

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ เล่ม ๑

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ.ดร.ปรัชญพงศ์ ยาศรี

ผศ.ดร.จิราพัทธ์ สี่แจ่ม

ผู้ตรวจ

ศ.ดร.ปรีชา ภูวไพริศิศา

ผศ.ดร.สุทิน แก่นนาคำ

วิศุขญา วรระลัย

ศุจิภา งามสอาด

พัฒน์ สัตถาสารุชนะ

บรรณาธิการ

พันธกานต์ อุณหภัทรฐิติกุล

วรรณวิศา สุตมาตร

ชื่อผลงาน : หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.3 เล่ม 1

โดย : บริษัท เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น จำกัด

พิมพ์ครั้งที่ 1 :

จำนวนพิมพ์ : 10,000 เล่ม

ISBN : 978-616-8172-29-2

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย : บริษัท เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น จำกัด

ที่อยู่ : บริษัท เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น จำกัด (สำนักงานใหญ่)

444 ชั้น 12 อาคารเอ็ม บี เค ทาวเวอร์ ถนนพญาไท

แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

ข้อสงวนสิทธิ์

สงวนลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2559 โดย บริษัท เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น จำกัด ห้ามมิให้เผยแพร่ต่อสาธารณะ
ลอกเลียน ทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง แก้ไข เรียบเรียง จัดพิมพ์เนื้อหา ภาพประกอบ หรือส่วนใดส่วนหนึ่ง
ของหนังสือเล่มนี้ รวมถึงกระทำการอื่นใดที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เจ้าของลิขสิทธิ์ เว้นแต่จะได้รับ
อนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ เล่ม ๑ ได้เรียบเรียงเนื้อหาสาระให้มีความสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ เพื่อให้สถานศึกษาใช้ประกอบการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อนำไปสู่กระบวนการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยหนังสือเล่มนี้มีการจัดเรียงลำดับหน่วยการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นไปในทิศทางเดียวกันและลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่อง เรียงจากง่ายไปยาก ซึ่งประกอบด้วยส่วนของเนื้อหา แบบฝึกหัด กิจกรรมการเรียนรู้ มีการวัดผลและประเมินผล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ การคิดแก้ปัญหา เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับยุคปัจจุบัน ขอขอบคุณคณะครู ตลอดจนหน่วยงานและบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ไว้ ณ โอกาสนี้ หากมีข้อบกพร่องหรือข้อเสนอแนะประการใด ทางคณะผู้จัดทำยินดีน้อมรับคำติชมเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

คณะผู้จัดทำ

คำชี้แจงการใช้หนังสือ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ได้รับการออกแบบมาให้แต่ละหน่วยการเรียนรู้มีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และความคิดอ่านด้านวิทยาศาสตร์ที่ดีและชัดเจนมากขึ้นจากเนื้อหาหลัก ซึ่งสามารถแยกอธิบายได้ ดังนี้



ทดสอบความพร้อม

แบบทดสอบวัดความพร้อมก่อนเรียนเนื้อหาถัดไป
สามารถเชื่อมโยงกลับไปเรื่องพื้นฐานที่ผู้เรียน
ยังไม่เข้าใจได้

คำสำคัญ

คำศัพท์ที่ต้องการให้ผู้เรียนค้นหาความหมาย
ระหว่างเรียน



สาระสำคัญ

สรุปแนวทางการให้นิยาม สมบัติ ทฤษฎี สัจพจน์
และขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ หรือสรุปเนื้อหาของ
บทเรียน



นำรู้กระตุกสำคัญ

ความรู้เสริมหรือเกร็ดความรู้ต่าง ๆ
ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน

คำถามระหว่างเรียน

คำถามที่ให้ผู้เรียนได้คิดตาม
ระหว่างเรียนเนื้อหา



กิจกรรมระหว่างเรียน

กิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
ฝึกการสังเกต การคิด และสรุปเป็น
ความรู้ใหม่ได้





การทดลอง

การทดลองที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติ
เพิ่มความเข้าใจ และเกิดกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์



ควรระวัง

อธิบายสิ่งที่มีโอกาสพลาดบ่อย
หรือขั้นตอนที่ควรระวัง



มุมวิทย์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เสริมให้ระหว่างเรียน

น้องลองทำ

โจทย์ที่ให้ผู้เรียนทำหลังจากศึกษาตัวอย่าง



โจทย์ประยุกต์

โจทย์ระดับยากที่สามารถทำได้โดยใช้ความรู้
ที่เรียนมา ผู้เรียนสามารถดูโจทย์พร้อมแนวคิด
ได้ผ่านทาง QR Code



การนำเทคโนโลยีมาใช้

แหล่งความรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยี
ศึกษาเพิ่มเติม



สรุปความรู้

สรุปองค์ความรู้ของบทเรียนหรือ
หน่วยการเรียนรู้



ทบทวนตัวเอง

ประเมินความรู้ที่ได้รับในบทเรียนด้วยตนเอง
และเชื่อมโยงกลับไปยังเรื่องที่ไม่เข้าใจได้

แบบฝึกทักษะ



ระดับความยากง่ายของแบบฝึกหัด

- * ง่าย
- ** ปานกลาง
- *** ยาก



วิทยาศาสตร์ รอบตัว

เรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถพบ
ได้ในชีวิตประจำวันและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา
ในบทเรียน โดยสามารถนำความรู้จาก
บทเรียนไปประยุกต์ใช้ได้



กิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้

กิจกรรมส่งเสริมส่งเสริมให้นักเรียนนำ
องค์ประกอบที่ได้เรียนรู้จากใน
บทเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหา



แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

แบบทดสอบทบทวนความรู้หลังเรียน
เพื่อให้ผู้เรียนประเมินว่าส่วนใดที่ทำได้ดี
และส่วนใดที่ยังต้องพัฒนา

คำถามประลองยุทธ์

แบบฝึกหัดที่มีลักษณะคล้าย
แบบทดสอบประเมินผล
ในระดับชาติ



กิจกรรมเสริมสร้างสมรรถนะ

กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและ
สมรรถนะด้านต่าง ๆ ตามระดับ
ความเชี่ยวชาญที่เหมาะสม



วิธีการใช้งานคิวอาร์โคด

สำหรับสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ ภายในหนังสือเรียน



วิธีใช้งานสื่อการเรียนรู้ออนไลน์บนคอมพิวเตอร์



1. ค้นหาข้อความ **URL** (ที่อยู่ของเว็บไซต์) ที่อยู่บนหนังสือเรียนด้านข้างคิวอาร์โคด

2. **พิมพ์ URL** ลงในโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์บนคอมพิวเตอร์ เพื่อเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ออนไลน์

สารบัญ

1. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แผนผังมโนทัศน์	
1. ลักษณะทางพันธุกรรม	3
2. โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน	11
2.1 โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน	13
2.2 การแบ่งเซลล์	25
3. ถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม	35
3.1 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	37
4. ความผิดปกติทางพันธุกรรมในมนุษย์	54
4.1 โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจาก ความผิดปกติของโครโมโซม	56
4.2 โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจาก ความผิดปกติของยีน	62
5. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	77
5.1 การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	79
5.2 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	81
วิทยาศาสตร์รอบตัว	87
กิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้	88
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้	89
คำถามประลองยุทธ์	90

2. คลื่น แสง และการมองเห็น

แผนผังมโนทัศน์	
1. คลื่น	93
1.1 ส่วนประกอบของคลื่น	96
1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	98
2. การสะท้อนของแสง	104
2.1 กฎการสะท้อนของแสง	107
2.2 การเกิดภาพจากการสะท้อนของแสง	112
3. การหักเหของแสง	123
3.1 กฎการหักเหของแสง	126
3.2 การเกิดภาพจากการหักเหของแสง	131
3.3 ปรัชณาการณ์เกี่ยวกับการหักเห ของแสง	138
4. ทัศนอุปกรณ์และการมองเห็นแสง	142
4.1 ดวงตาและทัศนอุปกรณ์	144
4.2 ความสว่างของแสงกับการมองเห็น	152
วิทยาศาสตร์รอบตัว	158
กิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้	159
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้	160
คำถามประลองยุทธ์	161

3. เอกภาพ

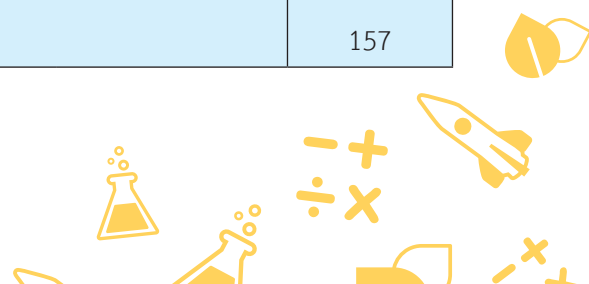
แผนผังมโนทัศน์

1. ระบบสุริยะ	165
1.1 แบบจำลองระบบสุริยะ	167
1.2 องค์ประกอบของระบบสุริยะ	171
2. ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ	189
2.1 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากโลก หมุนรอบตัวเอง	191
2.2 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากโลกโคจร รอบดวงอาทิตย์	193
2.3 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์	201
3. กาแล็กซีและเอกภาพ	218
3.1 กาแล็กซี	220
3.2 เอกภาพ	222
4. ดาวฤกษ์	226
4.1 กำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์	228
4.2 กลุ่มดาวฤกษ์	230
5. เทคโนโลยีอวกาศ	236
5.1 ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอวกาศ	239
วิทยาศาสตร์รอบตัว	249
กิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้	250
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้	251
คำถามประลองยุทธ์	252
กิจกรรมเสริมสร้างสมรรถนะ	253
แหล่งอ้างอิง	
บรรณานุกรม	

สารบัญ QR-code

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม				
บท	เรื่อง	รายละเอียด	หน้าที่	
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	ทดสอบความพร้อม	4	
		โจทย์ประยุกต์	7	
		ทบทวนตัวเอง	10	
2	โครโมโซม ดีเอ็นเอ และ ยีน	ทดสอบความพร้อม	12	
		การทดลองที่ 1.1 ลักษณะของโครโมโซม	วางแผนการทดลอง	13
			การทดลอง	14
			สรุปผลการทดลอง	14
		โจทย์ประยุกต์	29	
		ทบทวนตัวเอง	34	
3	การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม	ทดสอบความพร้อม	36	
		การทดลองที่ 1.2 การเข้าคู่กันของแอลลีล	วางแผนการทดลอง	45
			การทดลอง	46
			สรุปผลการทดลอง	46
		โจทย์ประยุกต์	49	
		ทบทวนตัวเอง	53	
4	ความผิดปกติทางพันธุกรรมในมนุษย์	ทดสอบความพร้อม	55	
		โจทย์ประยุกต์	63	
		ทบทวนตัวเอง	76	
5	สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	ทดสอบความพร้อม	78	
		โจทย์ประยุกต์	80	
		ทบทวนตัวเอง	86	

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่น แสง และการมองเห็น				
บท	เรื่อง	รายละเอียด	หน้าที่	
1	คลื่น	ทดสอบความพร้อม	94	
		โจทย์ประยุกต์	97	
		ทบทวนตัวเอง	103	
2	การสะท้อนของแสง	ทดสอบความพร้อม	105	
		โจทย์ประยุกต์	109	
		การทดลองที่ 2.1 การสะท้อนของแสง	วางแผนการทดลอง	110
			การทดลอง	111
			สรุปผลการทดลอง	111
		ทบทวนตัวเอง		122
3	การหักเหของแสง	ทดสอบความพร้อม	124	
		การทดลองที่ 2.2 การหักเหของแสง	วางแผนการทดลอง	129
			การทดลอง	129
			สรุปผลการทดลอง	130
		โจทย์ประยุกต์	137	
		ทบทวนตัวเอง	141	
4	ทัศนอุปกรณ์และการมองเห็นแสง	ทดสอบความพร้อม	143	
		โจทย์ประยุกต์	151	
		ทบทวนตัวเอง	157	



หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เอกภพ				
บท	เรื่อง	รายละเอียด	หน้าที่	
1	ระบบสุริยะ	ทดสอบความพร้อม	166	
		โจทย์ประยุกต์	183	
		ทบทวนตัวเอง	188	
2	ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ	ทดสอบความพร้อม	190	
		การทดลองที่ 3.1 การขึ้นตกของดวงอาทิตย์	วางแผนการทดลอง	196
			การทดลอง	198
			สรุปผลการทดลอง	199
		การทดลองที่ 3.2 การเกิดข้างขึ้นข้างแรม	วางแผนการทดลอง	203
			การทดลอง	204
			สรุปผลการทดลอง	204
		โจทย์ประยุกต์		207
		การทดลองที่ 3.3 การเกิดจันทรุปราคา	วางแผนการทดลอง	211
			การทดลอง	212
			สรุปผลการทดลอง	212
		ทบทวนตัวเอง		217
3	กาแล็กซีและเอกภพ	ทดสอบความพร้อม	219	
		โจทย์ประยุกต์	222	
		ทบทวนตัวเอง	225	
4	ดาวฤกษ์	ทดสอบความพร้อม	227	
		โจทย์ประยุกต์	232	
		ทบทวนตัวเอง	235	
5	เทคโนโลยีอวกาศ	ทดสอบความพร้อม	237	
		โจทย์ประยุกต์	243	
		ทบทวนตัวเอง	248	

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตมีรูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูกได้อย่างไร



แผนผังมโนทัศน์



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



1. ลักษณะทางพันธุกรรม

2. โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

- 2.1 โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน
- 2.2 การแบ่งเซลล์

3. กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

4. ความผิดปกติทางพันธุกรรมในมนุษย์

- 4.1 โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม
- 4.2 โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีน

5. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

- 5.1 การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
- 5.2 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

ตัวชี้วัด

- ว 1.3 ม.3/1 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม โดยใช้แบบจำลอง
- ว 1.3 ม.3/2 อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดี่ยวที่แอลลีลเด่น ซ่อมแอลลีลด้อยอย่างสมบูรณ์
- ว 1.3 ม.3/3 อธิบายการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกและคำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก
- ว 1.3 ม.3/4 อธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส
- ว 1.3 ม.3/5 บอกได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมอาจทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรม พร้อมทั้งยกตัวอย่างโรคทางพันธุกรรม
- ว 1.3 ม.3/6 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรม โดยรู้ว่าการตรวจคัดกรองพันธุกรรมเพื่อตรวจและวินิจฉัยภาวะเสี่ยงของลูกที่อาจเกิดโรคทางพันธุกรรม
- ว 1.3 ม.3/7 อธิบายการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และผลกระทบที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้
- ว 1.3 ม.3/8 ตระหนักถึงประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุน





1. ลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนเคยสังเกตไหมว่า พี่น้องมักมีรูปร่างหน้าตาคล้ายคลึงกัน เช่น สีของม่านตา เชิงผมที่หน้าผาก ลักษณะจมูกโด่ง ที่เป็นเช่นนี้เพราะมนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศทำให้เกิดการดำรงเผ่าพันธุ์จากบรรพบุรุษสู่รุ่นถัดไป โดยมีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในกระบวนการปฏิสนธิ สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกับพ่อหรือแม่หรือบรรพบุรุษ



ลักษณะใดบ้างที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สังเกต สำรวจ และอธิบายลักษณะทางพันธุกรรม

คำสำคัญ

- พันธุกรรม
- ลักษณะทางพันธุกรรม

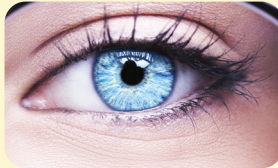


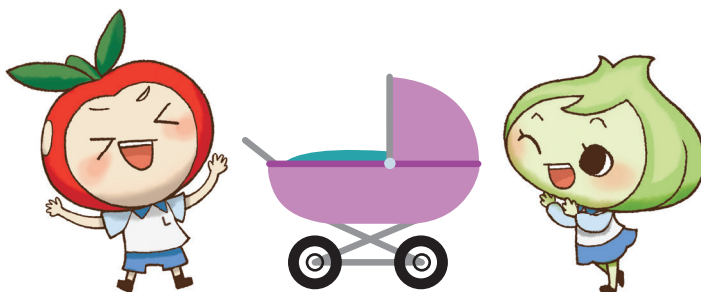
ทดสอบความพร้อม

ทำแบบทดสอบออนไลน์ที่

<https://uqr.to/weri>



หน่วย	จุดประสงค์	คำถาม
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ม.3	นักเรียนสามารถระบุและอธิบายลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้	1. เพราะเหตุใด สมาชิกในครอบครัวเดียวกันมักมีลักษณะรูปร่างหน้าตาคลายคลึงกัน
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ม.3	นักเรียนสามารถระบุและอธิบายลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้	2. พิจารณาภาพที่กำหนดให้  ตาสองชั้น  รอยแผลเป็น 2.1 ลักษณะใด สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้ 2.2 ลักษณะใด ไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ม.3	นักเรียนสามารถระบุและอธิบายลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้	3. จงยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ สัตว์ และพืช



ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ จากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน โดยมีการสืบพันธุ์เพื่อให้สามารถดำรงเผ่าพันธุ์ให้คงอยู่ได้ ซึ่งการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นสู่รุ่นผ่านกระบวนการสืบพันธุ์นี้เรียกว่า **พันธุกรรม (heredity)** และวิชาที่ศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับพันธุกรรมเรียกว่า **พันธุศาสตร์ (genetics)** โดยความรู้ทางพันธุศาสตร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การวางแผนครอบครัวในการมีบุตร การให้เลือดแก่ผู้ป่วย การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์

หากนักเรียนสังเกตสิ่งมีชีวิตรอบตัวเอง เช่น สมาชิกในครอบครัว สัตว์เลี้ยง ต้นไม้ จะพบว่า มีลักษณะบางอย่างของสิ่งมีชีวิตที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อน ๆ ดังรูปที่ 1.1 (ก) จะเห็นได้ว่า ลูกมีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกับพ่อแม่ แต่ลูกแต่ละคนอาจมีลักษณะแตกต่างกันได้ แล้วนักเรียนคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์มีอะไรบ้าง



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.1 สิ่งมีชีวิตในครอบครัวเดียวกันจะมีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น (ก) ลักษณะสีของม่านตา (ข) ลักษณะสีขนของแมว



การทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 : สำรวจลักษณะทางพันธุกรรม

จุดประสงค์ สำรวจและอธิบายผลลักษณะทางพันธุกรรม

วิธีการทำกิจกรรม

1. สังเกตลักษณะภายนอกบางประการที่ปรากฏในตัวนักเรียนที่แตกต่างจากเพื่อน เช่น ลักษณะของหู ตา ปาก ลิ้น จมูก แก้ม และผม และเลือกลักษณะที่สนใจ 1-2 ลักษณะ
2. คัดเลือกเพื่อนในกลุ่มที่มีญาติอาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงกันจำนวนมาก หรือสามารถติดต่อกันได้ง่าย แล้ววางแผนการสำรวจลักษณะที่สนใจภายในครอบครัวที่เลือกเป็นกรณีศึกษา
3. ดำเนินการเก็บข้อมูล และนำเสนอผลการสำรวจ

คำถามหลังกิจกรรม

1. จากผลการสำรวจ มีลักษณะใดบ้างที่เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม นักเรียนทราบได้อย่างไร

จากกิจกรรมจะเห็นว่า เพื่อนในชั้นเรียนมีลักษณะบางอย่างที่อาจเหมือนหรือต่างกัน เช่น บางคนมีตาสีน้ำตาล มีลักยิ้ม มีหนังตาชั้นเดียว หรือมีผมหยักศก โดยเพื่อน ๆ ได้รับลักษณะเหล่านี้มาจากพ่อแม่ หรือปู่ย่าตายายของเขานั่นเอง

ลักษณะที่ถูกถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง โดยอาจมีการแสดงออกหรือไม่แสดงออกของลักษณะนั้น ๆ ในแต่ละรุ่นก็ได้ เรียกว่า **ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic trait)** ลักษณะทางพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดได้โดยผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อ (เซลล์อสุจิ) และเซลล์สืบพันธุ์ของแม่ (เซลล์ไข่) ดังนั้นลูกที่เกิดมาจึงได้รับลักษณะทางพันธุกรรมมาจากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง ตัวอย่างลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม เช่น ลักษณะเชิงผมที่หน้าผาก (ตรงหรือแหลม) จำนวนชั้นของเปลือกตา (ชั้นเดียวหรือสองชั้น)



ผลที่ถูกสืบทอด เป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นถัดไปได้หรือไม่



สำหรับบางลักษณะที่พบในสิ่งมีชีวิตอาจไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม แต่เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นภายหลังจากการกำเนิด เช่น แผลเป็นที่เกิดจากสุนัขกัด สันจมูกที่โด่งขึ้นจากการทำศัลยกรรม และทรงผมแบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ว่าลักษณะใดเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมนั้น สามารถดูได้จากการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในหลาย ๆ รุ่น เพราะบางลักษณะอาจไม่ปรากฏในรุ่นลูกแต่อาจปรากฏในรุ่นหลานได้ ลักษณะทางพันธุกรรมสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ลักษณะที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมเพียงอย่างเดียว เช่น ลักษณะเชิงผมที่หน้าผาก (ตรงหรือแหลม) ลักยิ้ม (มีลักยิ้มหรือไม่มีลักยิ้ม) ลักษณะต้งหู (มีต้งหูหรือไม่มีต้งหู) และจำนวนชั้นของเปลือกตา (ชั้นเดียวหรือสองชั้น)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.2 (ก) ลักษณะมีต้งหู และ (ข) ลักษณะไม่มีต้งหู เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง

2) ลักษณะที่มีความแปรผันแบบต่อเนื่อง (continuous variation)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่แยกความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมร่วมกับสิ่งแวดล้อม เช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก โครงร่าง และสีม่านตา



รูปที่ 1.3 สีผิวมนุษย์เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบต่อเนื่องซึ่งไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

ศึกษาโจทย์ประยุกต์เพิ่มเติมที่

<https://uqr.to/wern>



แบบฝึกทักษะ 1.1



จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. (*) ใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดสู่รุ่นถัด ๆ ไปได้ และเครื่องหมาย ✕ หน้าข้อที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม

..... 1.1 ลักษณะของเส้นผม (หยิกหรือตรง)



ผมหยิก



ผมตรง

..... 1.2 ลักษณะเชิงผมที่หน้าผาก (ตรงหรือแหลม)



แบบแหลม



แบบตรง

..... 1.3 ลักษณะรอยสัก (มีรอยสักหรือไม่มีรอยสัก)



มีรอยสัก



ไม่มีรอยสัก

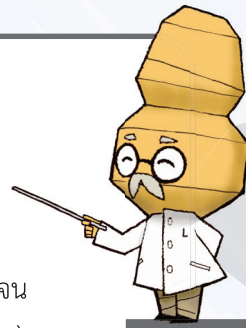




ลักษณะทางพันธุกรรม

พันธุกรรม (heredity) เป็นการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ จากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน หรือรุ่นต่อ ๆ ผ่านกระบวนการสืบพันธุ์ โดยลักษณะต่าง ๆ ที่ถ่ายทอดได้ เรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic character) และเรียกการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตว่า พันธุศาสตร์ (genetics)

ลักษณะที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation)



ลักษณะทางพันธุกรรมที่แยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เช่น ลักษณะเชิงผมที่หน้าผาก (แบบแหลม หรือแบบตรง), ลักษณะลักยิ้ม (มีลักยิ้ม หรือไม่มีลักยิ้ม), ลักษณะติ่งหู (มีติ่งหู หรือไม่มีติ่งหู)



[1]



ลักษณะที่มีความแปรผันแบบต่อเนื่อง (continuous variation)

ลักษณะทางพันธุกรรมที่แยกความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมร่วมกับสิ่งแวดล้อม เช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก และสีม่านตา



[2]



บทวนตัวเอง

จงอ่านข้อความที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม

วิรินดาสำรวจลักษณะบางประการที่ปรากฏในตัวเองและบุคคลในครอบครัว ได้แก่ ลักยิ้ม ตีงหู นิ้วโป้ง การห่อลิ้น และทรงผม พบลักษณะต่าง ๆ ของบุคคลในครอบครัวได้ดังตาราง

ลักษณะภายนอก	พ่อ	แม่	พี่ชาย	วิรินดา
ลักยิ้ม	มี	ไม่มี	มี	มี
ตีงหู	มี	มี	มี	มี
นิ้วโป้ง	งอน	ไม่งอน	งอน	งอน
การห่อลิ้น	ไม่ได้	ได้	ได้	ไม่ได้
ทรงผม	ผมสั้น	ผมยาว	ผมสั้น	ผมยาว

จงพิจารณาแต่ละข้อต่อไปนี้ แล้วตอบว่า “ถูกต้อง” หรือ “ไม่ถูกต้อง”

เรื่องที่ 1.1	1) ทรงผมเป็นลักษณะทางพันธุกรรม
เรื่องที่ 1.1	2) พี่ชายมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนพ่อ 3 ลักษณะ
เรื่องที่ 1.1	3) วิรินดามีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนแม่ 1 ลักษณะ
เรื่องที่ 1.1	4) การมีตีงหูเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง
เรื่องที่ 1.1	5) การห่อลิ้นได้เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง

หลังจากบทวนตัวเอง ตรวจสอบความถูกต้องได้ที่

<https://uqr.to/wcrq>



2. โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

2.1 โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

2.2 การแบ่งเซลล์



แมววิเชียรมาศ หรือแมวสยาม (Siamese Cat) มีลักษณะเด่นคือ มีตาสีฟ้า ลักษณะขนสั้นแน่นสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน มีแต้มสีน้ำตาลไหม้ที่บริเวณใบหน้า หูทั้งสองข้าง เท้าทั้งสี่ หาง และที่อวัยวะเพศ รวม 9 จุด ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะทางพันธุกรรมของแมววิเชียรมาศที่ถูกถ่ายทอดสู่รุ่นลูกและรุ่นต่อ ๆ ไป

ลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ ถูกควบคุมด้วยสิ่งใด ถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกและรุ่นต่อ ๆ ไปอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สังเกต อธิบายลักษณะของโครโมโซม และระบุส่วนของโครโมโซม
- อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือ ดีเอ็นเอ
- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม
- อธิบายการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส

คำสำคัญ

- โครมาทิน
- โครมาทิด
- โครโมโซม
- ดีเอ็นเอ
- ยีน
- เซลล์ร่างกาย
- เซลล์สืบพันธุ์
- ไมโทซิส
- ไมโอซิส

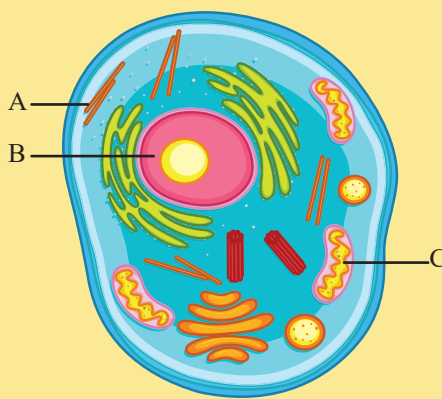


ทดสอบความพร้อม

ทำแบบทดสอบออนไลน์ที่

<https://uqr.to/wcrs>



หน่วย	จุดประสงค์	คำถาม
หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ม.1	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบรูปร่าง ลักษณะ และโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ รวมทั้งบรรยายหน้าที่ของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม นิวเคลียส แวคิวโอล ไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์	1. จงระบุชื่อและอธิบายหน้าที่ของโครงสร้าง A - C 
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ม.3	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม โดยใช้แบบจำลอง	2. ลักษณะทางพันธุกรรมถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกและรุ่นถัด ๆ ไปผ่านกระบวนการใด



ร่างกายของสิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นมาจากหน่วยพื้นฐานคือ เซลล์ (cell) ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียสที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ ภายในนิวเคลียสยังเป็นที่อยู่ของสารพันธุกรรม หากลองใช้กล้องจุลทรรศน์สังเกตภายในเซลล์ นักเรียนคิดว่าสารพันธุกรรมมีลักษณะเป็นอย่างไร

2.1 โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

การทดลอง

การทดลองที่ 1.1 : ลักษณะของโครโมโซม

จุดประสงค์ สามารถบอกลักษณะของโครโมโซมที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง 1 กล้อง | 9. ดินสอที่มียางลบ 1 แท่ง |
| 2. สไลด์และกระจกปิดสไลด์ 1 ชุด | 10. หอมแดง 1 หัว |
| 3. ใบมีดโกน 1 ใบ | 11. น้ำกลั่น |
| 4. ปากคีบ 1 อัน | 12. สีอะซีโตคาร์มินความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมวลต่อปริมาตร |
| 5. หลอดหยด 2 หลอด | 13. กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรต่อปริมาตร |
| 6. กระจกขั้วระ | |
| 7. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ชุด | |
| 8. ปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร 1 ใบ | |

วางแผนการทดลอง

<https://uqr.to/wcru>



วิธีการทดลอง

1. เพาะหอมแดงโดยวางลงในขวดปากกว้างหรือปีกเกอร์ที่มีน้ำนานประมาณ 3 วัน หรือจนรากงอกประมาณ 1-2 เซนติเมตร
2. ตัดรากหอมแดงและใช้ปากคีบวางลงบนสไลด์ แล้วใช้ใบมีดโกนตัดปลายรากบริเวณที่มีสีขาวขุ่น ยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เพราะเป็นบริเวณที่รากหอมแดงมีการแบ่งเซลล์
3. หยดกรดไฮโดรคลอริกไปบนปลายรากประมาณ 1-2 หยด ทิ้งไว้ 5 นาที จึงซับเอารากออกด้วยกระดาษชำระ แล้วหยदनํ้ากลั่นลงบนปลายรากเพื่อล้างกรดออก และซับแห้งด้วยกระดาษชำระ
4. หยดสีอะซีโตคาร์มิน 1-2 หยด ให้ทั่วมราก แล้วนำสไลด์ผ่านบนเปลวไฟ 1-2 ครั้ง ระวังอย่าให้สีเดือด และแห้ง แล้วจึงปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
5. ใช้ดินสอด้านที่มียางลบกดลงเบา ๆ บนกระจกปิดสไลด์ เพื่อให้เซลล์รากหอมกระจายออกจากกัน
6. ซับสีส่วนเกินออกด้วยกระดาษชำระ แล้วนำสไลด์มาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาลักษณะของโครโมโซม



บันทึกผล

ภาพวาดลักษณะโครโมโซมที่เห็น ภายใต้กล้องจุลทรรศน์	อธิบายลักษณะโครโมโซมที่สังเกตพบ

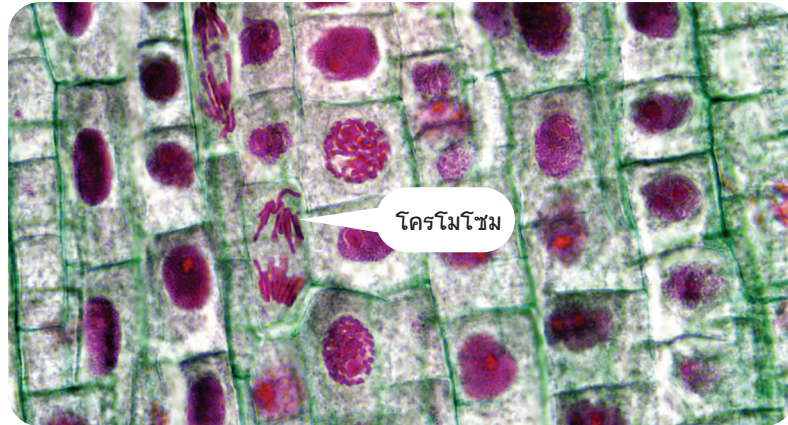
คำถามหลังการทดลอง

1. เพราะเหตุใดเซลล์ปลายรากหอมจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ศึกษาโครโมโซม
2. นักเรียนสามารถใช้เซลล์ชนิดใดจากหอมแดงได้อีกบ้างในการศึกษาโครโมโซม

สรุปผลการทดลอง

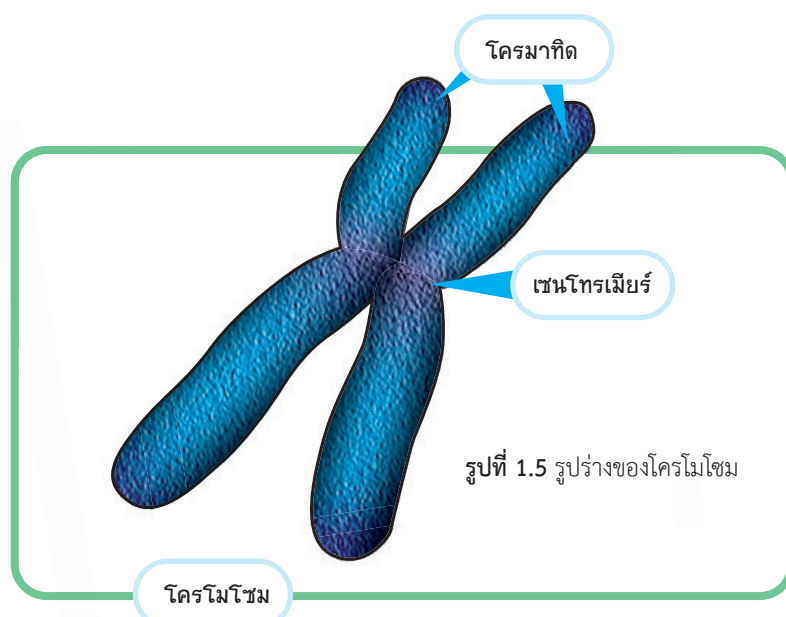
<https://uqr.to/wcrx>

เมื่อนักเรียนย้อมเซลล์ปลายรากหอมด้วยสีย้อมบางชนิดแล้วส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่ามีสารพันธุกรรมอยู่ภายในเซลล์ บางเซลล์ไม่สามารถระบุขอบเขตของนิวเคลียส บางเซลล์เห็นขอบเขตของนิวเคลียสชัดเจนและจะเห็นลักษณะคล้ายเส้นใยที่คล้ายตัวเป็นสายยาว เรียกว่า **โครมาติน (chromatin)** ซึ่งเมื่อเซลล์อยู่ในระยะของการแบ่งเซลล์โครมาตินจะจำลองตัวเองตัวเองเป็น 2 เส้น และขดตัวลงเป็นแท่งสั้น ๆ เรียกว่า **โครโมโซม (chromosome)**



รูปที่ 1.4 ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เมื่อส่องรากหอมเพื่อสังเกตลักษณะของโครโมโซม [3]

จากภาพของเซลล์รากหอมขณะกำลังแบ่งเซลล์ หากนำโครโมโซมมาสร้างเป็นแบบจำลองจะพบว่าโครโมโซม 1 แท่ง ประกอบด้วยแขน 2 ข้าง โดยเรียกแขนแต่ละข้างว่า **โครมาทิด (chromatid)** ซึ่งจะมีจุดที่เชื่อมติดอยู่ เรียกว่า **เซนโทรเมียร์ (centromere)** ทำให้โครโมโซมมีลักษณะคล้ายปาห่องโก๋



รูปที่ 1.5 รูปร่างของโครโมโซม

ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีจำนวนโครโมโซมที่เท่ากันหรือแตกต่างกันไป แต่สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีจำนวนโครโมโซมภายในเซลล์เท่ากันเสมอ

ตารางที่ 1.1

จำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกาย
ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ



[4]

**ควรระวัง**

จำนวนโครโมโซม

ในเซลล์ร่างกาย

ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งมีชีวิต

ชนิดของ สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม ของเซลล์ร่างกาย (แท่ง)
ยุงก้นปล่อง	6
แมลงหวี่	8
กบ	26
หนู	40
กระต่าย	44
ลิงชิมแปนซี	48
มนุษย์	46
ถั่วลิ้นเตา	14
ข้าวบาร์เลย์	14
ข้าวโพด	20
กล้วย	22
มะเขือเทศ	24

แหล่งที่มาของข้อมูล : ศูนย์ข้อมูลทางเทคโนโลยี
ชีวภาพแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National
Center for Biotechnology Information, NCBI)



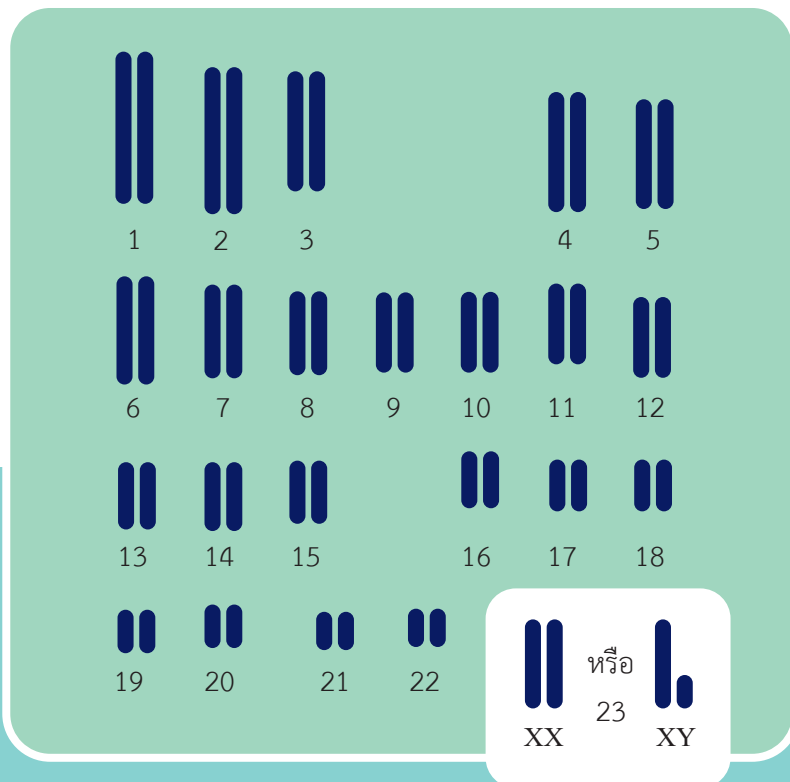
ในเซลล์ร่างกายของมนุษย์มีจำนวนโครโมโซมเท่าใด

การศึกษาจำนวนและรูปร่างโครโมโซมทำได้โดยการนำนิวเคลียสของเซลล์ร่างกาย เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว มาใส่สารเคมีบางชนิดและนำเซลล์มาย้อมสี แล้วจึงสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์ซึ่งจะทำให้เห็นโครโมโซม จากนั้นบันทึกภาพแล้วจึงนำโครโมโซมมาจัดเรียงตามขนาดและรูปร่าง โดยจัดโครโมโซมที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกันไว้คู่กัน เรียกแผนภาพของการจัดเรียงโครโมโซมนี้ว่า **คาริโอไทป์ (karyotype)** มนุษย์จะมีโครโมโซมจำนวน 46 แท่ง จัดเป็นคู่ ๆ ได้ 23 คู่ แบ่งเป็นโครโมโซมร่างกายหรือออโตโซม (autosome) จำนวน 22 คู่ เป็นโครโมโซมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเพศ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทั้งในเพศหญิงและเพศชาย สำหรับโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมที่มีบทบาทในการกำหนดเพศ เรียกว่า **โครโมโซมเพศ (sex chromosome)** โดยในเพศหญิงมีโครโมโซมเพศเป็น XX ส่วนในเพศชายมีโครโมโซมเพศเป็น XY



ควรระวัง

โครโมโซม X
มีขนาดใหญ่กว่า
โครโมโซม Y

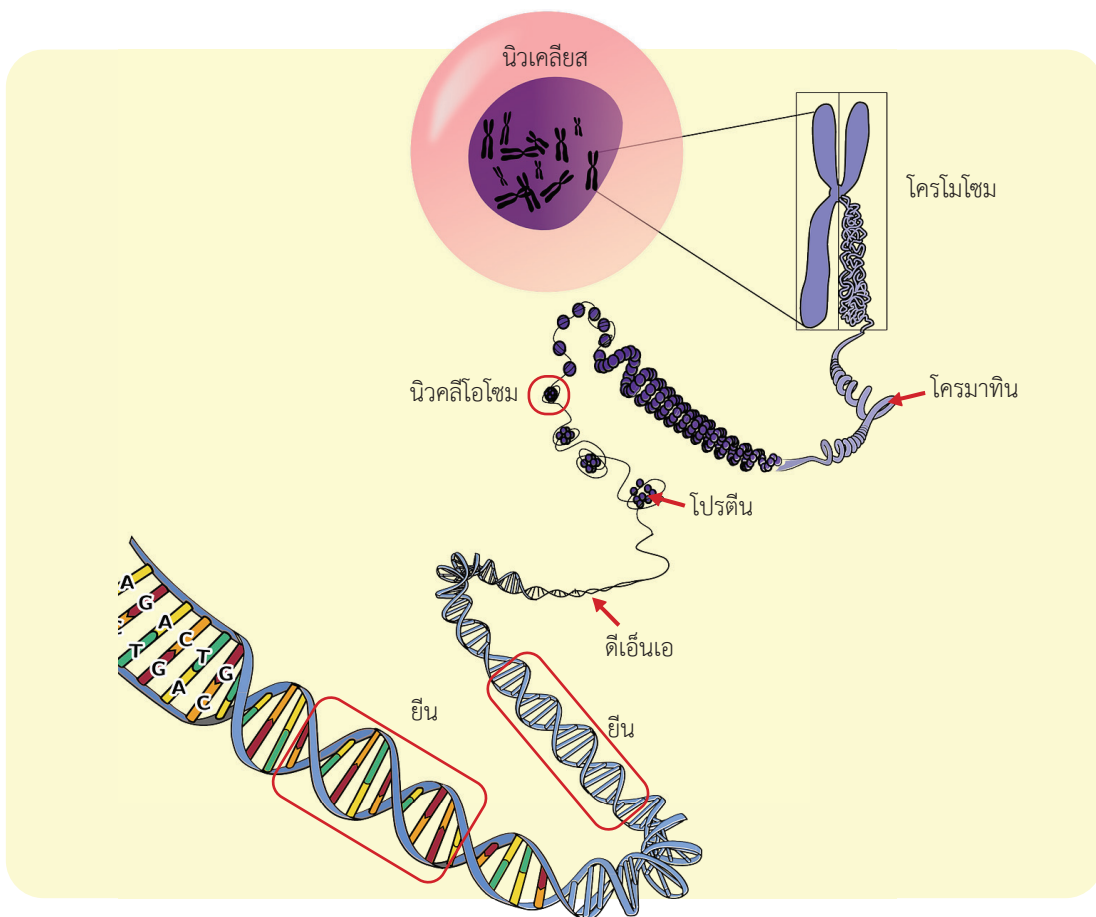


รูปที่ 1.6 มนุษย์ปกติมีโครโมโซม 46 แท่ง หรือ 23 คู่ โดยคู่ที่ 1-22 เป็นโครโมโซมร่างกาย ส่วนคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศ (เพศหญิงมีโครโมโซมเป็น XX ส่วนเพศชายมีโครโมโซมเป็น XY)



ส่วนประกอบใดของโครโมโซมที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

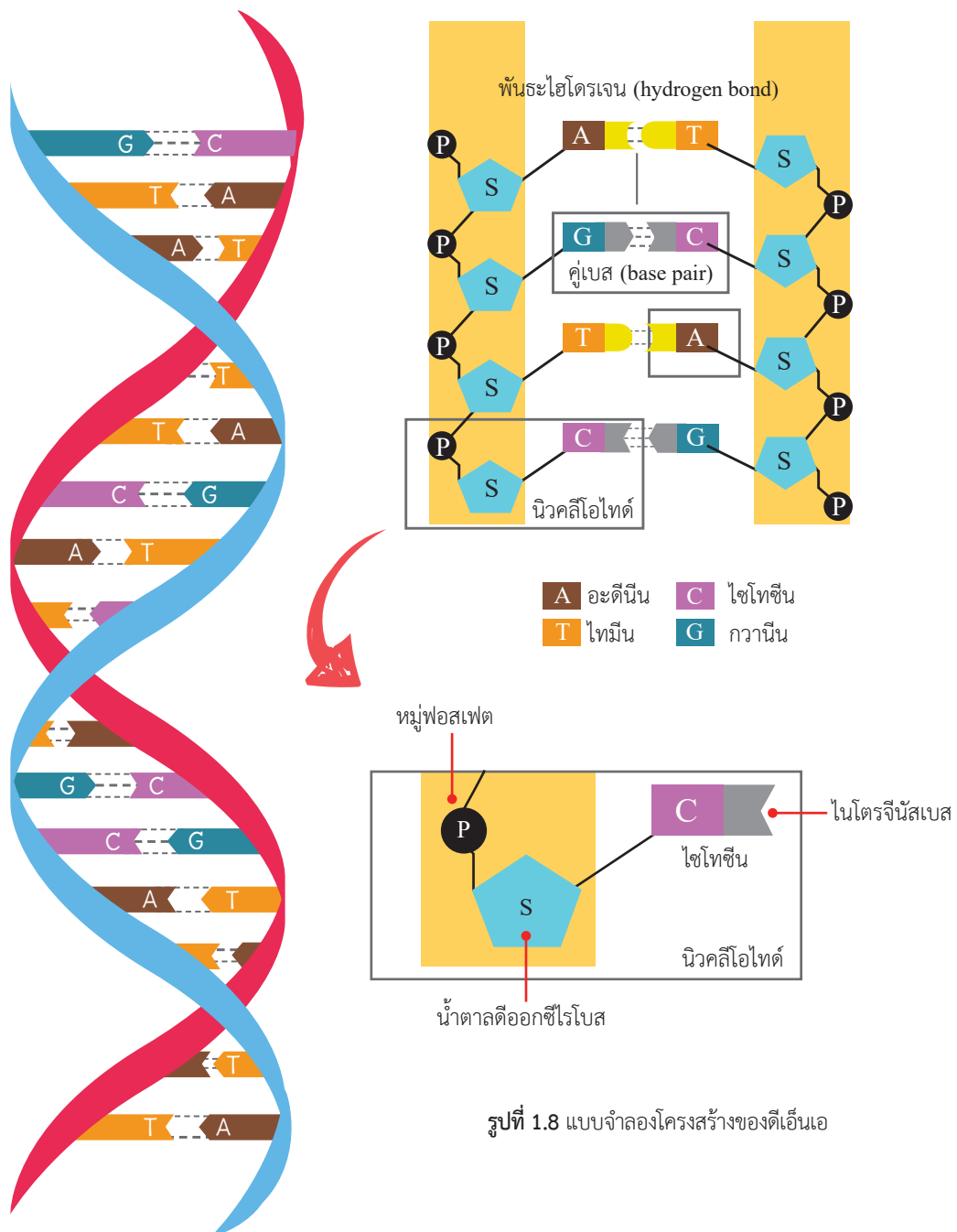
โครโมโซมประกอบด้วยสาร 2 ชนิด ได้แก่ กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก หรือ ดีเอ็นเอ (DNA) และ โปรตีน โดยสารพันธุกรรมคือดีเอ็นเอ โดยทั่วไปสายของดีเอ็นเอจะพันรอบ ๆ โปรตีนชนิดหนึ่งจนมีลักษณะคล้ายเม็ดลูกปัดเรียกว่า นิวคลีโอโซม (nucleosome) การพันกันของดีเอ็นเอและโปรตีนจะทำให้สายดีเอ็นเอขดสั้นลงมากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นแท่งโครโมโซม บนสายดีเอ็นเอนั้นบางช่วงทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมหรือที่เรียกว่า ยีน (gene) เช่น ยีนควบคุมสีผิว ยีนควบคุมสีตา และยีนควบคุมลักษณะอื่น ๆ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของดีเอ็นเอคืออะไร



รูปที่ 1.7 ส่วนประกอบของโครโมโซม [5]



ดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรมที่พบเป็นส่วนใหญ่ในสิ่งมีชีวิต มีโครงสร้างเป็นสาย 2 สาย พันกันเป็นเกลียวคู่ มีรูปร่างคล้ายบันไดเวียนขวา มีหน่วยย่อยเป็นนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) โดยแต่ละหน่วยของนิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วย น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose) หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส (nitrogenous base) ซึ่งประกอบด้วยเบส 4 ชนิด ได้แก่ อะดีนีน (adenine; A) ไทมีน (thymine; T) กวานีน (guanine; G) และไซโทซีน (cytosine; C) โดยในดีเอ็นเอสายคู่หนึ่งจะมีการจับคู่กันของเบส 2 รูปแบบ คือ A จับคู่ T และ G จับคู่ C ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 แบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ



โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



การทดลอง

กิจกรรมที่ 1.2 : แบบจำลองยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

จุดประสงค์ สำรวจและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

วิธีการทำกิจกรรม

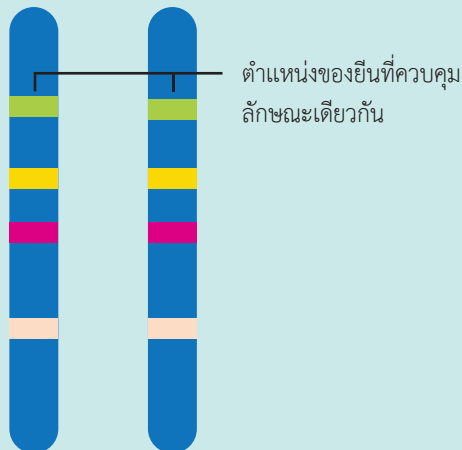
1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
2. ร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม
3. สร้างแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม พร้อมนำเสนอผลหน้าชั้นเรียน

คำถามหลังกิจกรรม

1. ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



ยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอซึ่งมีลำดับของรหัสที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมอยู่ โดยตำแหน่งของยีนจะอยู่บนแท่งโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมแต่ละแท่งจะมียีนอยู่มากมาย และแต่ละยีนจะควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันออกไป ในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีโครโมโซมอยู่เป็นคู่ ยกเว้นเซลล์สืบพันธุ์ โดยโครโมโซมแต่ละคู่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน ความยาวเท่ากัน และมียีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันบนโครโมโซมที่เป็นคู่กัน เรียกโครโมโซมคู่เหมือนนี้ว่า **ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome)**



รูปที่ 1.9 ฮอมอโลกัสโครโมโซมมียีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน
อยู่ตรงตำแหน่งเดียวกัน



สาระสำคัญ

จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย และเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์

ภายในนิวเคลียสของแต่ละเซลล์ที่ประกอบเป็นร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหมดทุกเซลล์ เช่น ทุก ๆ เซลล์ร่างกายมนุษย์จะมีโครโมโซมจำนวน 46 แท่ง ส่วนเซลล์สืบพันธุ์จะมีโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย

เพศชาย

เพศหญิง

เซลล์ร่างกาย (46 แท่ง หรือ 23 คู่)

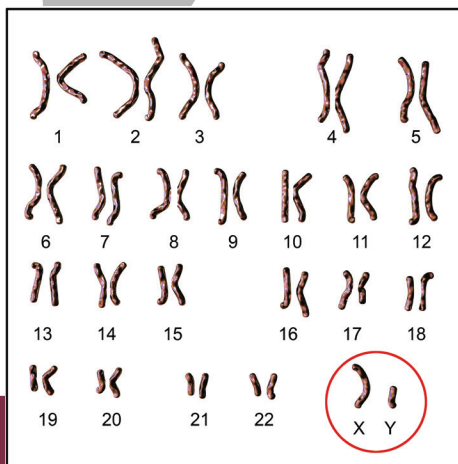
44 แท่ง + XY

44 แท่ง + XX

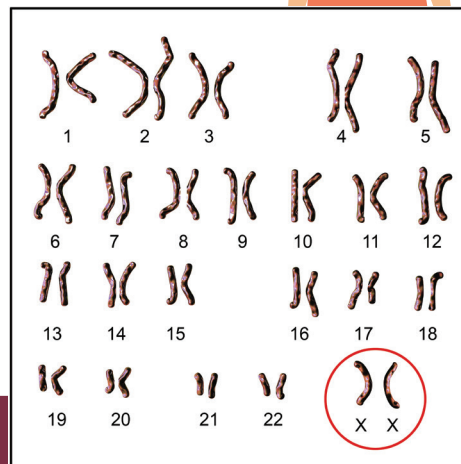
เซลล์สืบพันธุ์ (23 แท่ง)

22 แท่ง + X หรือ
22 แท่ง + Y

22 แท่ง + X



โครโมโซมในเซลล์ร่างกาย 1 เซลล์ของเพศชาย



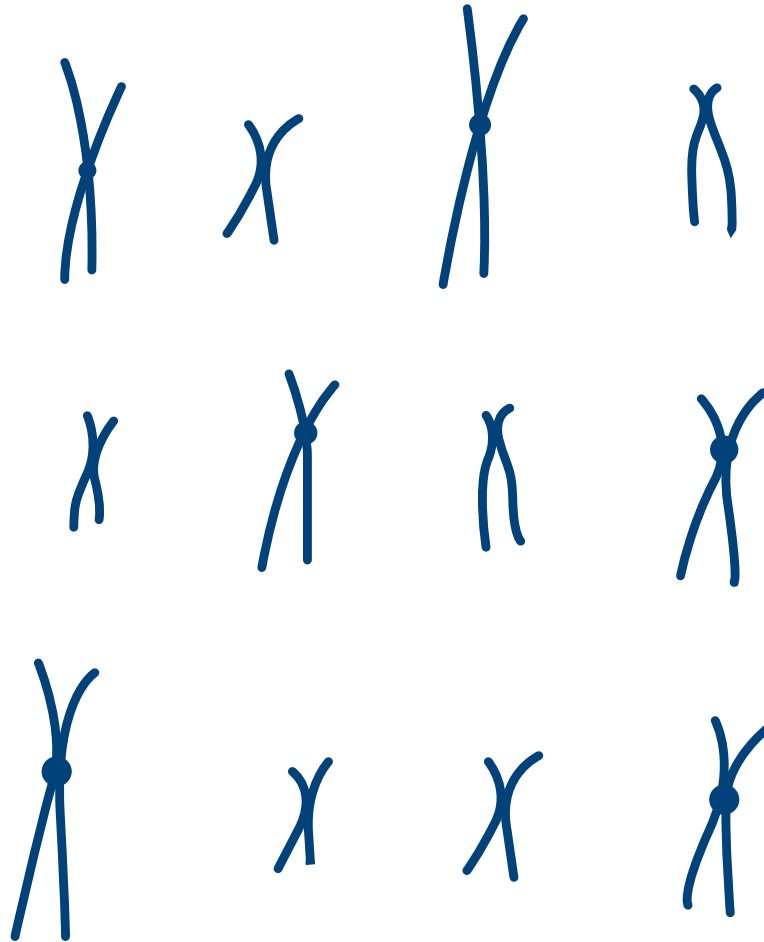
โครโมโซมในเซลล์ร่างกาย 1 เซลล์ของเพศหญิง





กิจกรรมระหว่างเรียน

นักวิทยาศาสตร์ตรวจสอบโครโมโซมในเซลล์ลำต้นพืชชนิดหนึ่งได้แผนภาพดังนี้



จากข้อมูล ให้นักเรียนจับคู่ฮอโมโลกัสโครโมโซมโดยเขียนหมายเลขกำกับ 1-6 ไว้ด้านล่างของโครโมโซมแต่ละแท่ง

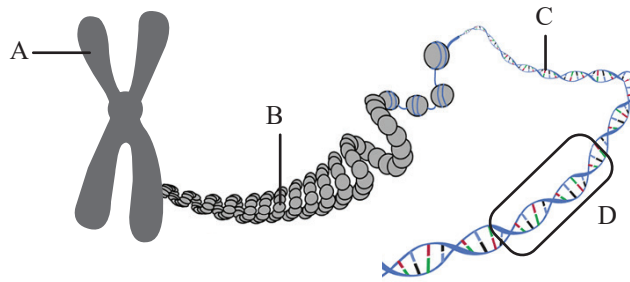


แบบฝึกทักษะ 1.2



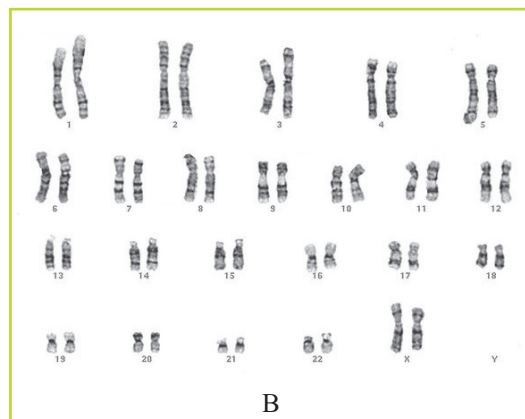
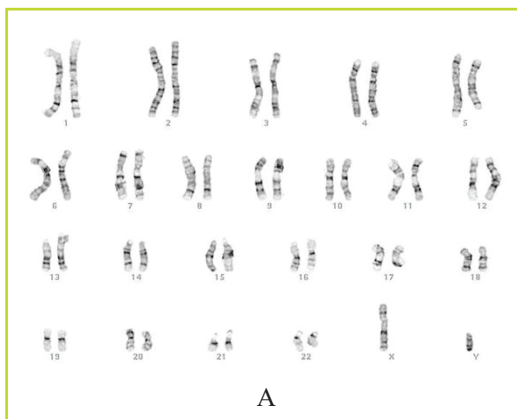
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. (**) พิจารณาภาพที่กำหนดให้ จงบอกชื่อโครงสร้าง A - D



2. (*) “สิ่งมีชีวิตที่มีร่างกายขนาดใหญ่จะมีจำนวนโครโมโซมมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีร่างกายขนาดเล็ก”
เป็นคำกล่าวที่ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

3. (**) พิจารณาการรีโอไทป์เซลล์ร่างกายของมนุษย์ A - B



- 3.1 ออโตโซมของมนุษย์มีกี่คู่ คือโครโมโซมคู่ที่เท่าใด

- 3.2 ภาพ A เป็นคาริโอไทป์ของเพศใด และภาพ B เป็นโครโมโซมของเพศใด

4. (*) หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของดีเอ็นเอคืออะไร

5. (*) จงอธิบายความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม



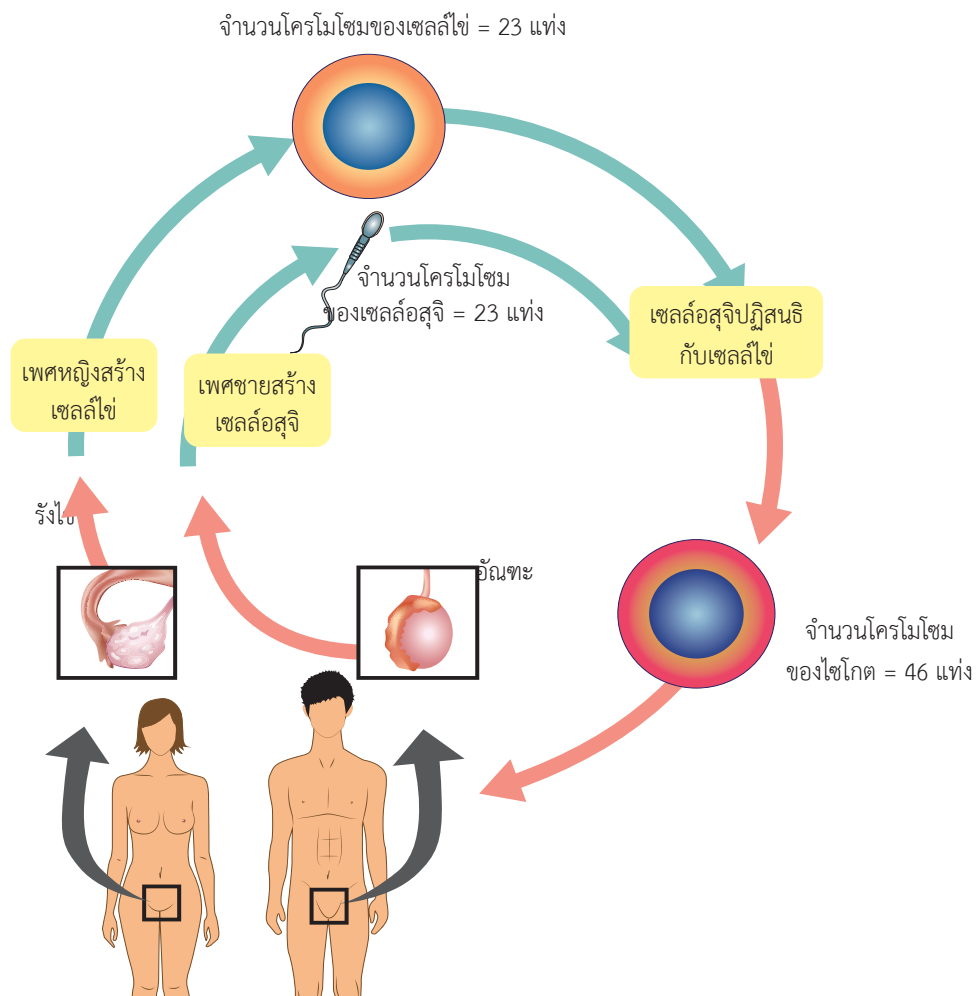
เพราะเหตุใด โครโมโซมของเซลล์ร่างกายจึงอยู่เป็นคู่



2.2 การแบ่งเซลล์

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งเซลล์จาก 1 เซลล์ เป็น 2 เซลล์ ส่วนสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์มีการเจริญเติบโต มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์ ซึ่งการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย และทดแทนเซลล์ร่างกายที่เสียหายหรือตาย เรียกว่า **การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitotic cell division)** โดยเซลล์ใหม่ที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม ส่วนการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เรียกว่า **การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiotic cell division)** โดยเซลล์ใหม่จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง

ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสิ่งมีชีวิต เมื่อมีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจำนวนโครโมโซมก็จะกลับมาเท่ากับโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย จึงทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถคงจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายไว้ได้เท่าเดิม เช่น มนุษย์มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย 46 แท่ง (23 คู่) จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (เซลล์ไข่) และเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (เซลล์อสุจิ) ที่มีโครโมโซม 23 แท่ง เมื่อเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิปฏิสนธิกันก็จะได้ไซโกต (zygote) ที่มีโครโมโซมในเซลล์เท่ากับ 46 แท่ง นักเรียนทราบหรือไม่ว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสมีอะไรต่างกันอีกบ้าง



รูปที่ 1.11 กระบวนการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิง (เซลล์ไข่) และเซลล์สืบพันธุ์เพศชาย (เซลล์อสุจิ) และจำนวนโครโมโซมในเซลล์ก่อนและหลังการปฏิสนธิ

เซลล์ที่มีอยู่เดิมจะแบ่งเซลล์เป็นเซลล์ใหม่ได้ต้องผ่าน **การแบ่งนิวเคลียส (karyokinesis) และการแบ่งไซโทพลาซึม (cytokinesis)** การแบ่งนิวเคลียสมี 2 แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส เมื่อเซลล์มีการแบ่งนิวเคลียสแล้ว เซลล์ก็จะแบ่งไซโทพลาซึมต่อทันที



การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและไมโอซิสเป็นอย่างไร

ในช่วงแรกของการแบ่งนิวเคลียส เซลล์จะเข้าสู่ระยะเตรียมพร้อม เรียกระยะนี้ว่า **ระยะอินเตอร์เฟส (interphase)** หลังจากนั้นเข้าสู่ระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม หากเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะไม่มี การแยกคู่ของฮอมอโลกัสโครโมโซม ทำให้เซลล์ร่างกายเซลล์ใหม่มีจำนวนโครโมโซมคงที่ หากเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่จะมีการแยกคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซม จึงได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

เซลล์สืบพันธุ์จะทำหน้าที่ส่งต่อสารพันธุกรรมให้แก่รุ่นถัดไป แต่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เมื่อมีการเจริญเติบโต หรือเซลล์สึกหรอ เซลล์ที่มีอยู่เดิมส่วนใหญ่ก็จะสามารถเข้าสู่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้อีก ดังนั้นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจึงมี **วัฏจักรเซลล์ (cell cycle)** อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่า เซลล์ร่างกายบางชนิด เช่น เซลล์ประสาท และเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง เมื่อเซลล์ตาย เซลล์ที่เหลืออกอยู่จะไม่สามารถแบ่งเซลล์ขึ้นมาทดแทนได้อีก

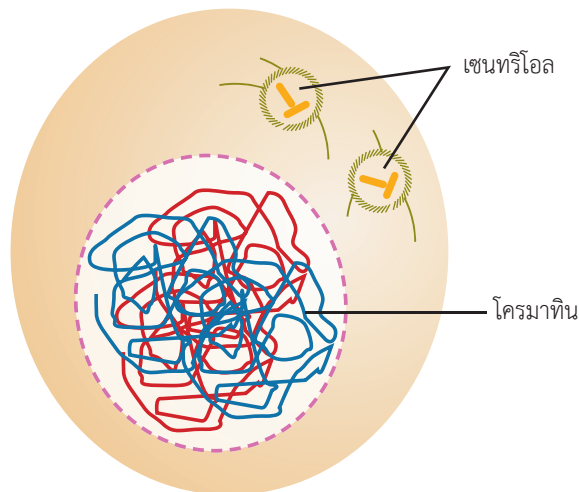


ในระยะอินเตอร์เฟสเกิดอะไรขึ้นบ้าง



ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ระยะนี้เป็นระยะเตรียมตัวก่อนที่เซลล์จะแบ่งนิวเคลียส แบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย คือ

- ระยะ G_1 เป็นระยะก่อนการสร้างดีเอ็นเอ เซลล์มีการเจริญเติบโต ขยายขนาด ระยะนี้จะมีการสร้างสารและโปรตีนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์
- ระยะ S เป็นที่มีการจำลองโครมาตินขึ้นอีก 1 สาย ทำให้ 1 โครโมโซมมี 2 โครมาทิด
- ระยะ G_2 เป็นระยะที่โครมาตินขดตัวมากขึ้น มีการสร้างโปรตีนและออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ในระยะนี้ของเซลล์สัตว์จะพบว่าการจำลองเซนโทรโซม 2 อัน เรียกแต่ละอันว่า เซนทริโอล (centriole)



รูปที่ 1.13 ระยะ G_2 ของอินเตอร์เฟส

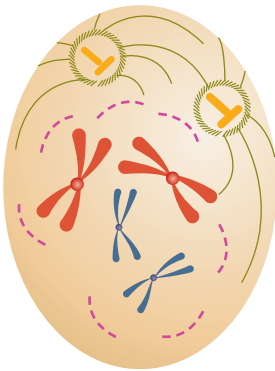
ระยะต่อไปเซลล์จะเข้าสู่ขั้นตอนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและไมโอซิสซึ่งมีรายละเอียดต่างกั นนักเรียนจะได้ศึกษารายละเอียดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์ไมโอซิสดังต่อไปนี้

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitotic cell division)



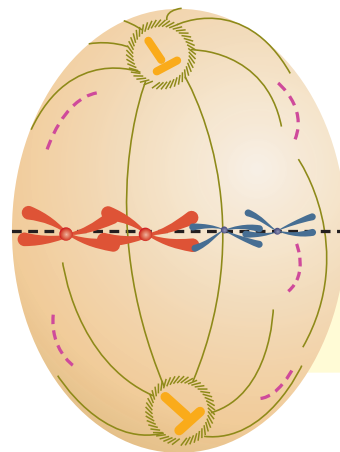
การแบ่งนิวเคลียส

ระยะอินเตอร์เฟส เป็นระยะเตรียมความพร้อม มีการจำลองตัวของโครมาติน สังเคราะห์สารและโปรตีน จากนั้นเซลล์จะเข้าสู่กระบวนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ซึ่งมีระยะย่อย ๆ ดังนี้



- **ระยะโพรเฟส (prophase)** ระยะนี้โครโมโซมจะเริ่มหดสั้นและมีความหนาแน่นขึ้น เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายไป ทำให้เริ่มมองเห็นโครโมโซมเป็นแท่ง แต่ละแท่งมี 2 โครมาทิด ในเซลล์สัตว์เซนทริโอลสร้างเส้นใยสปินเดิล (spindle fiber) มาจับที่โครโมโซม ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของโครโมโซม ในเซลล์พืชก็มีเส้นใยสปินเดิลเช่นกันแต่สร้างมาจากส่วนของโพลาร์ แคป (polar cap)

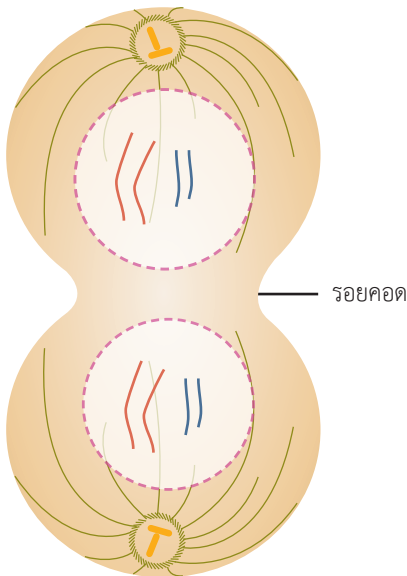
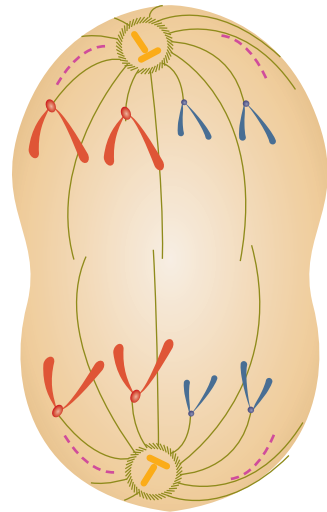
- **ระยะเมทาเฟส (metaphase)** ระยะนี้โครโมโซมจะหดสั้นที่สุด โครโมโซมทั้งหมดจะเคลื่อนมาอยู่บริเวณกึ่งกลางเซลล์ เรียกว่าเป็นแถวตอนเรียงหนึ่ง ซึ่งเหมาะสมแก่การตรวจสอบรูปร่างและลักษณะของโครโมโซม



แนวกึ่งกลางเซลล์
(metaphase plate)



- **ระยะแอนาเฟส (anaphase)** เป็นระยะที่สปินเดิลไฟเบอร์ ดึงโครมาทิดของแต่ละโครโมโซมให้แยกตัวออกจากกัน ไปยังขั้วของเซลล์แต่ละขั้ว



- **ระยะเทโลเฟส (telophase)** ระยะนี้พบว่า เมื่อโครโมโซม เคลื่อนที่ไปถึงขั้วเซลล์ของทั้งสองด้าน โครโมโซมจะเริ่ม คลายตัวเป็นเส้นใยโครมาทิน เยื่อหุ้มนิวเคลียสจะเริ่ม ปรากฏขึ้น

ศึกษาโจทย์ประยุกต์เพิ่มเติมที่

<https://uqr.to/wcs0>



เมื่อสิ้นสุดระยะเทโลเฟสก็จะเกิด **การแบ่งไซโทพลาซึม** โดยเซลล์สัตว์จะเกิดรอยคอดที่แคบลงเรื่อย ๆ จนทำให้เซลล์แบ่งออกเป็น 2 เซลล์ ส่วนในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์เพื่อแบ่งทั้ง 2 เซลล์ออกจากกัน เมื่อเซลล์แบ่งไซโทพลาซึมได้สมบูรณ์ก็จะได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับกับเซลล์ตั้งต้น และ เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นมีพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์ตั้งต้นเช่นกัน



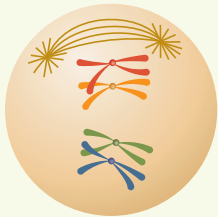
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiotic cell division)



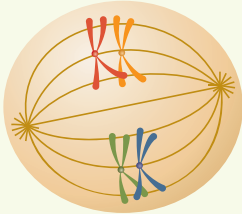
การแบ่งนิวเคลียส

ระยะอินเตอร์เฟส ระยะเตรียมความพร้อมเหมือนกับในระยะอินเตอร์เฟสของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส 2 ครั้ง คือ **ไมโอซิส I (meiosis I)** และ **ไมโอซิส II (meiosis II)** ดังนี้

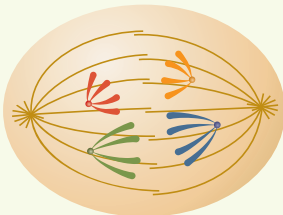
ไมโอซิส I



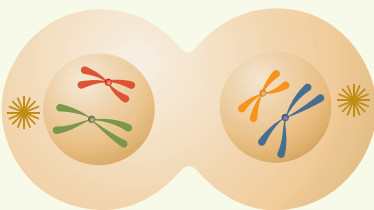
- **ระยะโพรเฟส I (prophase I)** ฮอมอโลกัสโครโมโซมมาเข้าคู่กัน แล้วเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ เรียกกระบวนการนี้ว่า **ครอสซิงโอเวอร์ (crossing over)**



- **ระยะเมทาเฟส I (metaphase I)** โครโมโซมหดสั้นที่สุด และฮอมอโลกัสโครโมโซมมาเรียงกันในแนวกลางเซลล์



- **ระยะแอนาเฟส I (anaphase I)** เป็นระยะที่สปินเดิลไฟเบอร์ดึงแยกโครโมโซมออกจากฮอมอโลกัสโครโมโซม โดยแต่ละโครโมโซมยังประกอบด้วย 2 โครมาทิด



- **ระยะเทโลเฟส I (telophase I)** โครโมโซมที่ชั่วเซลล์จะเริ่มคลายตัว และเยื่อหุ้มนิวเคลียสจะเริ่มปรากฏขึ้นมาใหม่

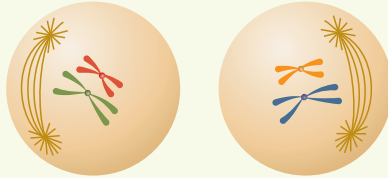


ควรรวัง

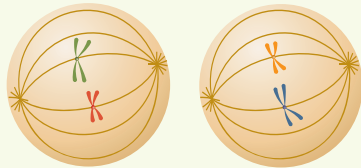
เมื่อสิ้นสุดไมโอซิส I เซลล์ส่วนใหญ่จะมีการแบ่งไซโทพลาซึม และเตรียมความพร้อมเข้าสู่ **ไมโอซิส II** โดยที่ไม่มีการจำลองตัวของโครมาทิน



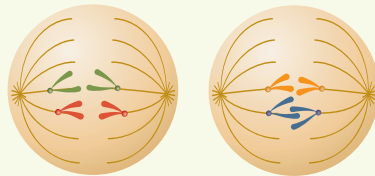
ไมโอซิส II



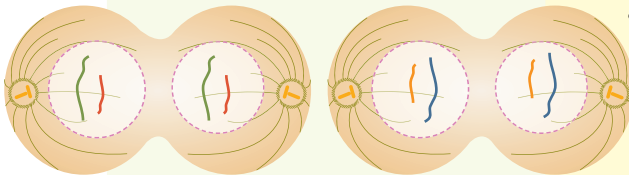
- **ระยะโพรเฟส II (prophase II)**
เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลาย โครโมโซมเริ่มหดสั้น และเห็นได้ชัดเจนขึ้น



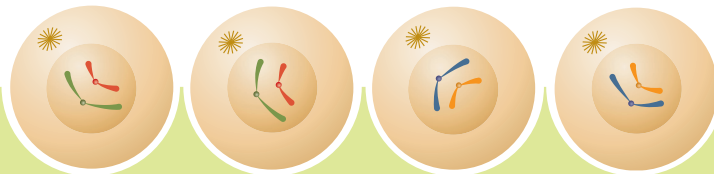
- **ระยะเมทาเฟส II (metaphase II)**
โครโมโซมมาเรียงตัวในแนวกลางเซลล์



- **ระยะแอนาเฟส II (anaphase II)**
สปินเดิลไฟเบอร์ดึงแยกโครมาทิดออกจากโครโมโซม ทำให้แต่ละโครโมโซม 1 โครมาทิด



- **ระยะเทโลเฟส II (telophase II)**
เยื่อหุ้มนิวเคลียสสร้างขึ้นใหม่และโครโมโซมเริ่มคลายตัว



เมื่อมีการแบ่งไซโทพลาซึมจะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ โดยแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งและมีพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเซลล์ตั้งต้น ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์เพศชาย เมื่อเซลล์ตั้งต้นแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์อสุจิ 4 เซลล์ แต่ในเพศหญิงจะได้เซลล์ไข่เพียง 1 เซลล์ ส่วนอีก 3 เซลล์จะฝ่อและสลายไป

