



คำชี้แจงเกี่ยวกับการใช้ชุดกิจกรรม



ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก (Graphic organizers) เรื่องยีนและโครโมโซม รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 4 รหัสวิชา ว32244 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จัดทำขึ้นโดยจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอน โดยมีเนื้อหาสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ พัฒนาการคิดระดับสูง ด้วยการปฏิบัติกิจกรรมที่มีกลวิธีกระตุ้น ท้าทายให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนร่วมกันวางแผน ลงมือปฏิบัติจริง และทำความเข้าใจ ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและสนุกกับการเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีทั้งหมด 8 ชุด แต่ละชุดกิจกรรมประกอบไปด้วย



คำแนะนำสำหรับครูและนักเรียน



คำชี้แจงสำหรับนักเรียน



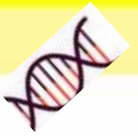
กิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation)



แบบทดสอบหลังเรียน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก คงจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาเรื่องยีนและโครโมโซมต่อไป

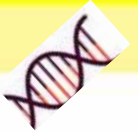




คำแนะนำสำหรับนักเรียน

เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้มีความสามารถและพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ ผู้เรียนควรรู้และเข้าใจในขั้นตอนหรือกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติตนได้อย่างดี

- 1) รับฟังคำชี้แจงจากครูผู้สอนเกี่ยวกับการปฏิบัติตนในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเฉพาะชั่วโมงการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถอย่างเต็มที่
- 2) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนควรปฏิบัติดังนี้
 - 🧬 **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ผู้เรียนควรมีความสนใจอยากรู้ อยากเห็น และสามารถกำหนดประเด็นที่ต้องการจะศึกษาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบต่อไป
 - 🧬 **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ผู้เรียนต้องร่วมกันตรวจสอบปัญหาวางแผนการสำรวจตรวจสอบ หรือทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ศึกษาใบกิจกรรมและวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมปฏิบัติและบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม
 - 🧬 **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ผู้เรียนนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมและอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผลและนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง วาดรูป ตาราง กราฟ และผังกราฟิก เป็นต้น
 - 🧬 **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ศึกษาใบความรู้เพิ่มเติมและร่วมกันอภิปรายไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
 - 🧬 **ขั้นประเมิน (Evaluation)** ผู้เรียนจะได้รับการประเมินผลจากกระบวนการที่หลากหลาย ทั้งนี้จะเป็นการประเมินตามสภาพจริง ขอให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่างๆ อย่างเต็มศักยภาพ
- 3) ในการทำกิจกรรมกลุ่ม ผู้เรียนทุกคนควรรู้บทบาทและหน้าที่ของตน จัดแบ่งภาระงาน และหน้าที่ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรม ให้ดำเนินไปตามขั้นตอนของใบกิจกรรมนั้นๆ
- 4) หลังจากจบการเรียนรู้ชุดกิจกรรมนี้ ผู้เรียนต้องทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้จากแบบทดสอบหลังเรียนประจำชุดกิจกรรม



แผนผังแสดงขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้



อ่านคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้



ศึกษาชุดกิจกรรมตามคำชี้แจงในบัตรกิจกรรม 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย

- ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ทำกิจกรรมสร้างความสนใจ
- ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ศึกษาใบกิจกรรมและวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมปฏิบัติและบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม
- ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมและอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน
- ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ศึกษาใบความรู้เพิ่มเติมและร่วมกันอภิปรายไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
- ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ทำกิจกรรม อภิปราย สรุป ประเมินการทำงาน



ตรวจคำตอบ บัตรกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน
จากบัตรเฉลยในภาคผนวก



การประเมิน

ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน



ศึกษาชุดกิจกรรมชุดที่ 6 ต่อไป



ผ่านเกณฑ์



มาตรฐานการเรียนรู้


เมื่อศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก (Graphic organizers) ชุดที่ 5 เรื่องโครงสร้างของ DNA นักเรียนสามารถบรรลุตาม วัตถุประสงค์ดังนี้


สาระการเรียนรู้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

 **มาตรฐาน ๑ 1.2** เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยี ชีวภาพ ที่มีผลกระทบต่อ มนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และ จิตวิทยาศาสตร์ ลือสาร สิ่งทีเรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

 **มาตรฐาน ๑ 8.1** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลา นั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน



สาระสำคัญ

สาระสำคัญ

DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายบิดเป็นเกลียวเวียนขวาแต่ละสายเกิดจากนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาว นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟตและไนโตรจีนัสเบส 4 ชนิด ได้แก่ อะดีนีน กวานีน ไทมิน และไซโทซีน โดย DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) อธิบายได้ว่า DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ (K)
- 2) สรุปผลผลการศึกษานักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับส่วนประกอบทางเคมีและโครงสร้างของ DNA (K)
- 3) สะท้อนสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA (K)
- 4) สกัด DNA ได้ด้วยเทคนิคอย่างง่ายจากวัสดุชีววิทยาในครัวเรือน (P)
- 5) สืบค้นความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง DNA (P)
- 6) สืบค้นความรู้เกี่ยวกับการศึกษาโครงสร้างของ DNA ของนักวิทยาศาสตร์ (P)
- 7) ตระหนักถึงความสำคัญของลักษณะโครงสร้างของ DNA กับการศึกษาด้านพันธุศาสตร์ (A)
- 8) มีจิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ รับผิดชอบ เอาใจใส่ทำงานเสร็จตามเวลา มีน้ำใจ รู้จักแบ่งปัน ใจกว้าง มีเหตุผล ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (A)



ชุดกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.1 อ่านทำความเข้าใจ

บัตรคำสั่ง

- 1) ให้นักเรียนแต่ละคนอ่านเนื้อหาที่กำหนดให้
- 2) นักเรียนขีดเส้นใต้ข้อความหรือคำต่อไปนี้ด้วยปากกาสีตามที่กำหนดให้
 - ขีดเส้นใต้ใจความสำคัญของกฎชาร์กาฟฟ์ ด้วยปากกาสีน้ำเงิน
 - วงกลมชื่อเบสที่มีอัตราส่วนใกล้เคียงกับเบส A ด้วยปากกาสีน้ำเงิน
 - วงกลมชื่อเบสที่มีอัตราส่วนใกล้เคียงกับเบส C ด้วยปากกาสีน้ำแดง
 - ขีดเส้นใต้แรงยึดระหว่างคู่เบส A กับ T และ G กับ C ที่มี
ความแข็งแรงมากกว่ากันด้วยปากกาสีดำ
- 3) ให้ตัวแทนนักเรียน 1-2 คนนำเสนอผลการทำกิจกรรม



ใช้เวลา 10 นาที



บัตรกิจกรรมที่ 5.1 อ่านทำความเข้าใจ



จากคำถามเพิ่มเติมว่า “ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกันน่าจะขึ้นอยู่กัอะไร” คนที่พิสูจน์ให้ทราบคำตอบดังกล่าวคือ ชาร์กอฟฟ์ จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์ พิสูจน์ให้เห็นว่า "ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ A+T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส C+G" ดังตาราง

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A:T	G:C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
ผึ้ง	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
เม่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
กน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์แสดงให้เห็นว่าในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดปริมาณของเบส 4 ชนิดจะแตกต่างกันแต่จะมีปริมาณของเบส A ใกล้เคียงกับ T และเบส C ใกล้เคียงกับ G เสมอเรียกว่า กฎของชาร์กอฟฟ์ (Chargaff's Rule) และสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราส่วนระหว่างเบส A:T และอัตราส่วนระหว่างเบส G:C คงที่เสมอจากอัตราส่วนของเบสดังกล่าวอาจเป็นไปได้ว่าเบส A จับคู่กับ T และเบส G จับคู่กับ C จากอัตราส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่า DNA จะต้องมีการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่ทำให้จำนวนของชนิด A เท่ากับ T และชนิด C เท่ากับ G เสมอไป



บัตรกิจกรรม กิจกรรมที่ 5.2 สกัด DNA อย่างง่าย



บัตรคำสั่ง

- 1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมตามบัตรกิจกรรมที่ 5.2 เรื่อง การสกัด DNA อย่างง่าย
- 2) ออกแบบการทดลองกับคำถามหรือเรื่องที่กลุ่มคิดไว้ โดยคำนึงถึงประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้
 - ปัญหาการทดลอง
 - สมมติฐานการทดลอง
 - จำนวน ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลอง
 - ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
 - จะสังเกต ตรวจวัด และบันทึกผลการทดลองอย่างไร
 - ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง
- 3) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้วางแผนไว้



ใช้เวลา 40 นาที



บัตรกิจกรรมที่ 5.2
การสกัด DNA อย่างง่าย



จุดประสงค์กิจกรรม

- 1) สกัด DNA ด้วยเทคนิคอย่างง่ายจากวัสดุชีววิทยาในครัวเรือนได้
- 2) สะท้อนสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA



วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	ปริมาณ/กลุ่ม
1) ผักเช่น คื่นห่าน ตำลึง ถั่วเขียว หอมหัวใหญ่	5 กรัม
2) ผลไม้ เช่น ผลสตรอเบอรี่ องุ่น มะเขือเทศลูกเล็ก เช่น มะเขือเทศสีดา หรือ มะเขือเทศราชินี กล้วย	1 ผล
3) DNA buffer 10 ml (ส่วนผสม: แคมพูสระผสมชนิดใส 50 ml + NaCl 1 g + น้ำ 450 ml)	10 ml
4) เอทานอล 70-95 % แช่เย็น	5 ml
5) เอนไซม์ย่อยโปรตีน (อาจใช้น้ำสับปะรดหรือน้ำยาล้างคอนแทคเลนส์)	3 หยด
6) ถ้วยพลาสติกใสขนาดเล็ก	1 ถ้วย
7) ถุงซิปป (ถุงพลาสติกที่มีที่รัดปิดปากถุง) ขนาด 6X9"	2 ถุง
8) กระบอกตวงขนาด 10 ml	1 อัน
9) หลอดทดสอบขนาดกลาง	4 หลอด
10) ที่วางหลอดทดสอบ	1 อัน
11) ไม้เสียบลูกชิ้น	2 อัน
12) ที่กรอง (ใช้กระชอนขนาดเล็กแทน)	1 อัน
13) หลอดหยด	12 อัน



ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองตอบคำถาม ดังต่อไปนี้

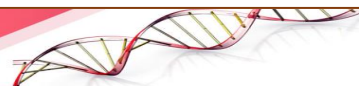
ปัญหาการทดลอง



สมมติฐานการทดลอง



ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม





ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการตารางบันทึกผลการทดลองด้วยวิธี



ตารางบันทึกผลการทดลอง





วิธีการทดลอง



- 1) นำผลสตรอเบอรี่หรือผลไม้ชนิดอื่น เช่น มะเขือเทศสีดา 1 ผล โดยเด็ดเอาก้านและใบออก ใส่ลงในถุงซิปป (ถ้าเป็นผักเลือกใช้แต้ไปซึ่งมาประมาณ 5 กรัมหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ)

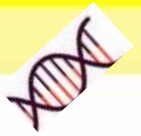


- 2) บดหรือปั่นสตรอเบอรี่ให้แหลกอยู่ภายในถุงซิปปนั้น



- 3) เติมน้ำละลาย DNA Buffer 10 ml ลงไปในถุงผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 1 นาที





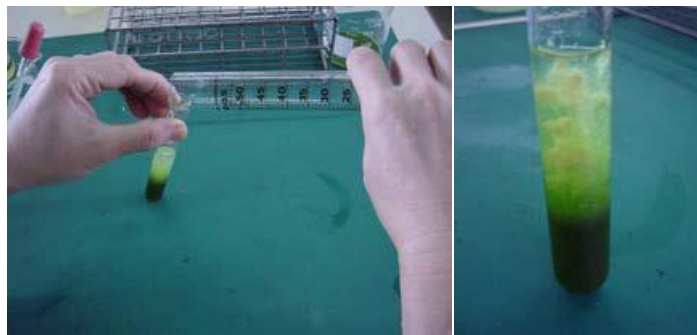
- 4) เทสารผสมลงในที่กรอง กรองเอาแต่ของเหลวไว้ แล้วเทใส่หลอดทดสอบขนาดกลาง ประมาณ $1/3$ ของหลอด



- 5) หยดน้ำคั้นสับประรดลงไปประมาณ 3 หยด คนให้เข้ากัน



- 6) เติมนเอทานอลที่แช่เย็นลงไป 5 ml โดยค่อยๆ เทลงในหลอดอย่างช้าๆ (อาจใช้ไม้เสียบลูกชิ้นคนเบาๆ 1 – ครั้ง ในสารละลายชั้นล่างโดยระวังอย่าให้ของเหลวทั้ง 2 ชั้นผสมกัน) สังเกตดูเยื่อสีขาวลอยขึ้นมาบนชั้นเอทานอล นั่นคือ DNA นั่นเอง





บัตรกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.3 คิดวิเคราะห์ ตอบคำถาม

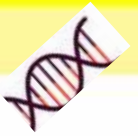


บัตรคำสั่ง

- 1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถาม/อภิปรายผลเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- 2) นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามในบัตรกิจกรรมที่ 5.3 กิจกรรมคิดวิเคราะห์ ตอบคำถาม



ใช้เวลา 20 นาที



บัตรกิจกรรมที่ 5.3
กิจกรรมคิดวิเคราะห์ ตอบคำถาม



คำถามหลังการทดลอง



- 1) หลังได้ลองสกัด DNA จากผลไม้และผักชนิดต่างๆแล้ว ให้ทบทวนและเขียน ขั้นตอนต่างๆ และอธิบายว่าแต่ละขั้นตอนช่วยในการสกัด DNA ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

fppt.com

- 2) สารเคมีต่างๆ ที่ใช้มีส่วนช่วยในการสกัด DNA ออกมาจากเซลล์ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

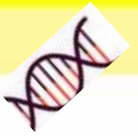
.....

.....

fppt.com



Handwriting practice area with two sets of four horizontal dotted lines for writing. The top set is preceded by a decorative header bar with a DNA double helix illustration on the right. The bottom set is followed by a decorative footer bar with a DNA double helix illustration on the left. A small 'ppt.com' watermark is visible in the center of the page.



บัตรกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.4 สืบค้นข้อมูลขยายความรู้



บัตรคำสั่ง

- 1) ให้นักเรียนศึกษาบัตรความรู้ที่ 5 เรื่องโครงสร้างของ DNA
- 2) ให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามในบัตรกิจกรรมที่ 5.4 กิจกรรมสืบค้นข้อมูลขยายความรู้



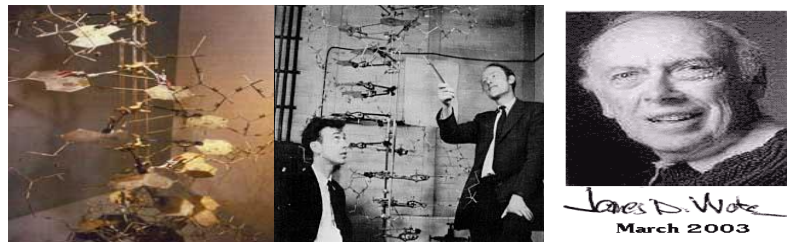
ใช้เวลา 20 นาที



บัตรความรู้ที่ 5

โครงสร้างของ DNA

JAMES D. WATSON และ FRANCIS H. C. CRICK ได้ศึกษาค้นคว้ารวบรวมหลักฐานต่างๆ และสรุปโครงสร้างของ DNA ว่ามีลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 การค้นพบโครงสร้าง DNA

ที่มา: โครงสร้างของ DNA. (ออนไลน์)

เข้าถึงได้จาก: <http://www.il.mahidol.ac.th/course/dna/indexchapter3.html> สืบค้นเมื่อ 2558

1) DNA เป็นพอลิเมอร์ (polymer) ประกอบขึ้นจากหน่วยย่อย (monomer) เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide)

2) โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ หมู่ฟอสเฟต น้ำตาลดีออกซีไรโบสและเบสชนิดใดชนิดหนึ่งใน 4 ชนิด คือ เบสอะดีนีน เบสไทมีน เบสไซโทซีนและเบสกวานีน

3) โดยนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะมีหมู่ฟอสเฟตเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาลและมีเบสเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของน้ำตาล

4) แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวโดยมีการสร้างพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับน้ำตาลของนิวคลีโอไทด์อีกหนึ่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3' (อ่านว่า 3 ไพรม) เกิดเป็นพอลิเมอร์สายยาวเรียกว่าพอลินิวคลีโอไทด์ (polynucleotide) ซึ่งมีปลายด้านหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 5' (อ่านว่า 5 ไพรม) และอีกปลายหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 3'



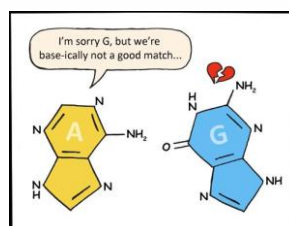
5) ระหว่างนิวคลีโอไทด์ของสายเดียวกันเชื่อมต่อกันด้วยพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟต

6) โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยสายสองสายที่พันกันเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียนโดย DNA แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ที่มีลักษณะบิดเป็นเกลียวไปทางขวาเป็นเกลียวคู่ (right-handed double helix DNA)

7) สายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศทางการโดยปลายข้าง 3' ของสายหนึ่งประกบคู่กับ 5' ของอีกสายหนึ่งเสมอและเบส A ของสายหนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่งเบส C ของสายหนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่งเสมอ โดยที่จะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างกัน ลักษณะเช่นนี้ทำให้ DNA มีรูปร่างคล้ายบันไดเวียนโดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสกับหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันไดและบันไดแต่ละขั้นคือเบส 1 คู่

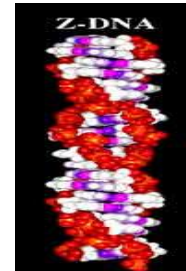
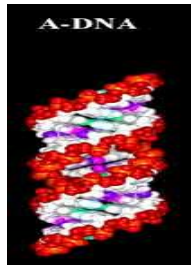
8) แต่ละสายของพอลินิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลายโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันความกว้างของแต่ละพอลินิวคลีโอไทด์ประมาณ 10 อังสตรอม (10 \AA) ดังนั้นโมเลกุลของ DNA จึงมีความกว้าง 20 อังสตรอม (20 \AA)

9) พอลินิวคลีโอไทด์สองสายในโมเลกุลของ DNA นั้นแต่ละสายจะมีทิศทางการจาก 5' ไป 3' ขนานกันแบบตรงกันข้าม (antiparallel) และจะมีการบิดพันรอบกันเป็นเกลียวเวียนขวา โดยในการบิด 1 รอบ จะเป็นระยะทาง 34 อังสตรอม จะประกอบด้วยเบส 10 คู่ แต่ละคู่ที่อยู่เป็นขั้นบันไดห่างกัน 0.34 นาโนเมตร และทำมุม 36 องศา กับเบสคู่ถัดไป การพันเกลียวทำให้เกิดร่อง 2 ขนาด คือร่องขนาดใหญ่ (major groove) และร่องขนาดเล็ก (minor groove) เป็นตำแหน่งเกาะของชีวโมเลกุลหลายชนิด





10) โครงสร้างเกลียวคู่ของ DNA สามารถเกิดได้ถึง 6 แบบ คือแบบ A, B, C, D, E ซึ่งเป็นเกลียวเวียนขวาและแบบ Z ซึ่งเป็นเกลียวเวียนซ้าย DNA ที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตมี 3 แบบ คือแบบ A-DNA, B-DNA และ Z-DNA (รูปที่ 2) แต่ที่พบได้บ่อยคือแบบ B



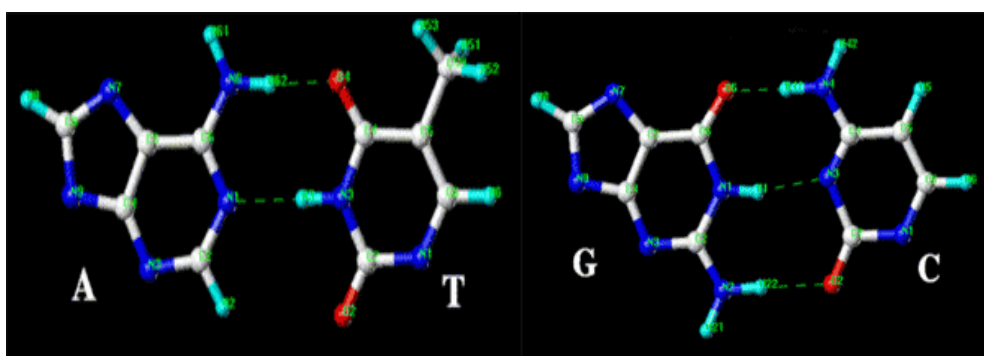
รูปที่ 2 แสดง DNA แบบ A , B และ Z

ที่มา: โครงสร้างของ DNA. (ออนไลน์)

เข้าถึงได้จาก: <http://www.il.mahidol.ac.th/course/dna/indexchapter3.html>

สืบค้นเมื่อ 2558

11) สายทั้งสองสายเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นพันธะที่ไม่มั่นคงนัก ดังนั้นสายทั้งสองของ DNA จึงแยกจากกันได้ง่าย การเกาะกันของสายทั้งสองนี้จะใช้ด้านที่เป็นเบสเกาะกันโดย adenine (A) จับกับ thymine (T) (จับกัน 2 พันธะ) cytosine (C) จับกับ guanine (G) (จับกัน 3 พันธะ) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการจับกันของเบสระหว่างสาย DNA

ที่มา: โครงสร้างของ DNA. (ออนไลน์)

เข้าถึงได้จาก: <http://www.il.mahidol.ac.th/course/dna/indexchapter3.html>

สืบค้นเมื่อ 2558



บัตรกิจกรรมที่ 5.4
กิจกรรม สืบค้นข้อมูลขยายความรู้



คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- 1) โมเลกุลที่เชื่อมระหว่างกลางของโครงสร้างสองข้างของ DNA คือสารใด

.....

- 2) ถ้าเปรียบโมเลกุลของ DNA เป็นบันได ราวบันได และ ขั้นบันไดคือโครงสร้างใดตามลำดับ

.....
.....

- 3) ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่เบส

.....

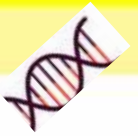
- 4) ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนประกอบของสาย DNA ที่ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายที่เกิดจากนิวคลีโอไทด์ 4 หน่วย (นิวคลีโอไทด์ชนิด A T C G ตามลำดับ) รวมตัวกัน

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

- 5) นำความรู้เรื่องการสกัด DNA ไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง

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





บัตรกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.5 การสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA



บัตรคำสั่ง


- 1) นักเรียนคนเดียว คิดคู่ รวมเป็นกลุ่ม คิดประเด็นคำถามว่า นักเรียนสามารถสรุปโครงสร้างของ DNA ได้อย่างไรจากประจักษ์พยานที่มีอยู่
- 2) ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA ในบัตรกิจกรรมที่ 5.5 กิจกรรมสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA



ใช้เวลา 20 นาที



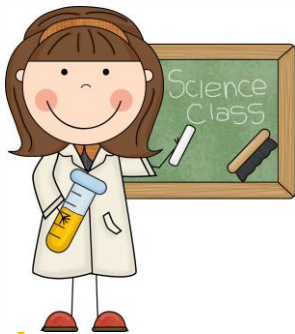
กิจกรรมที่ 5.5
กิจกรรมสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA




ประเด็นคำถาม
นักเรียนสามารถสรุปโครงสร้างของ DNA ได้อย่างไรจากประจักษ์พยานที่มีอยู่

ฉันคิด	คิดคู่	คิดกลุ่ม





บัตรกิจกรรม กิจกรรม 5.6 อ่านบททวนความรู้

บัตรคำสั่ง

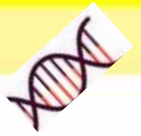


- 1) ให้นักเรียนแต่ละคนอ่านเนื้อหาที่กำหนดให้
- 2) นักเรียนขีดเส้นใต้ข้อความหรือคำต่อไปนี้ด้วยปากกาสีตามที่กำหนดให้
 - ขีดเส้นใต้เบสคู่สม (complementary base pair) ด้วยปากกาสีน้ำเงิน
 - ขีดเส้นใต้ระยะห่างระหว่างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 ด้วยปากกาสีเขียว
 - ขีดเส้นใต้ระยะห่างระหว่างคู่เบสแต่ละคู่ ด้วยปากกาสีแดง
 - ขีดเส้นใต้พันธะที่ยึดระหว่างเบส A กับเบส T และเบส C กับเบส G ด้วยปากกาสีดำ
- 3) ให้ตัวแทนนักเรียน 1-2 คนนำเสนอผลการทำกิจกรรม



ใช้เวลา 5 นาที





บัตรกิจกรรมที่ 5.6 กิจกรรม อ่านทบทวนความรู้



หลังจากวาดเส้นและครีกริสร้างแบบจำลอง DNA โดยให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศกันปลาย 3' ของสายหนึ่งเข้ากับปลาย 5' ของอีกสายหนึ่ง เบส A ของสาย หนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่งและเบส C ของสาย หนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่ง เสมอ จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่า

- 🧬 DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็น เบสคู่สม (complementary base pair) ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนโดยมี เบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G เบส A ยึดกับเบส T ด้วย พันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วย พันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
- 🧬 พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' แต่สวนทางกัน และพันกันบิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกลียวแต่ ละรอบห่างเท่าๆ กัน และมีคู่เบสจำนวนเท่ากัน
- 🧬 เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34°A และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4°A และ พอลิ นิวคลีโอไทด์ 2 สายห่างกัน 20°A

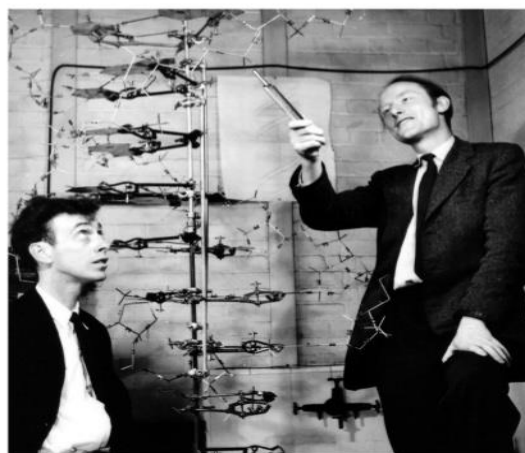


Figure 8.8
Genetics Essentials: Concepts and Connections, First Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company



บัตรกิจกรรม

กิจกรรมที่ 5.7 เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากบทความ

บัตรคำสั่ง

- 1) อ่านความรู้เพิ่มเติม เรื่อง การค้นพบดีเอ็นเอ ชัดเจนได้ข้อความสำคัญในบทความ
- 2) อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และความสำคัญของการค้นพบโครงสร้างโมเลกุลของ DNA
- 3) เขียนอธิบายโครงสร้างของ DNA และวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้จากการอ่านบทความ



ใช้เวลา 15 นาที



บัตรกิจกรรมที่ 5.7
เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากบทความการค้นพบ DNA



ในปี ค.ศ.1958 วัตสัน (Watson) คริก (Crik) และวิลกินส์ (Wilkins) ได้รับรางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ เนื่องจากการค้นพบโครงสร้างโมเลกุลของ DNA เป็นการค้นพบความสำเร็จที่สำคัญมาก วัตสันและคริกได้ระบุไว้ในรายงานการค้นพบโมเลกุล DNA ว่า DNA ไม่เพียงแต่เป็นโมเลกุลที่มีสารพันธุกรรมและรหัสพันธุกรรมของลำดับของเบสในดีเอ็นเอเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการจำลองตัวเอง ซึ่งเป็นการสำเนาข้อมูลพันธุกรรมของเซลล์แม่สู่เซลล์ลูกต่อไปในการแบ่งเซลล์



การค้นพบ DNA

แปลจาก *Discovery of DNA*

เขียนโดย Cindy Hoffner Moss, Ph.D.

ผู้บรรยาย: เจมส์ วัตสัน เป็นเด็กชายช่างคิดช่างสงสัยคนหนึ่งที่เขาเรียนในมหาวิทยาลัยเมื่ออายุ 15 ปี และสำเร็จการศึกษาปริญญาเอกทางพันธุศาสตร์เมื่ออายุ 20 ปี หลังจากนั้นไม่นานเจมส์ได้ร่วมงานทดลองกับฟรานซิส คริก และค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอ ซึ่งทำให้ในปี ค.ศ. 1962 พวกเขาได้รับรางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ และต่อจากนี้ไปเชิญทุกคนร่วมทำงานไปกับวัตสันและคริกในห้องปฏิบัติการของพวกเขา

วัตสัน: เอ้...แม็กซ์ ผมคิดว่าผมอาจค้นพบสิ่งสะท้อนวงการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับรูปทรงของโมเลกุล DNA แล้วละ ผมเริ่มคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ตั้งแต่เมื่อคืนหลังจากที่ผมออกจากฟับและในช่วงเช้าที่ผมอยากจะคุยเรื่องนี้ทั้งหมดกับคุณ หากเห็นว่าผลการทดลองที่ได้สามารถอธิบายแบบมีเหตุผลพอควร

แม็กซ์(ผู้ช่วยวิจัย): ตกลง...เจมส์ ผมขอเวลาสักเล็กน้อยเพื่ออ่านงานของผมให้เรียบร้อยแล้ว ผมจะฟังความคิดของคุณ เอาละ...ว่ามาเลย



วัตสัน: เอาละ...เราได้ทราบจากการทดลองสุดท้ายแล้วว่าตลอดการบิดเป็นเกลียวของ DNA จะมีรูปแบบซ้ำๆ กันในทุกๆ 3.4 อังสตรอม ซึ่งผมคิดว่ามีเพียง 1 รูปทรงที่สามารถเข้ากันได้กับข้อมูลเหล่านี้เราอาจจะได้รับผลการทดลองนั้นได้เลย

ผู้บรรยาย: วัตสันเร่งรีบออกจากห้องปฏิบัติการตรงไปที่ร้านเครื่องมือเพื่อร่างแบบที่อยู่ในความคิดของเขาเนื่องจากเขาได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนของห้องปฏิบัติการให้ลองสร้างแบบจำลอง 3 มิติของ DNA ซึ่งหัวหน้างานวัตสันกังวลมากต่อผลการทดลองจากเขาเพราะนักพันธุศาสตร์ในอเมริกาใกล้จะสรุปโครงสร้างของโมเลกุลแล้วและยังเป็นเรื่องเกี่ยวกับการทดลองที่ขึ้นอยู่กับวัตสันเพราะเขายังเป็นชายหนุ่มที่ชอบการลี้ภัยนอกบ้านทุกคืนกับเพื่อนของเขารวบรวมข้อมูลในห้องปฏิบัติการของเขา แต่อย่างไรก็ตาม วัตสันก็ฉลาดพอที่จะไม่ให้บุคคลเหล่านั้นมารุกรานและในขณะนี้ขอเชิญกลับเข้าสู่ห้องปฏิบัติการได้...

คริก: เฮ้...แม็กซ์ เข้านี้วัตสันไปไหนเสียละ

แม็กซ์: อ้อ...เขามาที่นี่แล้ว แต่ลงไปที่ร้านเครื่องมือเพื่อร่างแบบรูปทรงใหม่เขาเพิ่งจะเริ่มต้นบอกผมเกี่ยวกับเรื่องนี้ แต่คงมีความคิดอื่นแทรกเข้ามา จึงรีบวิ่งออกไปทำทันที เขาดู ตื่นเต้นมากซึ่งเขาอาจจะค้นพบบางสิ่งบางอย่างที่ยิ่งใหญ่มากก็เป็นได้

ผู้บรรยาย: ในขณะนั้นเอง วัตสันวิ่งผ่านประตูออกมา ตามมาด้วยเจ้าหน้าที่เทคนิคหลายท่านทำให้เอกสารและหลอดทดลองหล่นลงสู่พื้นอย่างแรง

วัตสัน: ขอโทษ...ขอโทษที่ พอดีผมต้องรีบไปบอกฟรานซิสเกี่ยวกับเรื่องนี้! ฟรานซิส...ผมคิดว่าผมได้ชิ้นส่วนสุดท้ายที่เราต้องการแล้วละ ผมได้ทำการทดลองเอ็กเรย์และดูโมเลกุลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนอีกครั้งหนึ่ง ก็ได้พบกับสิ่งที่น่าอัศจรรย์ทั้งสองการทดลองนี้เป็นภาพสะท้อนของ 3.4 อังสตรอม และนั่นหมายความว่า เบสพิวรีนและไพริมิดีนซ้อนอยู่ด้านบนบนของแต่ละตัวในทิศทางที่ตั้งฉากกับส่วนที่เป็นเกลียวและผลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก็ดูเหมือนจะแสดงให้เห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่เป็นเกลียวมีขนาดประมาณ 20 อังสตรอม



คริก: สำเร็จแล้ววัตสัน! ถูกต้องเลยทีเดียว! ตอนนี้เรามีหลักฐานเพียงพอเกี่ยวกับขนาดของ DNA ดังนั้นเราควรจะเริ่มสร้างโมเลกุลแบบสามมิติตอนนี้เลย! แมกซ์บอกว่าคุณวาดรูปแบบร่างและนำไปที่ร้านเครื่องมือ...อีกนานหรือไม่จึงจะเสร็จสิ้น

วัตสัน: วันพรุ่งนี้ และผมคิดว่าถ้าเราโชคดี ก็จะสามารถเสร็จสิ้นเรื่องนี้ได้ในเวลาเพียงไม่กี่วัน

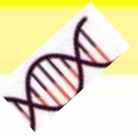
ผู้บรรยาย: ในอีก 2 วันถัดมา วัตสันและคริกได้ถกถึงกันเกี่ยวกับเรื่อง “การมีซ้ำ” ของโมเลกุล DNA ซึ่งหัวข้ออภิปรายของทั้งคู่ นั้น ผู้คนต่างรับรู้กันไปทั่วอาคารที่พวกเขาอาศัยอยู่ทั้งในร้านอาหารท้องถิ่นและคลับในที่สุด อีก 3 วันต่อมา แบบจำลองอะตอมของฟอสฟอรัสก็เสร็จสิ้นและนักวิทยาศาสตร์ทั้งก็พากันหายเข้าไปในห้องปฏิบัติการเพื่อลองประกอบโมเลกุลเข้าด้วยกัน

คริก: นี่ควรจะเป็นวิธีที่น้ำตาลและฟอสเฟตเชื่อมโยงกัน คุณคิดเช่นนี้หรือเปล่า

วัตสัน: แหมนอน! แต่วางไว้แบบนี้ก่อน...เดี๋ยวผมจะไปดูรูปแบบเดิมของเรา ผมรู้ว่าทุกแบบเดิมของเรามุ่งไปที่โมเลกุล 3 สายเกลียว แต่ผมคิดว่าเราควรจะต้องลองแบบ 2 สายเกลียวดูบ้าง คุณคิดอย่างไร

คริก: แหมนอน...ลองทำต่อไปได้เลย ผมว่าคุณจะไม่พอใจจนกว่าคุณจะเห็นว่ามันได้ผล

ผู้บรรยาย: หลังจากที่ใช้เวลาทั้งช่วงเช้าเข้าไปกับการออกแบบโครงสร้าง วัตสันก็ตัดสินใจที่จะใช้เวลาในช่วงบ่ายออกไปเล่นเทนนิส บ่ายนี้เป็นบ่ายที่มีแดดจัดซึ่งพบได้ยากในพื้นที่ส่วนนี้ของประเทศอังกฤษ แต่เขาก็ยังต้องการพักจากการออกแบบเสียบ้าง เพราะในหลายๆ ความคิดที่ยอดเยียมของเขามักจะได้มาหลังจากที่เขาออกกำลังกาย เขาเป็นบุคคลที่ค่อนข้างจะใช้สมองซีกขวาแต่กลับไม่มีใครพูดถึงแนวความคิดและลักษณะการเรียนรู้ของเขาเลย วัตสันคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เขาที่พยายามที่จะทำให้เห็นภาพโมเลกุลที่มีแกนกลางแต่มีบางสิ่งบางอย่างที่ไม่ได้ทำให้เขารู้สึกเช่นนั้น



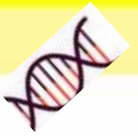
วัตสัน: อืม...บางทีแนวคิดของผมที่คิดว่าควรมีแกนกลางเป็นความคิดที่ผิด แต่ผมไม่ชอบความคิดที่เบสอยู่ตรงกลางเลย ถ้าเราให้เบสอยู่ข้างในก็จะมีจำนวนชุดที่เกิดจากการรวมกันได้แตกต่างกันมากมาย แล้วเราจะทราบได้อย่างไรว่าแบบไหนจึงจะเป็นแบบที่ถูกต้อง ผมไม่สามารถทนต่อการทำงานไปตลอดชีวิตโดยไม่เคยได้รับคำตอบที่ถูกต้องเลยอย่างแน่นอนแล้วคุณละคิดอย่างไร

คริก: พวกเราได้ใช้เวลาไป 3 วัน ในการสร้างโมเลกุลที่มีแกนกลาง แต่เราไม่เข้าใจรูปแบบของโมเลกุลที่สามารถทำงานได้ในขณะที่คุณกำลังเล่นเทนนิส ผมเริ่มคิดว่าเราควรสร้างรูปแบบหนึ่งที่มีเบสอยู่ภายในเพียงเพื่อให้แน่ใจว่ามันจะไม่ใช้รูปแบบที่ถูกต้อง

วัตสัน: เอาล่ะ...เรามาลองกัน แต่ถ้าไม่ได้ผล เราจะต้องลองทำรูปแบบอื่นๆ กัน

ผู้บรรยาย: ในสัปดาห์ต่อมา ฟรานซิส คริก และผู้ช่วยห้องปฏิบัติการต่างก็ติดพันกับโมเลกุลดังกล่าว พวกเขาพยายามทดลองทุกรูปแบบแต่ยังคงไม่มีอะไรที่น่าสนใจนอกจากนี้ยังต้องใช้ความอดทนอย่างมากกับวัตสันกับการที่เขาหนีออกไปเล่นคริกเก็ตและเทนนิสกับพวกเพื่อนๆ ของเขา อย่างไรก็ตามวัตสันก็ไม่เคยหยุดคิดเกี่ยวกับโมเลกุลนี้เลย แต่เขาไม่สามารถคิดได้ว่าทำอย่างไรจึงจะสามารถผสมผสานความแตกต่างของรูปทรงของเบสทั้งสี่ตัวจากข้อมูลที่เขารู้เกี่ยวกับ DNA โดยการทดลองการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์และรูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ปัญหาใหญ่ของเขาคือทำอย่างไรจึงจะทำให้ทั้งหมดเข้ามารวมกันได้พอดี และแล้วในคืนหนึ่งหลังจากเขาตื่นรำกับสาวทุกคนในผับและดื่มเบียร์ไปหลายควอร์ต เขาก็ได้เปิดเผยว่า เขาได้ตื่นรำจริง ซึ่งเป็นกระตุ้นที่คล้ายกับการตื่นสแน็ค คือมีการเปลี่ยนคู่เด่น ทันใดนั้นเอง เขาก็คิดออกว่าจะออกแบบโดยวิธีใด เข้าวัดไปเขาจึงไปเป็นคนแรกที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ

วัตสัน: ผมเชื่อแล้วละว่ามันจะได้ผลเนื่องจากเรารู้แล้วว่าเรามีพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะที่สมมาตรอยู่รอบๆ แต่ละเบสแล้วสิ่งใดป้องกันเบสจากการจับต่างคู่กันที่จะทำให้ 2 สายยาวอยู่ด้วยกันและ 2 สายสั้นอยู่ด้วยกันได้ นั่นก็หมายความว่า DNA น่าจะมีสายย่อยทั้งภายในและภายนอกการจับคู่กันนี้แต่มันจะเป็นแบบนี้จริงๆ หรือเปล่า

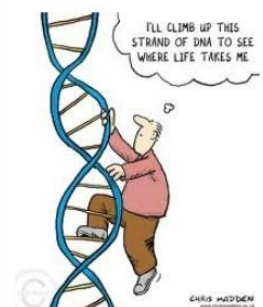


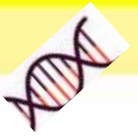
คริก : นั่นคุณบ่นอุปนิบอะไรอยู่หรือว้ตสัน คุณพุดว่าออกไปดิ้มทั้งคินอีกแล้วหรือ เอ๊ะ...เดียวก่อน (เขามองมาที่โมเลกุลตามแนวความคิดใหม่) ทำไมเราไม่ลองสลับสับเปลี่ยนให้เบสสันและยาวอยู่ด้วยกันแบบนี้บ้าง

ผู้บรรยาย: ด้วยการเคลื่อนย้ายเพียงไม่กี่ครั้งโมเลกุล DNA จึงเริ่มเปลี่ยนรูปร่าง พวกเขาทั้งสองเต็มไปด้วยความตื่นเต้นเพราะคงไม่อาจเป็นความบังเอิญที่มีการดำรงอยู่ของโมเลกุล 2 สายที่มีลำดับเบสเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

ว้ตสัน: ดูสิ มันได้ผล! นี่มันยอดเยี่ยมมาก เมื่อคุณวาง A กับ T เข้าด้วยกันส่งผลให้มีขนาดเดียวกันเมื่อเราวาง C กับ G เข้าด้วยกันทำไมเราจึงไม่เห็นสิ่งนี้มาก่อนนะ จากนั้นแต่ละชั้นบันไดก็มีขนาดเดียวกัน หากเรากำจัดส่วนโค้งงอด้านในและด้านนอกออกไป...โมเลกุลก็จะได้ปิดถูกต้อง!

ผู้บรรยาย: ไม่เพียงแต่แม็กซ์เท่านั้นที่เห็นด้วยกับรูปแบบนี้ แต่ก็ยังมีผู้ทรงคุณวุฒิชั้นนำของโลกในสาขาฟิสิกส์ สาขาเคมี การแพทย์ และพันธุศาสตร์ เมื่อว้ตสันและคริกเสนอโครงสร้างนี้ นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายต่างมีความเห็นว่าถูกต้องและดูมีเหตุผล ซึ่งจากการค้นพบของพวกเขาในเรื่องโครงสร้างของโมเลกุลที่เก็บความลับของชีวิต เป็นการเปิดเผยข้อมูลใหม่ของวิทยาศาสตร์และยังทำให้พวกเขาได้รับรางวัลโนเบลอีกด้วย!





บัตรกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.8 คีตวิเคราะห์ ตอบคำถาม

บัตรคำสั่ง

- 1) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม
- 2) นักเรียนตอบคำถามในบัตรกิจกรรม 5.8 กิจกรรมคีตวิเคราะห์ ตอบคำถาม

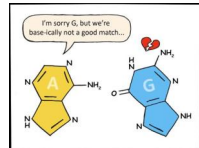


ใช้เวลา 10 นาที



บัตรกิจกรรม 5.8
คิดวิเคราะห์ ตอบคำถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันและตอบคำถามต่อไปนี้



1) โครงสร้างของพอลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายเชื่อมกันด้วยสารใด

.....

.....

.....

2) นิวคลีโอไทด์ของ DNA มีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีโครงสร้างแตกต่างกันที่ส่วนใด

.....

2) ความแตกต่างของโครงสร้างของ DNA เกี่ยวข้องกับแบบสอย่างไร

.....

.....

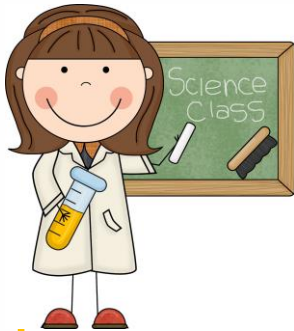
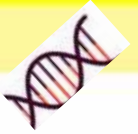
3) โมเลกุล DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งมีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร

.....

5) DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุลจะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ให้แตกต่าง กันได้กี่แบบ

.....

.....



บัตรกิจกรรม

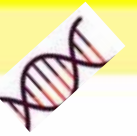
กิจกรรมที่ 5.9 เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากการระบายสี

บัตรคำสั่ง

- 1) นักเรียนสังเกตแผนภาพและเขียนบรรยายโครงสร้างโมเลกุล DNA ตามประเด็นต่อไปนี้
 - โมเลกุลที่อยู่สองข้างของโครงสร้างคืออะไร เรียงลำดับอย่างไร
 - โมเลกุลที่เชื่อมระหว่างกลางของโครงสร้างสองข้าง คือ คู่เบสสังเกตและระบุการจับกันของคู่เบสแต่ละคู่ ซึ่งจะมีเฉพาะเจาะจงดังปรากฏในแผนภาพ
 - สังเกตสูตรโมเลกุลของน้ำตาลดีออกซีไรโบส กลุ่มฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบสทั้ง 4 ชนิด
- 2) นักเรียนระบายสีข้อความต่อไปนี้ในแผนภาพแสดงโครงสร้างโมเลกุล DNA
 - The Double helix
 - Simplified structure
 - Backbone
 - ระบายสีอ่อนด้วยสีเดียวกันที่ D คือน้ำตาลดีออกซีไรโบสและที่โครงสร้างโมเลกุล
 - ระบายสีข้อความ Rung/Base pairs
 - ระบายสีอ่อนที่เบส A T C G ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เชื่อมอยู่ระหว่างน้ำตาลดีออกซีไรโบสกับกลุ่มฟอสเฟต โดยกำหนดสีเบสแต่ละชนิดให้แตกต่างกัน และระบายสีที่สูตรโมเลกุลของคู่เบสด้วยสีเดียวกัน

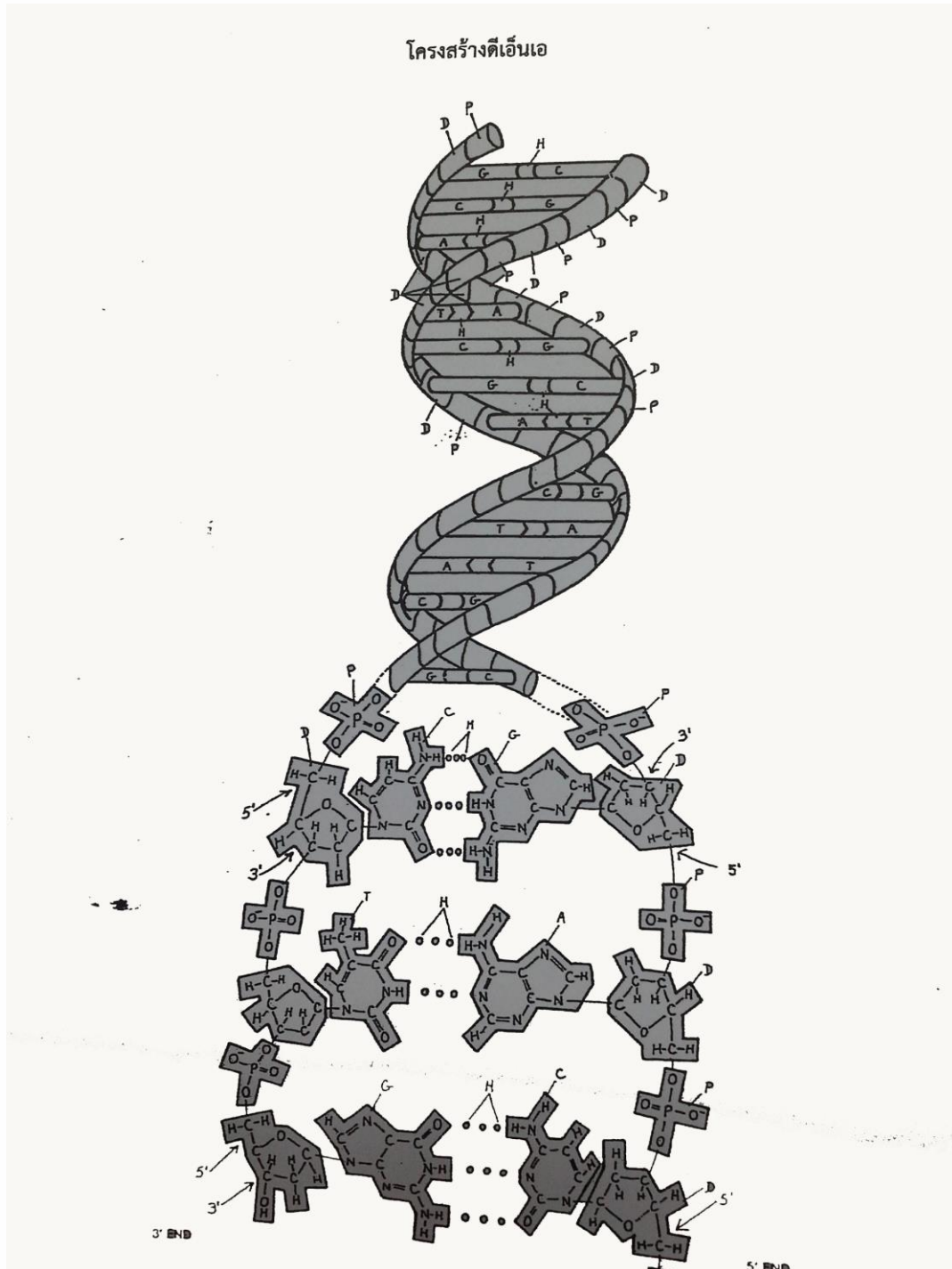
ใช้เวลา 10 นาที

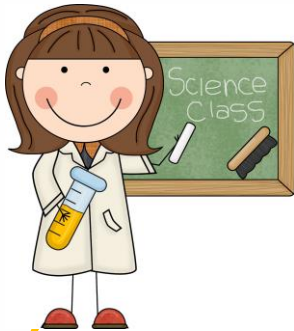




บัตรกิจกรรมที่ 5.9

เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากการระบายสี



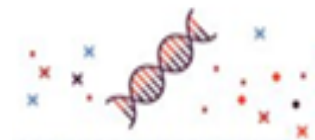


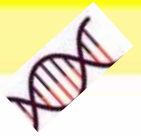
บัตรกิจกรรม
กิจกรรมที่ 5.10 การสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA

บัตรคำสั่ง

- 1) ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA ในรูปผังกราฟิกแบบแสมเบอร์เกอร์ โดยใช้คำถามว่า
 - นักเรียนสามารถสรุปโครงสร้างของ DNA ได้อย่างไรจากประจักษ์พยานที่มีอยู่

ใช้เวลา 10 นาที





กิจกรรม 5.10
คิดสะท้อนความรู้

โครงสร้างของ DNA (STRUCTURE OF DNA)

1. ให้นักเรียนเขียนบรรยายสรุปโครงสร้างของ DNA

2. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างของ DNA ที่ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่มีลำดับเบสดังนี้

3' TCATGC 5'
5' AGTACG 3'

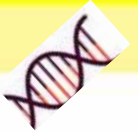


แบบทดสอบหลังเรียน

โครงสร้างของ DNA



- 1) การค้นหาลำดับโครงสร้างทางเคมีของ DNA ยอมรับเป็นผลงานของ นักวิทยาศาสตร์ท่านใด
 - ก. เอฟ กริฟฟิธ และเอโดสเซล
 - ข. เอฟ กริฟฟิธ และเอ ที เลวิน
 - ค. ฟานดิสส์ คริก และ เอฟ กริฟฟิธ
 - ง. เจมส์ ดี วัตสันและฟานดิสส์ คริก
- 2) น้ำตาลในกรดนิวคลีอิกเป็นน้ำตาลชนิดใด
 - ก. น้ำตาลเฮกโซส
 - ข. น้ำตาล ไตรโอส
 - ค. น้ำตาลเพนโทส
 - ง. น้ำตาลเตตระโอส
- 3) เบส adenine กับ thymine สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กี่พันธะ
 - ก. 1 พันธะ
 - ข. 2 พันธะ
 - ค. 3 พันธะ
 - ง. 4 พันธะ
- 4) การที่สายของ DNA เป็นเส้นคู่อยู่ได้ เพราะเหตุใด
 - ก. มีพันธะไฮโดรเจนของหมู่ฟอสเฟตเกาะอยู่
 - ข. มีพันธะไฮโดรเจนของน้ำตาลเกาะอยู่
 - ค. มีพันธะไฮโดรเจนของเบสในแต่ละสายเกาะอยู่
 - ง. มีพันธะไฮโดรเจนของหมู่ฟอสเฟตของเบสแต่ละสายเกาะ กันอยู่
- 5) น้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได (backbones) และบันไดแต่ละขั้นคืออะไร
 - ก. คู่เบส 1 คู่
 - ข. พันธะไฮโดรเจน
 - ค. โปรตีน
 - ง. หมู่ฟอสเฟต



6) ถ้านักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่า "เบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G" สมมติฐานนี้น่าจะเชื่อมโยงการทดลองของชาร์กาฟฟ์ในข้อเลือกใด

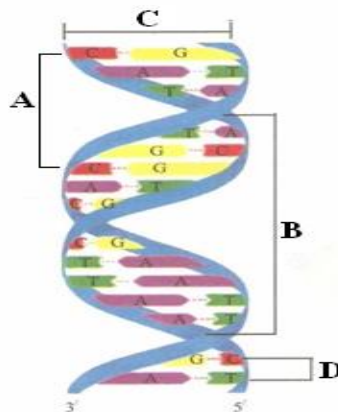
- ก. อัตราส่วนระหว่าง A : T และอัตราส่วนระหว่าง G : C คงที่เสมอ
- ข. อัตราส่วนระหว่าง A : T และอัตราส่วนระหว่าง G : C ไม่คงที่
- ค. เบส A และ T เมื่อรวมกันมีปริมาณเท่ากับ เบส C และ G รวมกัน
- ง. เบส A และ T มีปริมาณใกล้เคียงกับ C + G

7) ถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุลเรียงต่อกันลำดับเบสจะแตกต่างกันกี่แบบ

- ก. 9
- ข. 16
- ค. 64
- ง. 96

8) ข้อเลือกใดไม่ใช่กฎของชาร์กาฟฟ์ (Chargaff's Rule)

- ก. $A = T$
- ข. $G = C$
- ค. $A + T \neq C + G$
- ง. $A + T = C + G$



จากภาพโครงสร้างของ DNA ใช้ตอบคำถามข้อ 9 - 10

9) อักษรใดแสดง 1 เกลียวของ DNA

- ก. A
- ข. B
- ค. C
- ง. D

10) ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่

- ก. 2
- ข. 4
- ค. 5
- ง. 10

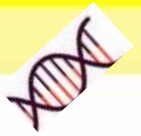


กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

โครงสร้างของ DNA

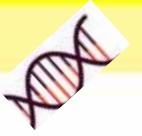


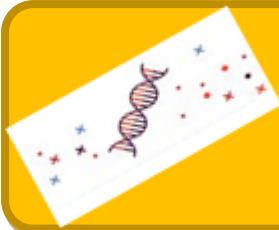
ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



บรรณานุกรม

- เซาว์ ชิโนรัช และพรณี ชิโนรัช. ชีววิทยา เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ อมรการพิมพ์.2528.
- ประดิษฐ์ เหล่าเนตร และณัฐภัสสร เหล่าเนตร. หนังสือเรียนชีววิทยา เพิ่มเติมเล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพมหานคร : แม็ค,2544.
- มรกต ภูสีฟ้า ปติตตา เหล่าหาโคตร สกาวเดือน พลรักษ์. หนังสือเสริมสร้างศักยภาพและทักษะรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 4. โรงพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.2558.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2554.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2554.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร(Pedagogical Content Knowledge : PCK). เอกสารพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โครงการพัฒนาเครือข่ายการเรียนรู้ผู้สอนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 1-3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2555.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. การจัดการเรียนการสอนตามมาตรฐานและตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพสูง (PCK2 : ชีววิทยา). กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,2555.





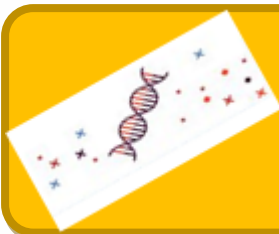
เฉลยป้ดรกิจกรรมที่ 5.1

อ่านทำความเข้าใจ

- จากคำถามเพิ่มเติมว่า “ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกันน่าจะขึ้นอยู่กับอะไร” คนที่พิสูจน์ให้ทราบคำตอบดังกล่าวคือ ชาร์กอฟฟ์ จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์ พิสูจน์ให้เห็นว่า “ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ A+T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส C+G” ดังตาราง

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A:T	G:C
บีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
พืช	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
เม่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
คน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

- จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์แสดงให้เห็นว่าในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ปริมาณของเบส 4 ชนิด จะแตกต่างกัน แต่จะมีปริมาณของเบส A ใกล้เคียงกับ T และเบส C ใกล้เคียงกับ G เสมอเรียกว่า กฎของชาร์กอฟฟ์ (Chargaff's Rule) และสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราส่วนระหว่างเบส A:T และอัตราส่วนระหว่างเบส G:C คงที่ เสมอจากอัตราส่วนของเบสดังกล่าว อาจเป็นไปได้ว่าเบส A จับคู่กับ T และเบส G จับคู่กับ C จากอัตราส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่า DNA จะต้องมีการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่ทำให้จำนวนของชนิด A เท่ากับ T และชนิด C เท่ากับ G เสมอไป



เฉลยป้ตรกิจกรรมที่ 5.2 การสกัด DNA อย่างง่าย

ปัญหาการทดลอง

DNA ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด(คนน้ำ ต่าลิ่ง ถั่วเขียว) มีโครงสร้างเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

สมมติฐานการทดลอง

DNA ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด(คนน้ำ ต่าลิ่ง ถั่วเขียว) น่าจะมีโครงสร้างเหมือน

ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม




ตัวแปรต้น : ชนิดของสิ่งมีชีวิต

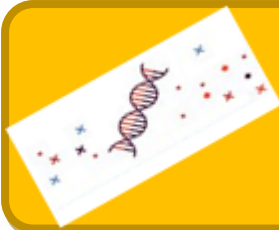
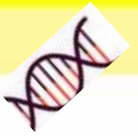
ตัวแปรตาม : โครงสร้าง DNA

ตัวแปรควบคุม :

- ปริมาณสิ่งมีชีวิต(พืชหรือผัก)
- ปริมาณสารสกัด DNA
- DNA buffer 10 ml
- ปริมาณเอนไซม์ย่อยโปรตีน
- เวลาที่ใช้ในการบ่/บด



ชนิดสิ่งมีชีวิต (พืช และผักชนิดต่างๆ)	ลักษณะของ DNA ที่สังเกตเห็น	
สตอเบอรี่		
กล้วยหอม		
มะเขือเทศ		



เฉลยป้ตรกิจกรรมที่ 5.3 กิจกรรมคิดวิเคราะห์ ตอบคำถาม

- 1) หลังได้ลองสกัด DNA จากผลไม้และผักชนิดต่างๆแล้ว ให้ทบทวนและเขียนขั้นตอนต่างๆ และ อธิบายว่าแต่ละขั้นตอนช่วยในการสกัด DNA ได้อย่างไร

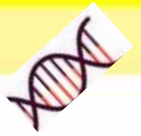
แนวการตอบ

- เครื่องปั่นผลไม้(การบีบหรือบด)เป็นการทำลายผนังเซลล์ให้แตกด้วยวิธีเชิงกล
- น้ำยาล้างจานเจือจางเป็นสารลดแรงตึงผิวทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ขาดเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาด สารพันธุกรรมและไซโทพลาสซึมก็จะไหลออกมาละลายในน้ำ
- เกลือ ช่วยตกตะกอนโปรตีน
- แอลกอฮอล์ 95% จะเข้าไปแทนที่ DNA ทำให้ DNA ลอยขึ้นและแยกชั้นออกจากกากเซลล์

- 2) สารเคมีต่างๆ ที่ใช้ มีส่วนช่วยในการสกัด DNA ออกมาจากเซลล์ได้อย่างไร

แนวการตอบ

- น้ำยาล้างจานเจือจางเป็นสารลดแรงตึงผิวทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ขาดเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาด สารพันธุกรรมและไซโทพลาสซึมก็จะไหลออกมาละลายในน้ำ
- เกลือ ช่วยตกตะกอนโปรตีน
- แอลกอฮอล์ 95% จะเข้าไปแทนที่ DNA ทำให้ DNA ลอยขึ้นและแยกชั้นออกจากกากเซลล์



เฉลยบัตรกิจกรรมที่ 5.4 กิจกรรม สืบค้นข้อมูล ขยายความรู้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- 1) โครงสร้างของพอลินิวคลีโอไทด์ทั้ง 2 สายเชื่อมต่อกันด้วยสารใด

พันธะไฮโดรเจนระหว่างเบส

- 2) ถ้าเปรียบโมเลกุลของ DNA เป็นบันได ลวดบันได และ ขั้นบันไดคือโครงสร้างใดตามลำดับ

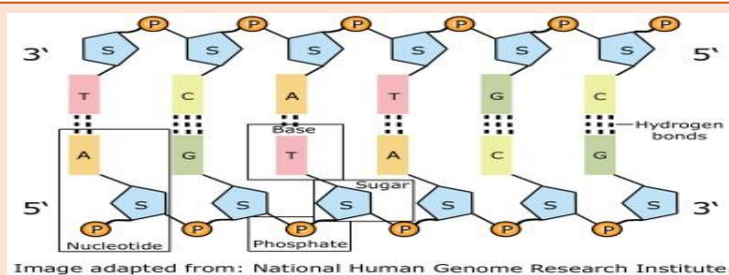
บันไดเปรียบได้กับน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟส

ขั้นบันไดเปรียบได้กับเบสคู่สม

- 3) ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่เบส

10 คู่เบส

- 4) ให้นักเรียนวาดภาพและชี้ส่วนประกอบของสาย DNA ที่ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายที่เกิดจากนิวคลีโอไทด์ที่มีลำดับดังนี้ 5' AGTACG 3' หน่วย รวมตัวกัน



- 5) นำความรู้เรื่องการสกัด DNA ไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง

แนวคำตอบ

- นำ DNA ที่สกัดได้ไปใช้ในการทดลองต่างๆ ต่อไป เช่น การทดลองเกี่ยวกับการถอดรหัสพันธุกรรม
- ทำให้เรารู้ว่า ยีนตำแหน่งไหนมีหน้าที่อย่างไร เช่น การถอดรหัสพันธุกรรม
- นำไปใช้ในการเป็น DNA ต้นแบบเพื่อประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์

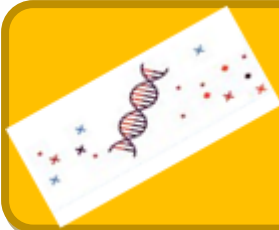
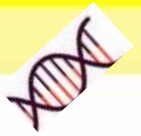


เฉลยปฏิกิริยกรรมที่ 5.5 การสะท้อนคิดเกี่ยวกับ DNA

ประเด็นคำถาม

นักเรียนสามารถสรุปโครงสร้างของ DNA ได้อย่างไรจากประจักษ์พยานที่มีอยู่

ประเด็นคำถาม	ฉันคิด	คิดคู่	คิดกลุ่ม
นักเรียนสามารถสรุปโครงสร้างของ DNA ได้อย่างไรจากประจักษ์พยานที่มีอยู่	<p>1) DNA เป็นพอลิเมอร์(polymer) ประกอบขึ้นจากหน่วยย่อย (monomer) เรียกว่านิวคลีโอไทด์(nucleotide)</p> <p>2) โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือหมู่ฟอสเฟต น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสชนิดใดชนิดหนึ่งใน 4 ชนิด คือ อะดีนีน ไทมีน ไซโทซีน และกวานีน</p> <p>3) โดยนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะมีหมู่ฟอสเฟตเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาลและมีเบสเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของน้ำตาล</p> <p>4) แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวโดยมีการสร้างพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟตของ นิวคลีโอไทด์หนึ่งกับน้ำตาลของ นิวคลีโอไทด์อีกหนึ่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3'(อ่านว่า 3 ไพรม) เกิดเป็นพอลิเมอร์สายยาวเรียกว่าพอลินิวคลีโอไทด์ (polynucleotide) ซึ่งมีปลายด้านหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 5'(อ่านว่า 5 ไพรม) และอีกปลายหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 3' ระหว่างนิวคลีโอไทด์ของสายเดียวกันเชื่อมต่อกันด้วยพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟต</p>		



เฉลยบัตรกิจกรรมที่ 5.6

กิจกรรมอำทบทวนความรู้

- หลังจากนั้นวาดเส้นและครีจิงสร้างแบบจำลอง DNA ตามแนวคิดโดยให้
 - พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศกันปลาย 3 ของสายหนึ่งเข้ากับปลาย 5 ของอีกสายหนึ่ง เบส A ของสายหนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่งและเบส C ของสายหนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่งเสมอ จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่า
 - DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็นเบสคู่สม(complementary base pair) ยึดกันด้วยพันธะ ไฮโดรเจนโดยมีเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วย พันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
 - พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย มีทิศทางจากปลาย 5 ไปยังปลาย 3 แต่สวนทางกันและพันกันบิดเป็นเกลียวคู่(double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกาเกลียวแต่ละรอบห่างเท่าๆ กัน และมีคู่เบสจำนวนเท่ากัน
 - เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34°\AA และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4°\AA และ พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายห่างกัน 20°\AA

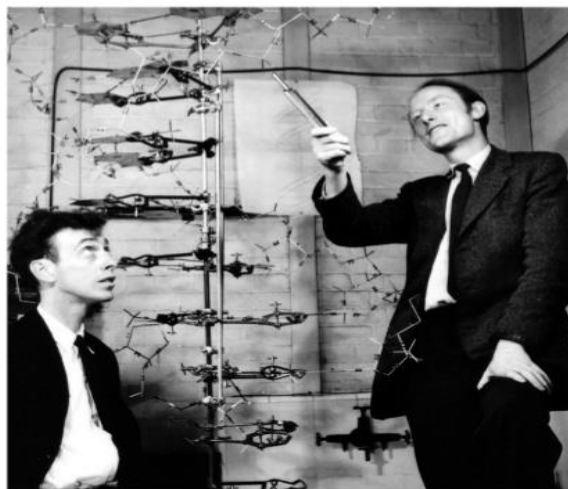
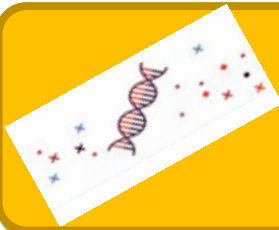


Figure 8.6
Genetics Essentials: Concepts and Connections, First Edition
© 2010 W. H. Freeman and Company



เฉลยบัตรกิจกรรมที่ 5.7 เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากบทความ

ในปี ค.ศ.1958 วัตสัน(Watson) คริก(Crik) และวิลกินส์(Wilkins) ได้รับรางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ เนื่องจากการค้นพบโครงสร้างโมเลกุลของ DNA เป็นการค้นพบความสำเร็จที่สำคัญมาก วัตสันและคริกได้ระบุไว้ในรายงานการค้นพบโมเลกุล DNA ว่า DNA ไม่เพียงแต่เป็นโมเลกุลที่มีสารพันธุกรรมและรหัสพันธุกรรมของลำดับของเบสในดีเอ็นเอเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการจำลองตัวเอง ซึ่งเป็นการสำเนาข้อมูลพันธุกรรมของเซลล์แม่สู่เซลล์ลูกต่อไปในการแบ่งเซลล์

การค้นพบ DNA

แปลจาก Discovery of DNA

เขียนโดย Cindy Hoffner Moss, Ph.D.

ผู้บรรยาย : เจมส์ วัตสัน เป็นเด็กชายช่างคิดช่างสงสัยคนหนึ่งเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยเมื่ออายุ 15 ปี และสำเร็จการศึกษาปริญญาเอกทางพันธุศาสตร์เมื่ออายุ 20 ปี หลังจากนั้นไม่นาน เจมส์ได้ร่วม งานทดลองกับฟรานซิส คริก และค้นพบโครงสร้างของดีเอ็นเอ ซึ่งทำให้ในปี ค.ศ. 1962 พวกเขาได้ รับรางวัลโนเบล สาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ และต่อจากนี้ไปเชิญทุกคน

ร่วมทำงานไปกับวัตสันและ คริกในห้องปฏิบัติการของพวกเขา

วัตสัน : เฮ้..แม็กซี ผมคิดว่าผมอาจค้นพบสิ่งสะท้อนวงการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับรูปทรงของโมเลกุล DNA แล้วละ ผมเริ่มคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ตั้งแต่เมื่อคืนหลังจากที่ผมออกจากคลับ และในช่วงเช้านี้ผม อยากจะคุยเรื่องนี้ทั้งหมดกับคุณ หากเห็นว่าผลการทดลอง ที่ได้สามารถอธิบายแบบมีเหตุผลพอควร

แม็กซี(ผู้ช่วยวิจัย) : ตกลง..เจมส์ ผมขอเวลาสักเล็กน้อยเพื่ออ่านงานของผมให้เรียบร้อยแล้ว ผมจะฟังความคิดของคุณ เอาละ...ว่ามาเลย

วัตสัน : เอาละ..เราได้ทราบจากการทดลองสุดท้ายแล้วว่า ตลอดการบิดเป็นเกลียวของ DNA จะมีรูปแบบซ้ำๆ กันในทุกๆ 34 อังสตรอม ซึ่งผมคิดว่ามีเพียง 1 รูปทรงที่สามารถเข้ากันได้กับข้อมูลเหล่านี้เราอาจจะได้รับผลการทดลองนั้นได้เลย



ผู้บรรยาย : วัดสันแห่งรีบออกจากห้องปฏิบัติการตรงไปที่บ้านเครื่องมือเพื่อร่างแบบที่อยู่ในความคิดของเขาเนื่องจากเขาได้รับมอบหมายจากผู้ให้ทุนของห้องปฏิบัติการให้ลองสร้างแบบจำลอง 3 มิติของ DNA ซึ่งหัวหน้างานวัดสันกังวลมากต่อผลการทดลองจากเขาเพราะนักพันธุศาสตร์ในอเมริกาใกล้จะ สรุปลโครงสร้างของโมเลกุลแล้วและยังเป็นห่วงเกี่ยวกับผลการทดลองที่ขึ้นอยู่กับวัดสันเพราะเขายังเป็นชายหนุ่มที่ชอบการสังสรรค์นอกบ้านทุกคืนกับเพื่อนของเขารวบรวมข้อมูลในห้องปฏิบัติการของเขา แต่อย่างไรก็ตาม วัดสันก็ฉลาดพอที่จะไม่ให้บุคคลเหล่านั้นมารุกรานและในขณะที่ขอเชิญกลับเข้าสู่ห้องปฏิบัติการได้..

คริก : เฮ้ ...แม็กซ์ เข้านี้วัดสันไปไหนเสียละ

แม็กซ์ : อ้อ .. เขามาที่นี่แล้ว แต่ลงไปที่บ้านเครื่องมือเพื่อร่างแบบรูปทรงใหม่เขาเพิ่ง จะเริ่มต้นบอก ผมเกี่ยวกับเรื่องนี้ แต่คงมีความคิดอื่นแทรกเข้ามา จึงรีบวิ่งออกไปทำทันที เขาดู ตื่นเต้นมากซึ่งเขา อาจจะค้นพบบางสิ่งบางอย่างที่ยิ่งใหญ่มากก็เป็นได้

ผู้บรรยาย : ในขณะนั้นเอง วัดสันวิ่งผ่านประตูออกมา ตามมาด้วยเจ้าหน้าที่เทคนิคหลายท่านทำให้เอกสารและหลอดทดลองหล่นลงสู่พื้นอย่างแรง

วัดสัน : ขอโทษ.. ขอโทษที พอดีผมต้องรีบไปบอกฟรานซิสเกี่ยวกับเรื่องนี้! ฟรานซิส... ผมคิดว่าผม ได้ชิ้นส่วนสุดท้ายที่เราต้องการแล้วละ ผมได้ทำการทดลองเอ็กเรย์และดูโมเลกุล

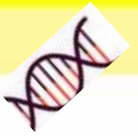
ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนอีกครั้งหนึ่ง ก็ได้พบกับสิ่งที่น่าอัศจรรย์ ทั้งสองการทดลองนี้ เป็นภาพสะท้อนของ 3.4 อังสตรอม และนั่นหมายความว่า เบสพิวาลและไพริมิดีนซ้อนอยู่

ด้านบนของแต่ละตัวในทิศทางที่ตั้งฉากกับส่วนที่เป็นเกลียวและผลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก็ดูเหมือนจะแสดงให้เห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่เป็นเกลียวมีขนาดประมาณ 20 อังสตรอม

คริก : สำเร็จแล้ววัดสัน! ถูกต้องเลยทีเดียว! ตอนนี้เรามีหลักฐานเพียงพอเกี่ยวกับขนาดของ DNA ดังนั้นเราควรจะเริ่มสร้างโมเลกุลแบบสามมิติตอนนี้เลย! แม็กซ์บอกว่าคุณวาดรูปแบบร่างและนำไปที่บ้านเครื่องมือ...อีกนานหรือไม่จึงจะเสร็จสิ้น

วัดสัน : วันพรุ่งนี้ และผมคิดว่าถ้าเราโชคดี ก็จะสามารถเสร็จสิ้นเรื่องนี้ได้ในเวลาเพียงไม่กี่วัน

ผู้บรรยาย : ในอีก 2 วันถัดมา วัดสันและคริกได้ถกถึงกันเกี่ยวกับเรื่อง “การมีขั้ว” ของโมเลกุล DNA ซึ่งหัวข้ออภิปรายของทั้งคู่ นั้น ผู้คนต่างรับรู้กันไปทั่วอาคารที่พวกเขาอาศัยอยู่ทั้งในร้านอาหารท้องถิ่นและผับในที่สุด อีก 3 วันต่อมา แบบจำลองอะตอมของฟอสฟอรัสก็เสร็จสิ้นและนักวิทยาศาสตร์ทั้งก็พากันหายเข้าไปในห้องปฏิบัติการ เพื่อลองประกอบโมเลกุลเข้าด้วยกัน



คริก : นี่ควรจะเป็นวิธีที่น้ำตาลและฟอสเฟตเชื่อมโยงกัน คุณคิดเช่นนี้หรือเปล่า

วัตสัน : แหม่นอน! แต่วางไว้แบบนี้ก่อน...เดี๋ยวผมจะไปดูรูปแบบเดิมของเรา ผมรู้ว่าทุกแบบเดิมของเรามุ่งไปที่โมเลกุล 3 สายเกลียว แต่ผมคิดว่าเราควรจะต้องลองแบบ 2 สายเกลียวดูบ้าง คุณคิด ว่า อย่างไร

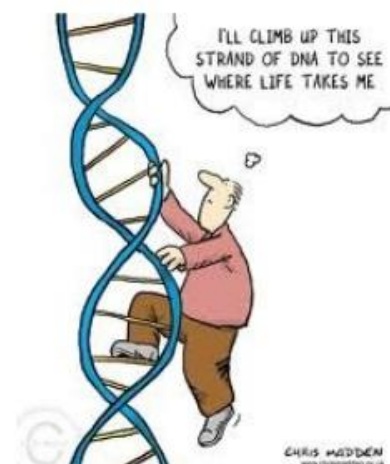
คริก : แหม่นอน ... ลองทำต่อไปได้เลย ผมรู้ว่าคุณจะไม่พอใจจนกว่าคุณจะเห็นว่ามันได้ผล

ผู้บรรยาย : หลังจากที่ใช้เวลาทั้งช่วงเช้าเข้าไปกับการออกแบบโครงสร้าง วัตสันก็ตัดสินใจ ที่จะใช้เวลา ในช่วงบ่ายออกไปเล่นเทนนิส บ่ายนี้เป็นบ่ายที่มีแดดจัดซึ่งพบได้ยากในพื้นที่ส่วนนี้ของประเทศอังกฤษ แต่เขาก็ยังต้องการพักจากการออกแบบเสียบ้าง เพราะในหลายๆ ความคิดที่ยอดเยี่ยมของเขา มักจะ ได้มาหลังจากที่เขาออกกำลังกาย เขาเป็นบุคคลที่ค่อนข้างจะใช้สมองซีกขวา แต่กลับไม่มีใครพูดถึง แนวความคิดและลักษณะการเรียนรู้ของเขาเลย วัตสันคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เขาที่พยายามที่จะทำให้เห็นภาพโมเลกุลที่มีแกนกลาง แต่มีบางสิ่งบางอย่างที่ไม่ได้ทำให้เขารู้สึกเช่นนั้น

วัตสัน : อืม... บางทีแนวคิดของผมที่คิดว่าควรมีแกนกลางเป็นความคิดที่ผิด แต่ผมไม่ชอบความคิดที่เบสอยู่ตรงกลางเลย ถ้าเราให้เบสอยู่ข้างใน ก็จะมีจำนวนชุดที่เกิดจากการรวมกันได้แตกต่างกันมากมาย แล้วเราจะทราบได้อย่างไรว่าแบบไหนจึงจะเป็นแบบที่ถูกต้อง ผมไม่สามารถทนต่อ การทำงานไปตลอดชีวิตโดยไม่เคยได้รับคำตอบที่ถูกต้องเลยอย่างแหม่นอนแล้วคุณละคิดอย่างไร

คริก : พวกเราได้ใช้เวลาไป 3 วัน ในการสร้างโมเลกุลที่มีแกนกลาง แต่เราไม่เข้าใจรูปแบบโมเลกุลที่สามารถทำงานได้ในขณะที่คุณกำลังเล่นเทนนิส ผมเริ่มคิดว่าเราควรสร้างรูปแบบหนึ่งที่มีเบสอยู่ภายใน เพียงเพื่อให้แน่ใจว่ามันจะไม่ใช้รูปแบบที่ถูกต้อง

วัตสัน : เอาละ...เรามาลองกัน แต่ถ้าไม่ได้ผล เราจะต้องลองทำรูปแบบอื่นๆ กัน





ผู้บรรยาย : ในสัปดาห์ต่อมา ฟรานซิส คริก และผู้ช่วยห้องปฏิบัติการต่างก็ติดพันกับโมเลกุลดังกล่าว พวกเขาพยายามทดลองทุกรูปแบบ แต่ยังคงไม่มีอะไรที่น่าสนใจ นอกจากนี้ยังต้องใช้ความอดทนอย่างมากกับวัตสันกับการที่เขาหนีออกไปเล่นคริกเก็ตและเทนนิสกับพวกเพื่อนๆ ของเขาอย่างไรก็ตามวัตสันก็ไม่เคยหยุดคิดเกี่ยวกับโมเลกุลนี้เลย แต่เขาไม่สามารถคิดได้ว่า ทำอย่างไร จึงจะสามารถผสมผสานความแตกต่างของรูปทรงของเบสทั้งสี่ตัวจากข้อมูลที่เขาเกี่ยวข้องกับ DNA โดยการทดลอง การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และรูปภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ปัญหาใหญ่ของเขาคือทำอย่างไรจึงจะทำให้ทั้งหมดเข้ามารวมกันได้พอดี และแล้วในคืนหนึ่งหลังจากเขาตื่นร่ำกับสาวทุกคนในผับและดื่มเบียร์ไปหลายขวด เขาก็ได้เปิดเผยว่า เขาได้ตื่นรำริล ซึ่งเป็นการตื่นที่คล้ายกับการตื่นสแควร์ คือมีการเปลี่ยนคู่เด่น ทันใดนั้นเอง เขาก็คิดออกว่าจะออกแบบโดยวิธีใด เข้าวัดไปเขาจึงไปเป็นคนแรกที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ

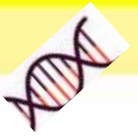
วัตสัน : ผมเชื่อแล้วละว่ามันจะได้ผล เนื่องจากเรารู้แล้วว่า มีพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะที่ สมมาตรอยู่รอบๆ แต่ละเบส แล้วสิ่งใดป้องกันเบสจากการจับต่างคู่กันที่จะทำให้ 2 สายยาว อยู่ด้วยกัน และ 2 สายสั้นอยู่ด้วยกันได้ นั่นก็หมายความว่า DNA น่าจะมีสายย่อยทั้งภายใน และภายนอกการจับคู่กันนี้ แต่มันจะเป็นแบบนี้จริงๆ หรือเปล่า

คริก : นั่นคุณม่นอุปนิษะไรอยู่หรือวัตสัน คุณพูดว่าออกไปดื่มทั้งคืนอีกแล้วหรือ เอ๊ะ...เดี๋ยวก่อน (เขามองไปที่โมเลกุลตามแนวความคิดใหม่) ทำไมเราไม่ลองสลับสับเปลี่ยนให้เบสสั้นและยาวอยู่ด้วยกันแบบนี้บ้าง

ผู้บรรยาย : ด้วยการเคลื่อนย้ายเพียงไม่กี่ครั้ง โมเลกุล DNA จึงเริ่มเปลี่ยนรูปร่าง พวกเขาทั้งสองเต็มไปด้วยความตื่นเต้น เพราะคงไม่อาจเป็นความบังเอิญที่มีการดำรงอยู่ของโมเลกุล 2 สายที่มี ลำดับเบสเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

วัตสัน : ดูลิ มันได้ผล! นี่มันยอดเยี่ยมมาก เมื่อคุณวาง A กับ T เข้าด้วยกัน ส่งผลให้มีขนาด เดียวกัน เมื่อเราวาง C กับ G เข้าด้วยกัน ทำให้เราจะไม่เห็นสิ่งนี้มาก่อนนะ จากนั้นแต่ละขั้นบันไดก็มีขนาดเดียวกัน หากเรากำจัดส่วนโค้งงอด้านในและด้านนอกออกไป...โมเลกุลก็จะได้ปิดถูกต้อง!

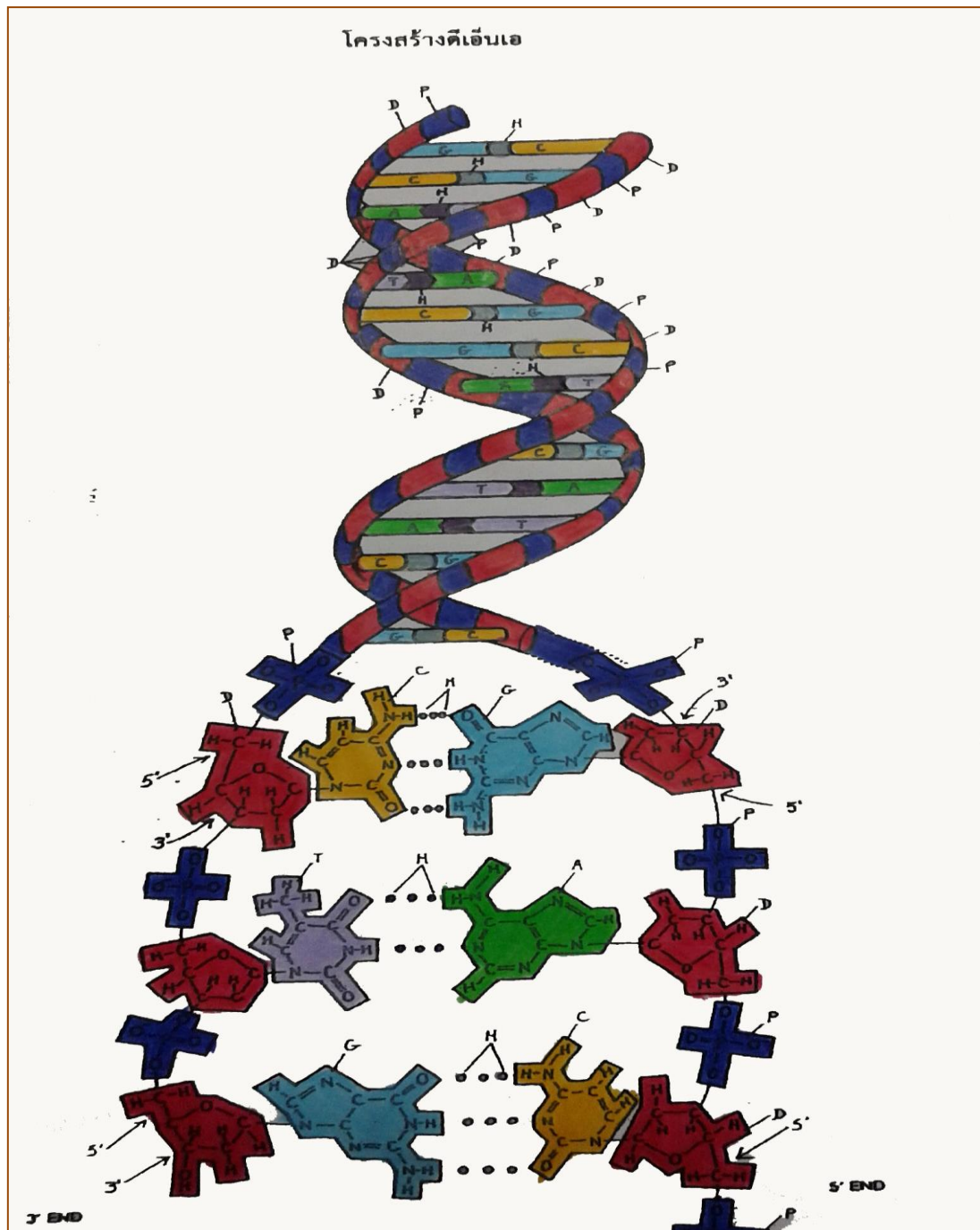
ผู้บรรยาย : ไม่เพียงแต่แม็กซ์เท่านั้นที่เห็นด้วยกับรูปแบบนี้ แต่ยังมีผู้ทรงคุณวุฒิชั้นนำของโลกในสาขาฟิสิกส์ สาเคมี การแพทย์ และพันธุศาสตร์ เมื่อวัตสันและคริกเสนอโครงสร้างนี้ นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายต่างมีความเห็นว่าถูกต้องและดูมีเหตุผล ซึ่งจากการค้นพบของพวกเขา ในเรื่องโครงสร้างของ โมเลกุลที่เก็บความลับของชีวิต เป็นการเปิดเผยข้อมูลใหม่ของวิทยาศาสตร์ และยังทำให้พวกเขาได้รับรางวัลโนเบลอีกด้วย!



เฉลยบัตรกิจกรรมที่ 5.9

เรียนรู้โครงสร้าง DNA จากการระบายสี

ตัวอย่างผลงานนักเรียน





ชุดกิจกรรมที่ 5.10 การสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA



การสะท้อนคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

เขียนบรรยายสรุปโครงสร้างของ DNA

- DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเบสในแต่ละ สายของ DNA ที่เป็นเบสคู่สม (complementary base pair) ยึดกันด้วยพันธะ ไฮโดรเจนโดยมีเบส A จับคู่ กับเบส T และเบส C จับคู่ กับเบส G เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วย พันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
- พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย มี ทิศทางจากปลาย 5 ไปยังปลาย 3 แต่สวนทางกันและพันกันบิดเป็นเกลียวคู่(double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกาเกลียว แต่ละรอบห่างเท่าๆ กันและมี คู่ เบสจำนวนเท่ากัน

วาดภาพแสดงโครงสร้างของ DNA ที่ประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่มีลำดับเบสดังนี้

3' TCATGC 5'
5' AGTACG 3'

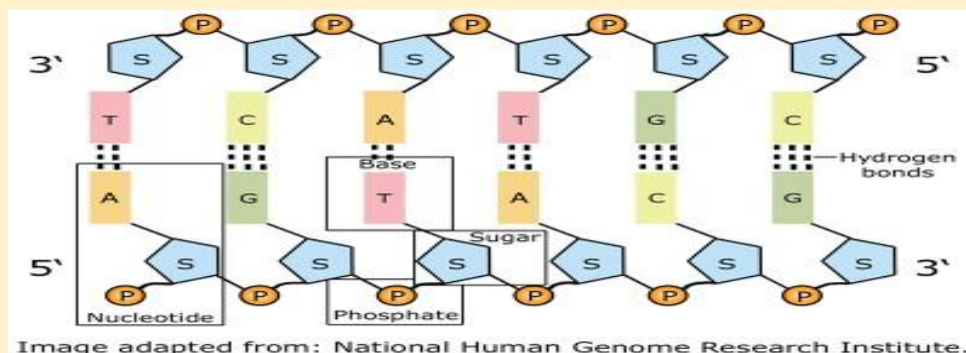
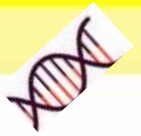


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.



เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน
โครงสร้างของ DNA

ข้อที่	
1	ง
2	ค
3	ข
4	ค
5	ก
6	ก
7	ค
8	ง
9	ข
10	ง