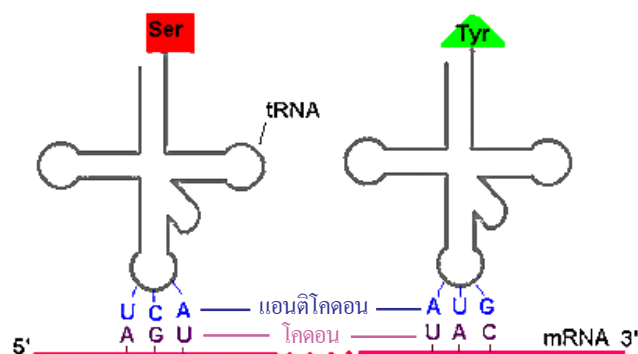
รหัสพันธุกรรมที่รหัสที่กำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด

กรดอะมิโนชนิดใดที่กำหนดโดยรหัสพันธุกรรม 1 รหัส หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4 รหัส

รหัสใดบ้างที่ไม่กำหนดกรดอะมิโน

จากการวิเคราะห์และอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่ารหัสพันธุกรรมที่กำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด มีเพียง 61 รหัส เท่านั้นที่จะกำหนดกรดอะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน โดย 1 รหัส กำหนดกรดอะมิโนใน 1 โมเลกุล และกรดอะมิโน 1 ชนิดที่กำหนดโดยรหัสพันธุกรรม 1 รหัส เช่น เมไทโอนีน (Met) กรดอะมิโนที่กำหนดโดยรหัสพันธุกรรม 2 รหัส เช่น ฮิสทีดีน (His) 3 รหัส เช่น ไอโซลิวซีน และกำหนดโดย 4 รหัส เช่น วาลีน ส่วนรหัสพันธุกรรมอีก 3 รหัส ได้แก่ UAA UAG UAG จะไม่กำหนดกรดอะมิโน หรือเรียกว่ารหัสหยุด (stop codon)

ครูควรเพิ่มเติมว่ารหัสพันธุกรรม 1 รหัส เรียกว่าโคดอน (codon) จะกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด และลำดับเบส 3 โมเลกุลของ tRNA ที่เข้าคู่กับโคดอน เรียกว่า แอนติโคดอน (anticodon) ดังภาพ



ครูอาจประเมินความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโคดอนและแอนติโคดอน โดยกำหนดตัวอย่างโคดอนของ mRNA แล้วให้นักเรียนเติมแอนติโคดอน จากนั้นอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกำหนดโคดอนเอง แล้ววาดภาพแสดงลำดับเบสของ mRNA ประมาณ 15 เบส ไรโบโซมและ tRNA โดยให้มีตำแหน่งของโคดอนของ mRNA อยู่ตรงกับแอนติโคดอนของ tRNA แล้วสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแอนติโคดอนทั้งหมดหน้าชั้นเรียน แล้วให้ออกมาทำบนกระดาน หรืออาจให้ทำใบงานเป็นกลุ่ม

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ย่นและใครไม่ชม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

- การหัดพันธุกรรมประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้ GCC AAU CUG UGG ลำดับของกรดอะมิโนจะเป็นอย่างไร

✎ Ala Asn Leu Trp

ข. การสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษาแผนภาพโปร่งใสแสดงการสังเคราะห์ RNA และรหัสพันธุกรรม เป็นการทบทวน เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อการสังเคราะห์โปรตีน

ครูให้นักเรียนสืบค้น และวิเคราะห์กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซมในหนังสือเรียน และภาพที่ 17-21 แล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

ในการสังเคราะห์โปรตีนสิ่งใดเป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงลำดับของกรดอะมิโน

สิ่งที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมีอะไรบ้าง

tRNA มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์โปรตีน

การสังเคราะห์โปรตีนมีทิศทางสังเคราะห์จากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ของ mRNA หรือทิศทางจากปลาย 3' ไปยังปลาย 5'

กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมีกี่ขั้นตอนอะไรบ้าง แต่ละขั้นตอนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร

การสังเคราะห์โปรตีนของพอกยูคาริโอตและโพรคาริโอตต่างกันอย่างไร

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า ตัวที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงลำดับของกรดอะมิโน คือ เบสของ mRNA ที่เป็นรหัสพันธุกรรม คือ ลำดับของเบส 3 โมเลกุล ใน mRNA ที่เป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงลำดับของกรดอะมิโน มีอยู่ 61 รหัส

สิ่งที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ได้แก่ DNA mRNA tRNA ไรโบโซม กรดอะมิโน เอนไซม์ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมี 2 ขั้นตอน โดยมีหลักสำคัญดังนี้

1. กระบวนการถอดรหัส หรือทรานสคริปชัน (transcription) เป็นกระบวนการที่ DNA ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมให้ mRNA จะนำรหัสการสังเคราะห์โปรตีนไปยังไซโทพลาซึม โดยไรโบโซมหน่วยย่อยขนาดเล็กมาจับกับ mRNA

2. กระบวนการแปลรหัส หรือทรานสเลชัน (translation) เป็นกระบวนการที่ tRNA นำกรดอะมิโนชนิดที่ตรงกับโคดอนของ mRNA ตามตารางที่ 17.5 รหัสพันธุกรรม เช่น tRNA ที่มีแอนติโคดอน CCA จะนำกรดอะมิโนชนิดไกลซีน (Gly) มายังไรโบโซมตรงที่มีโคดอน GGU ของ mRNA โดยนำมาเรียงต่อกันบนไรโบโซมตามรหัสพันธุกรรมของ mRNA

ครูกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายและเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอตและยูคาริโอต จากการอภิปรายนักเรียนควรเปรียบเทียบได้ว่า

การสังเคราะห์โปรตีนของโพรคาริโอตทั้งกระบวนการการถอดรหัสและการแปลรหัสเกิดขึ้นในไซโทพลาซึม เนื่องจากพวกโพรคาริโอตไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนยูคาริโอตการถอดรหัสเกิดขึ้น

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

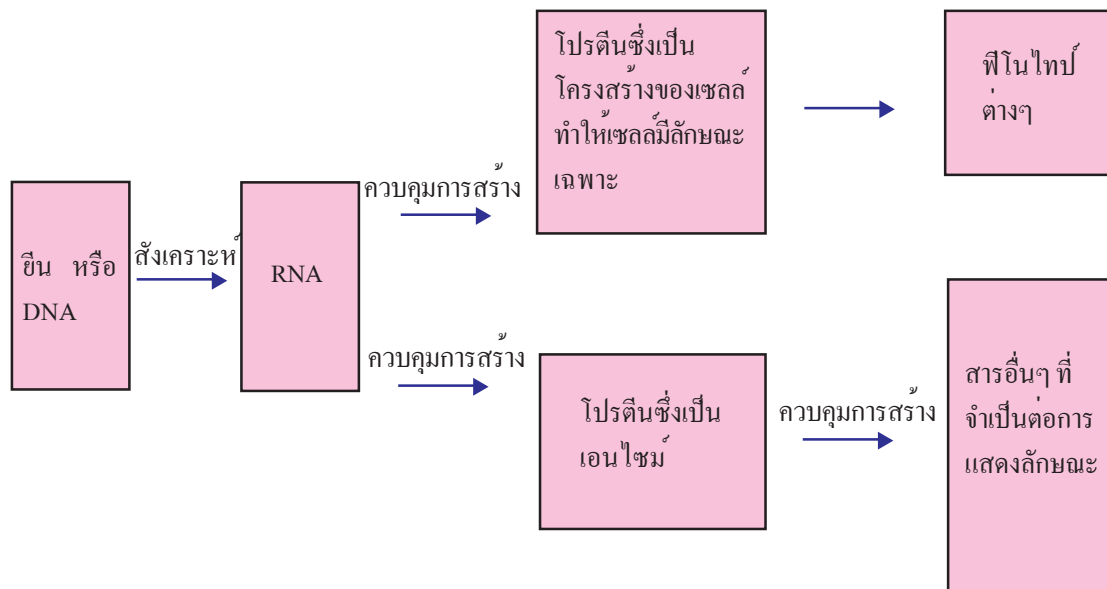
นิวเคลียส ส่วนการแปลรหัสเกิดในไซโทพลาซึม

ครูนำภาพที่ 17-21 จากหนังสือเรียนหรือจากแผ่นภาพโปร่งใสให้นักเรียนสรุปขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น

จากนั้นครูนำอภิปรายเพิ่มเติมว่า การสังเคราะห์โปรตีนบนสาย mRNA สังเคราะห์พร้อมกันหลายสายได้หรือไม่ จากนั้นให้นักเรียน ศึกษาภาพที่ 17-21 ซึ่งแสดงการสังเคราะห์โปรตีนหลายๆสายพร้อมกัน โดยไรโบโซมจะมาเกาะจับกับ mRNA ได้หลายๆ ไรโบโซม mRNA ลักษณะนี้เรียกว่าพอลิไรโบโซมหรือพอลิโซม

จากนั้นครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วว่า DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นเหล่านี้ไปทำหน้าที่อะไรบ้าง ซึ่งนักเรียนควรจะนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการตอบได้หลากหลาย เช่น โปรตีนฮีโมโกลบินช่วยขนส่งออกซิเจน แอ็กตินและไมโอซินในกล้ามเนื้อช่วยในการเคลื่อนที่ คอลลาเจนและเคอราทินเป็นโปรตีนในผิวหนัง ขน เอนไซม์ ฮอร์โมนต่างๆ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดลักษณะต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า DNA สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมโดยควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 17.3

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนักเรียนจะเห็นได้ว่า DNA เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ซึ่ง DNA เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต แล้วถ่ายทอดให้กับ RNA จากนั้นมีการแปลรหัสจาก RNA เป็นกรดอะมิโน ในที่สุดจะได้โปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้าง โปรตีนที่เป็นเอนไซม์หรืออื่นๆ ภายในเซลล์ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ ปรากฏให้เห็นได้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนผังดังนี้



ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

- ถ้าโคดอนของ mRNA โมเลกุลหนึ่งมีลำดับเบสดังนี้

5' _____ 3'
A U G C A C G G G U A U A U C U A A

จงบอกลำดับเบสของแอนติโคดอนและลำดับกรดอะมิโนในสายพอลินิวคลีโอไทด์

- ✎ ลำดับเบสของแอนติโคดอน คือ

3' _____ 5'
U A C G U G C C C A U A U A G A U U

ลำดับของกรดอะมิโนในสายพอลินิวคลีโอไทด์ คือ Met His Gly Try Ile Stop

- พอลิเพปไทด์สายหนึ่งมีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Met Pro Lys Val จงบอกลำดับเบสที่อาจเป็นไปได้ของ mRNA

- ✎ AUG CCA AAA GUG

- จากภาพที่ 17-20 เป็นพอลิไรโบโซมของโพรคาริโอตหรือยูคาริโอต
โพรคาริโอต

กิจกรรมที่ 17.1 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. ระบุส่วนประกอบของ DNA
2. นำความรู้เรื่องการถอดรหัสและการแปลรหัสมาแก้ไขโจทย์ปัญหาที่กำหนด

แนวการตอบกิจกรรมที่ 17.3

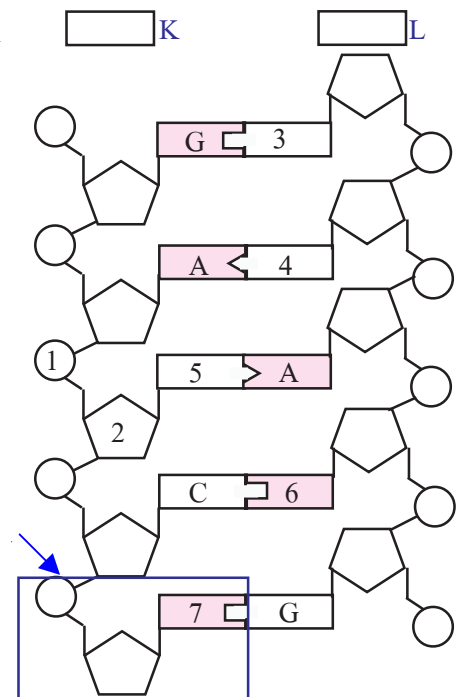
1. จงศึกษาภาพแสดงโครงสร้างของ DNA แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- ก. หมายเลข 1 - 7 เป็นส่วนประกอบส่วนใดของ DNA

- ✎ หมายเลข 1 คือ หมู่ฟอสเฟต
- หมายเลข 2 คือ น้ำตาลเพนโทส
- หมายเลข 3 คือ เบสไซโทซีน
- หมายเลข 4 คือ เบสไทมีน
- หมายเลข 5 คือ เบสไทมีน
- หมายเลข 6 คือ เบสกวานีน
- หมายเลข 7 คือ เบสไซโทซีน

- ข. กรอบที่มีลูกศรชี้คืออะไร

- ✎ กรอบที่มีลูกศรชี้คือ 1 นิวคลีโอไทด์



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูในระยแรก
ยืนและใครไม่ยอม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ค. ปลาย 2 ด้านของ DNA แต่ละสายในกรอบ K L M และ N เป็นปลาย 3' หรือ 5'

✎ K คือปลาย 5'

L คือปลาย 3'

M คือปลาย 3'

N คือปลาย 5'

2. mRNA ที่ถอดรหัสจาก DNA มีลำดับเบสเป็น 5' UAU CGC ACC UCA GAC UAG 3' จากข้อมูลนี้จึงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ลำดับเบสของสาย DNA แม่พิมพ์เป็นอย่างไร

✎ ลำดับเบสของสาย DNA แม่พิมพ์มีลำดับดังนี้ 5' ATA GCG TGG AGT CTG ATC 3'

ข. พอลิเพปไทด์สายนี้มีลำดับของกรดอะมิโนเป็นอย่างไร โดยใช้รหัสพันธุกรรมจากตารางที่ 17.5

✎ Tyr Arg Thr Ser Asp รหัสหยุด

3. กำหนดให้ส่วนหนึ่งของพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งของ DNA เป็นสายแม่พิมพ์โดย AUG เป็นรหัสเริ่มต้นในการสังเคราะห์โปรตีนจากตารางที่กำหนดให้ จงเติมข้อมูลต่อไปนี้ลงในตาราง ได้แก่ โคดอนของ mRNA แอนติโคดอนของ tRNA ชนิดของกรดอะมิโน และสายพอลินิวคลีโอไทด์

	กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน							
DNA แม่พิมพ์	TAC	CTT	AAG	GGA	TTA	TCT	ATG	ATC
โคดอนของ mRNA	AUG	GAA	UUC	CCA	AAU	UGU	UAC	UAG
แอนติโคดอนของ tRNA	UAC	CUU	AAG	GGU	UUA	ACA	AUG	AUG
กรดอะมิโน	Met	Glu	Phe	Pro	Asn	Arg	Tyr	-
พอลิเพปไทด์	Met-Glu-Phe-Pro-Asn-Gly-Arg-Tyr-							

17.7 มิวเทชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

- อธิบายความหมายของมิวเทชัน
- สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน
- สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันในระดับโครโมโซม

แนวการจัดการเรียนรู้

การนำเสนอหัวข้อนี้ ครูอาจนำภาพเปรียบเทียบคนผิวปกติและผิวเผือก แผลงหวีตาสีแดง และ ตาสีขาว หรือจากหนังสือพิมพ์ไปให้นักเรียนอ่านร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ผิดปกติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

จากปกติ เช่น ลักษณะผิวเผือกในคน หรือตาสีขาวในแมลงหื่นและการถ่ายทอดลักษณะที่ผิดปกตินี้ไปยังลูกหลาน เพื่อให้ นักเรียนสรุปได้ว่า ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ DNA และโครโมโซม เรียกลักษณะนี้ว่า มิวเทชัน หรือการกลาย

ครูทบทวนการศึกษาของวี เอ็ม อินแกรม ที่ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของฮีโมโกลบินที่ผิดปกติ โดยการเปรียบเทียบกับฮีโมโกลบินของคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ โดยใช้ภาพที่ 17-16 อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเห็นว่าลำดับกรดอะมิโนในสายพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินของคนปกติเป็นกรดกลูตามิก ส่วนคนที่ที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์เป็นวาลีน

จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นว่า กรดกลูตามิกในสายพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นวาลีนได้อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 17-23

จากภาพที่ 17-24 นักเรียนควรสรุปได้ว่า การที่กรดกลูตามิกเปลี่ยนแปลงไปอาจจะเป็นความผิดพลาดของ DNA จำลองตัวเอง ทำให้เบส T มาจับกับเบส G และเมื่อเกิดการจำลองตัวเองอีกครั้งหนึ่งเบส A จับกับเบส T ดังนั้นเมื่อ DNA ที่สังเคราะห์มาได้ถ่ายทอดรหัสให้ mRNA การแปลรหัสจาก mRNA จึงได้กรดอะมิโนที่แตกต่างไปจากเดิม

จากนั้นจึงให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้

สาเหตุของการเกิดมิวเทชันในระดับยีนมีอะไรบ้าง

มิวเทชันเฉพาะที่ แบบการแทนที่เบสและเฟรมชิฟท์มิวเทชัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง DNA และมีผลต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันอย่างไร

การเกิดมิวเทชันจะเกิดผลไปถึงลูกหลานหรือไม่อย่างไร

จากการสืบค้นนักเรียนควรจะสามารถบอกได้ว่า สาเหตุของการเกิดมิวเทชันในระดับยีน ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต สารเคมีบางอย่างเช่น สารอะฟลาทอกซิน มีผลทำให้ DNA หรือยีนเปลี่ยนแปลงไปได้หลายลักษณะ เช่น เบสขาดหายไป เบสมีจำนวนเพิ่มขึ้น เบสเปลี่ยนเป็นชนิดอื่น และจะเกิดผลต่อลูกหลาน ถ้าเมื่อ บริเวณที่เกิดมิวเทชันนั้นสามารถนำไปขยายพันธุ์และได้รุ่นต่อไปได้ เช่น เกิดขึ้นในเซลล์สืบพันธุ์ หรือเกิดที่กิ่งของพืชที่รากที่จะไปนำไขขยายพันธุ์เพิ่ม

มิวเทชันระดับยีนหรือมิวเทชันเฉพาะที่ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของเบส ลำดับและจำนวนของเบสของ DNA มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม มิวเทชันเฉพาะที่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การแทนที่เบสและเฟรมชิฟท์ ดังภาพที่ 17-24 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ตามตารางดังนี้

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

การแทนที่เบส	เฟรมชิฟท์มิวเทชัน
<ol style="list-style-type: none"> 1. มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่เบสในสายพอลิ นิวคลีโอไทด์ของ DNA เช่น A-T ถูกแทนที่ด้วย G-C 2. มีผลทำให้เปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณรหัส พันธุกรรม ไม่ทำให้รหัสพันธุกรรมอื่นๆ เปลี่ยนแปลง 3. อาจมีหรือไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต คือ ถ้าเกิดการแทนที่เบสในรหัสพันธุกรรมรหัส เดียวกันมีการเปลี่ยนแปลงเบส แต่อาจไม่เปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน จึงไม่มีผลต่อลักษณะ พันธุกรรม แต่ถ้าทำให้เปลี่ยนแปลงกรด อะมิโน โปรตีนจะเปลี่ยนไปก็จะมีผลต่อการ แสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น โรคโลหิตจาง ชนิดซิกเคิลเซลล์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีการเพิ่มหรือการขาดหายของนิวคลีโอไทด์ 1 หรือมากกว่าในสายพอลิ นิวคลีโอไทด์ของ DNA 2. มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม ลำดับและชนิดของกรดอะมิโนหลังจาก ตำแหน่งนี้ไปจะเปลี่ยนไปด้วย 3. สมบัติของพอลิ นิวคลีโอไทด์หรือโปรตีนที่ได้ จากการสังเคราะห์โปรตีนจะแตกต่างไปจาก ปกติ จะมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต

ครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่ามิวเทชันเกิดขึ้นได้ทั้งเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้เมื่อมิวเทชันเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ แต่ถ้ามิวเทชันเกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกายที่จะพัฒนาให้เกิดการสืบพันธุ์ได้ เช่น มิวเทชันที่เกิดกับตาข้างที่จะเจริญไปเป็นกิ้งซึ่งมีลักษณะต่างไปจากเดิม เมื่อขยายพันธุ์โดยการปักชำหรือการตอนก็จะได้นต้นที่มีลักษณะต่างไปจากต้นเดิมเช่นนี้ก็จะถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ปัจจุบันมิวเทชันที่เกิดจากการชักนำโดยมนุษย์จะทำให้เกิดมิวเทชันในอัตราที่สูงกว่าที่เกิดโดยธรรมชาติมาก สิ่งที่ทำให้เกิดมิวเทชัน เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์หรือมิวทาเจน ได้แก่ รังสี ความร้อน สารเคมี ฯลฯ

ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งก่อกลายพันธุ์ที่เป็นสารก่อมะเร็ง ที่ทำให้เกิดมิวเทชันกับเซลล์ร่างกาย ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดมะเร็ง โดยให้พิจารณาจากสิ่งรอบตัวจากการอุปโลก บริโภคของนักเรียนเอง สิ่งก่อมะเร็งที่นักเรียนยกตัวอย่าง ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นว่ามีรายงาน หรือพิสูจน์แล้วว่าเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็ง แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียนและจัดป้ายนิเทศ

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับมิวเทชันระดับโครโมโซม ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของโครโมโซม มีสาเหตุมาจากความผิดปกติในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส รังสีต่างๆ หรือสารเคมี จึงทำให้เกิดเซลล์สืบพันธุ์ที่ผิดปกติ เกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป บางส่วนของโครโมโซมเกินมาจากปกติ บางส่วนของโครโมโซมที่ขาดไปกลับมาต่อใหม่แต่ต่อกลับกัน การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมต่างคู่กันจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม ทำให้จำนวนของเบสและลำดับของเบสเปลี่ยนไป

ไซเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ซึ่งทำให้รหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนเปลี่ยนไป มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟีโนไทป์ เกิดโรคต่างๆ เช่น กลุ่มอาการครีดูชาต์

2. การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนโครโมโซม มีสาเหตุมาจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ คือเกิดปรากฏการณ์ nondisjunction ซึ่งสอโมโลกัสโครโมโซมไม่แยกจากกันขณะแบ่งเซลล์ มีผลทำให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นแท่ง ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งอโอโทโซมและโครโมโซมเพศ ความผิดปกติที่เกิดกับอโอโทโซม ทำให้เกิดโรคกลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ซินโดรม ฯลฯ นอกจากนี้จำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นชุด เรียกว่า พอลิพลอยด์ มักพบในพืชจะมีประโยชน์มาก แต่หากเกิดกับสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มักจะเกิดผลเสีย มากกว่าผลดี

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบคำถาม ดังนี้

- จากภาพที่ 17-23 การเปลี่ยนแปลงของเบสใน DNA เป็นอย่างไร
- ✎ ในการจำลอง DNA ครั้งแรก มีการจับคู่ของเบสผิคู่ เบส G ควรจะจับคู่กับเบส C แต่ไปจับคู่กับเบส T แทน และเมื่อสายพอลิเพปไทด์ที่มีเบส T นี้ไปสร้าง พอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ เบส T ก็จะจับคู่กับเบส A ดังนั้นลำดับของเบสในสาย DNA จะเปลี่ยนแปลงไป
- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ DNA อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร
- ✎ ถ้า DNA สายที่เกิดมิวเทชันไปเป็นแม่พิมพ์ในการสร้าง mRNA ก็จะมีรหัสบนสาย mRNA ในตำแหน่งที่เกิดมิวเทชันเปลี่ยนแปลง การแปลรหัส ในการสังเคราะห์โปรตีนก็จะไม่ได้กรดอะมิโนเหมือนสายปกติ
- ถ้า mRNA ที่มีลำดับเบสเป็น CUU UCU ACA AAA เกิดมิวเทชันเฉพาะที่เป็น UUU UCU ACA AAA จะมีผลอย่างไรต่อการสร้างสายพอลิเพปไทด์และลักษณะของสิ่งมีชีวิต
- ✎ จะมีผลทำให้กรดอะมิโนในบริเวณมิวเทชัน คือ CUU ที่เป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนลิวซีนเปลี่ยนเป็น UUU ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน ทำให้ลำดับของกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไปอาจมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต
- นักเรียนคิดว่าการเกิดมิวเทชันแบบการแทนที่ของคู่เบสทำให้เกิดผลเสียเสมอไปหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ไม่เสมอไป ถ้าการแทนที่คู่เบสนั้นเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกัน
- ถ้าเกิดการเพิ่มขึ้น หรือขาดหายไปของบริเวณที่เป็นโคดอน 3 นิวคลีโอไทด์ จะเกิดความผิดปกติอย่างไร
- ✎ ชนิดของกรดอะมิโนในบริเวณดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเกิดลักษณะเช่นนี้ 1-2 นิวคลีโอไทด์ มักจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของพอลิเพปไทด์
- เราสามารถสังเกตมิวเทชันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้หรือไม่
- ✎ ไม่ได้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ภาพที่ 17-26

- จากคาร์ิโอไทป์ของกลุ่มอาการครีดูชาต์ โรคนี้เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด และจำนวนโครโมโซมเปลี่ยนแปลงหรือไม่
- ✎ คู่ที่ 5 แขนขวาสั้น ขาดหายไปทั้งสองแขน จำนวนโครโมโซมไม่เปลี่ยนแปลง
- การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมมีผลต่อจำนวนและตำแหน่งของยีนอย่างไร
- ✎ อาจทำให้จำนวนของยีนเปลี่ยนไป คือ ถ้าชิ้นโครโมโซมขาดหาย จำนวนจะลดลง แต่ถ้าโครโมโซมมีชิ้นเกินมา จะทำให้จำนวนยีนเพิ่มขึ้น

จากภาพที่ 17-27

- กลุ่มอาการครีดูชาต์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมเป็นแบบใด
- ✎ บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป
- ความผิดปกติของโครงสร้างโครโมโซม จะมีผลต่อยีนที่อยู่บนโครโมโซมอย่างไร
- ✎ ยีนอยู่บนโครโมโซม เมื่อชิ้นส่วนโครโมโซมขาดหาย ยีนก็จะหายไปด้วย

จากภาพที่ 17-28

- จากคาร์ิโอไทป์ของกลุ่มอาการดาวน์ โรคนี้เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด เกิดกับโครโมโซมชนิดใด และโครโมโซมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ✎ เกิดกับโครโมโซมร่างกายคู่ที่ 21 โครโมโซมเกินมา 1 โครโมโซม

จากภาพที่ 17-29

- จากภาพที่ 17-29 จำนวนโครโมโซมเพศขาดหรือเกินจากปกติได้อย่างไร
- ✎ เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ อาจเกิดจากการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส I หรือไมโอซิส II
- ถ้าพ่อสร้างสเปิร์มที่มีโครโมโซม XY ผสมกับเซลล์ไข่ที่มีโครโมโซม X ลูกจะมีโครโมโซมเพศเป็นอย่างไรและเกิดเป็นเพศใด
- ✎ โครโมโซมเพศของลูกเป็น XXY เป็นเพศชาย
- เพราะเหตุใดพืชที่เป็นพอลิพลอยด์เลขจีจึงมักเป็นหมัน
- ✎ ในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในระยะเมทาเฟส I จะมีโครโมโซมบางโครโมโซมไม่มีสอมอโลกัสโครโมโซมมาเข้าคู่กัน จึงมีปัญหาในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนและโครโมโซมเกี่ยวข้องกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างไร
- ✎ บางลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน ลำดับของยีน หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม อาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่รอด ลักษณะที่เกิดมิวเทชันถ้ามีการถ่ายทอดและถูกคัดเลือกไว้ในธรรมชาติ และสะสมไว้ในยีนพูล อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ได้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ครูอาจตั้งประเด็น เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ขาดหายไป มีขนาดยาวหรือขนาดสั้นจะมีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของยีนที่อยู่บนโครโมโซม นักเรียนควรนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาเรื่องมิวเทชันมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ว่าถ้าชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ขาดหาย มีขนาดยาวและมียีนไม่สำคัญก็จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตไม่รุนแรงมาก ถ้าชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ขาดหาย มีขนาดสั้น แต่มียีนที่สำคัญก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรงจนไม่สามารถอยู่รอดได้

**ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ
กิจกรรมท้ายบทที่ 17**

1. จงวิเคราะห์หาปริมาณเบสของโมเลกุล DNA ที่มีสองสายในข้อใดถูก

1. $A+C = T+G$

2. $A+G = C+T$

3. $A+T = G+C$

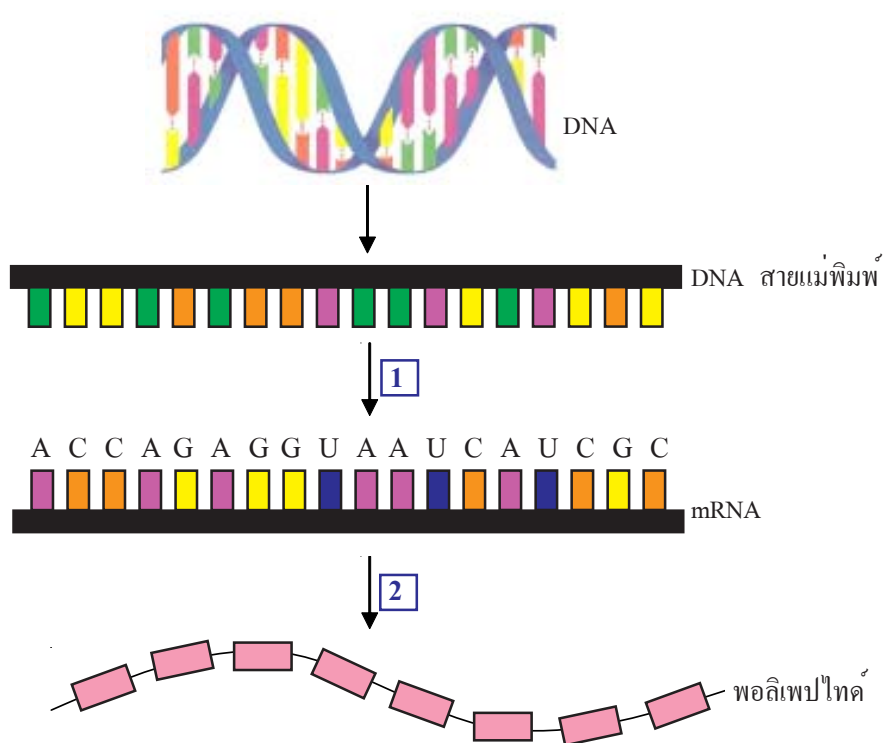
4. $A/G = C/T$

5. $A/G = T/C$

6. $(A+G)/T = 1$

✎ ข้อ 1 2 และ 5 ถูก

2. ศึกษาแผนภาพการสังเคราะห์โปรตีนของยูคาริโอต แล้วตอบคำถาม



2.1 ลูกศรหมายเลข 1 และ 2 เป็นกระบวนการอะไร

✎ หมายเลข 1 คือ ทรานสคริปชัน

หมายเลข 2 คือ ทรานสเลชัน

2.2 ลำดับเบสของ DNA สายที่เป็นคู่ของสายแม่พิมพ์

✎ ACC AGA GGT AAT CAT CGC

2.3 สายพอลิเพปไทด์ที่สังเคราะห์ได้มีลำดับของกรดอะมิโนเป็นอย่างไร

✎ Thr - Arg - Gly - Asn - His - Arg

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

3. จงเปรียบเทียบกระบวนการทรานสคริปชัน และการทรานสเลชันของการสังเคราะห์โปรตีนในสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอตและยูคาริโอต



กระบวนการ	โพรคาริโอต	ยูคาริโอต
ทรานสคริปชัน	เกิดในไซโทพลาซึม	เกิดในนิวเคลียส
ทรานสเลชัน	- เกิดในไซโทพลาซึม - mRNA มีไรโบโซมหลายโมเลกุลมาจับ มีผลทำให้สังเคราะห์พอลิเปปไทด์ได้หลายสาย	- เกิดในนิวเคลียส - mRNA มีไรโบโซม 1 โมเลกุลมาจับ ทำให้สังเคราะห์พอลิเปปไทด์ได้สายเดียว

4. การเกิดอนคิสจังก์ชัน มีผลต่อการอยู่รอดของไซโกตอย่างไร



การเกิดอนคิสจังก์ชันที่มีผลทำให้ไซโกตมีโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไป ถ้าไซโกตมีโครโมโซมเพิ่มมาจากปกติจะมีโอกาสอยู่รอด แต่ถ้าไซโกตมีโครโมโซมขาดหายไป 1 หรือมากกว่า 1 โครโมโซม ส่วนใหญ่มักจะไม่วอด

5. จงให้เหตุผลเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ แบบการแทนที่คู่เบส และการเกิดเฟรมชิฟท์ มิวเทชันว่ามีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร



การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่คู่เบส เกิดจากการแทนที่คู่เบส 1 นิวคลีโอไทด์ มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลง 1 รหัสพันธุกรรม หรือไม่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น รหัส UAC เป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดไทโรซีน ถ้าเปลี่ยนเป็น CAC ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดฮิสทีดีน ทำให้สายพอลิเปปไทด์มีชนิดของกรดอะมิโนเปลี่ยน จะมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต ถ้า UAC เปลี่ยนเป็น UAU จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกันคือ ไทโรซีน พอลิเปปไทด์ก็ยังมีลำดับกรดอะมิโนเหมือนเดิม ไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต ถ้า UAC เปลี่ยนเป็น UAG จะเป็นรหัสหยุด ทำให้สายพอลิเปปไทด์สั้นลง อาจทำให้รูปร่างและการทำงานของพอลิเปปไทด์เปลี่ยน

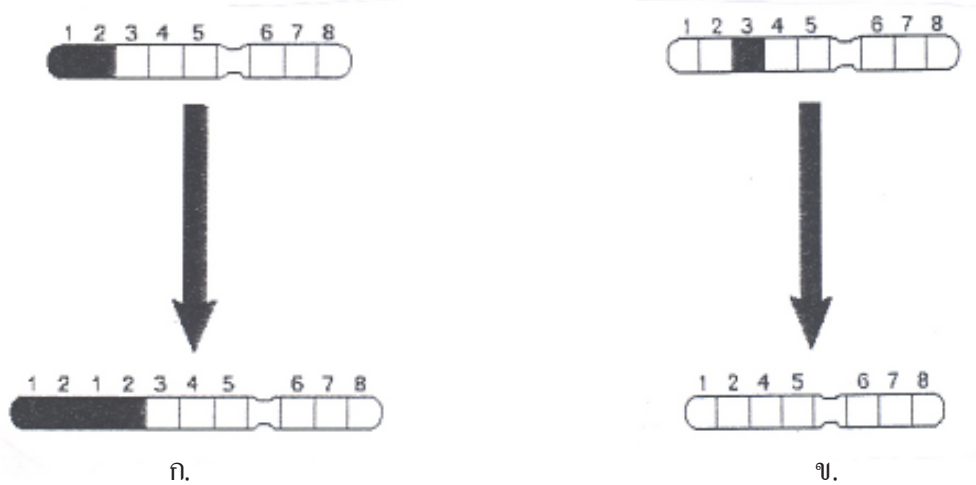
มิวเทชันแบบเฟรมชิฟท์ เกิดจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์บริเวณที่เป็นรหัสพันธุกรรม 1-3 นิวคลีโอไทด์ มีผลทำให้ลำดับและชนิดของกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์เปลี่ยนไปตั้งแต่กรดอะมิโนในตำแหน่งที่มีการเพิ่มหรือขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์เป็นต้นไป โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและไม่สามารถทำงานได้ จึงมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

**เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม**

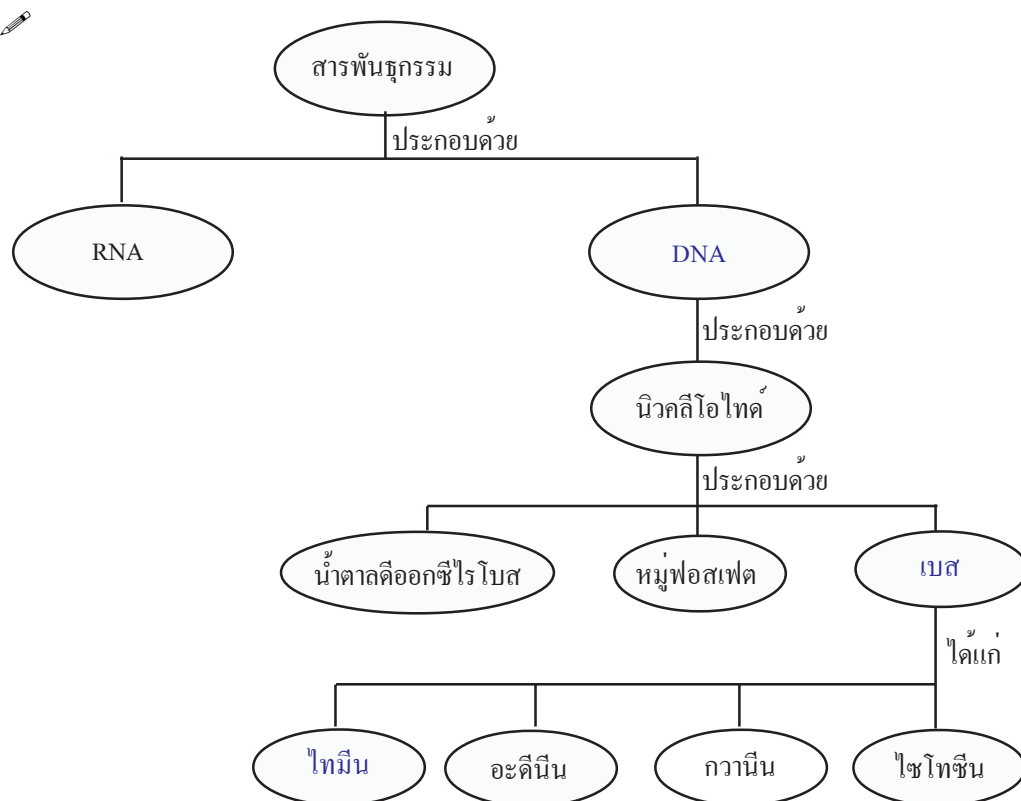
ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

6. ภาพ ก. และภาพ ข. แสดงการเกิดมิวเทชัน นักเรียนจงอธิบายว่าการเกิดมิวเทชันในภาพ ก. และภาพ ข. เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



- มิวเทชันในภาพ ก และ ภาพ ข เหมือนกันที่เป็นมิวเทชันที่เกิดจากโครงสร้างของโครโมโซมผิดปกติ แตกต่างกันที่มิวเทชัน ในภาพ ก เกิดจากชิ้นส่วนของโครโมโซมเกินมาจากปกติ ทำให้ได้ชิ้นเพิ่มขึ้น ชิ้นส่วนที่เกินมาอาจมาจากโครโมโซมคู่เดียวกันหรือต่างคู่กัน ส่วนมิวเทชันในภาพ ข เกิดจากชิ้นส่วนของโครโมโซมขาดหายไป ทำให้จำนวนยีนลดลง ถ้ายีนนั้นสำคัญ ก็จะมีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตอาจถึงเสียชีวิต

7. จงเติมข้อความในแผนภาพให้สมบูรณ์



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก
ยีนและโครโมโซม

เอกสารประกอบการค้นคว้า

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. **หลักพันธุศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 2546.

Biggs, A., Kapicka, C. and Lundgren, L. **Biology The Dynamics of Life**. Teacher Wraparound edition. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 1998.

Campbell, N. A. and Reece, J. B. **Biology**. 6th ed. Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. California. 2002.

Freeman, S. **Biological Science**. Prentice-Hall, Inc. United States of America. 2002.

Hartwell, L. and etc. **Genetics**. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 2000.

Lewis, R. **Human Genetics**. 5th ed. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 2003.

Postlethwait, J. H. and Hopson, J. H. **The Nature of Life**. 3rd ed. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 1995.

Sarr, C. and Taggart, R. **Cell Biology and Genetics**. Von Hoffmann Press. United States of America. 2001.

เว็บไซต์