المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

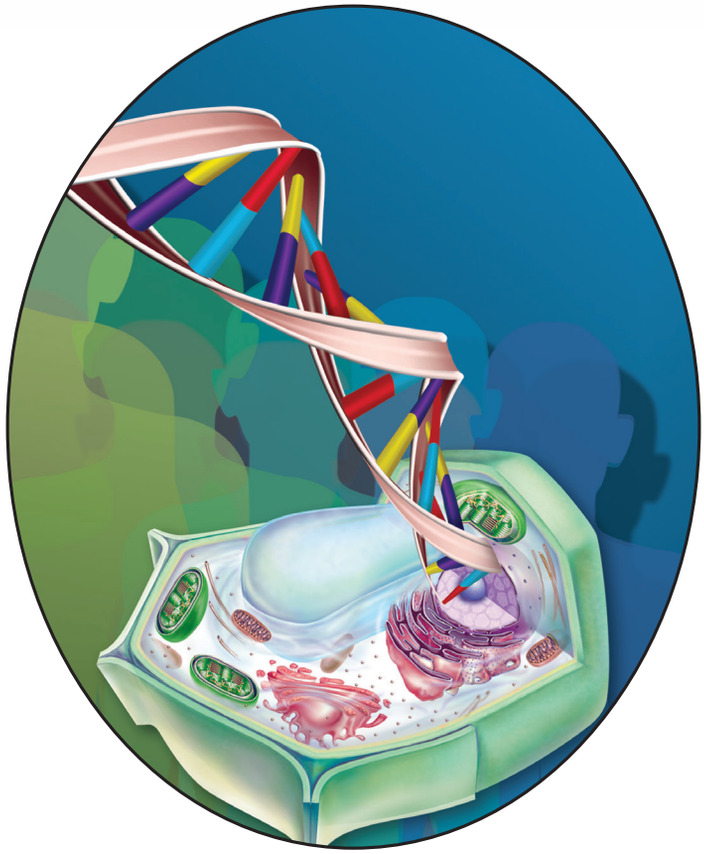
قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الأحياء ٢-٣

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية

الفصل الدراسي الثالث



قام بالتأليف والمراجعة

فريق من المتخصصين

طبعة ١٤٤٤ - ٢٠٢٢

توزع مجانًا ولا يباع

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٤٣هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
الأحياء٢-٣ التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة الثانية -
الفصل الدراسي الثالث / وزارة التعليم.- الرياض ، ١٤٤٣هـ
٢٢١ ص ؛ ٥, ٢٧ x ٢١سم
ردمك : ٨- ٠٩٣- ٥١١- ٦٠٣- ٩٧٨

١- علم الأحياء - كتب دراسية
أ. العنوان

ديوي ٥٧٤.٠٧١٢ ١٤٤٣/٨٣٣٨

رقم الإيداع :١٤٤٣/٨٣٣٨
ردمك :٨- ٠٩٣- ٥١١- ٦٠٣- ٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

IEN.EDU.SA

تواصل بمقترحاتك لتطوير الكتاب المدرسي

FB.T4EDU.COM

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد، يأتي اهتمام المملكة العربية السعودية بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها. من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) وهو "إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناءالشخصية".

ويأتي كتاب (أحياء ٢) لنظام المسارات في التعليم الثانوي داعمًا لرؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) نحو الاستثمار في التعليم عبر "ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة" بحيث يكون الطالب هو محور العملية التعليمية التعلمية.

وقد جاء تنظيم وبناء محتوى كتاب الطالب بأسلوب مشوّق وبطريقة تشجّع الطالب على القراءة الواعية والنشطة، وتسهّل عليه بناء تنظيم أفكاره وتنظيمها، وممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وبما يعزز أيضًا مبدأ رؤية (٢٠٣٠) " نتعلم لنعمل" من خلال إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبنيّ والموجّه والمفتوح.

يبدأ كل فصل من فصول الكتاب بالفكرة العامة التي تقدم صورة شاملة لمحتواه. ثم ينفّذ الطالب "التجربة الاستهلالية" التي تساعد على تكوين نظرة شاملة عن محتوى الفصل. وتمثّل التجربة الاستهلالية أحد أشكال الاستقصاء (المبني)، كما تتيح في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء (الموجّه) من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمّن النشاطات التمهيدية للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي يتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية التي يمكن تنفيذها في أثناء دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الأحياء الذي يرد في نهاية كل فصل ويتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته.

تقسم فصول الكتاب إلى أقسام، يتضمن كلٌّ منها في بدايته ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرةً رئيسةً مرتبطة مع الفكرة العامة للفصل. كما يتضمّن القسم أدواتٍ أخرى تساعد على تعزيز فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظلَّلة باللون الأصفر، وأسئلة تعمّق معرفة الطالب بمحتوى المقرر واستيعاب المفاهيم والمبادئ العلمية الواردة فيه. ويدعم عرض المحتوى في الكتاب مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية المختارة والمعدة بعناية لتوضيح المادة العلمية وتعزيز فهم مضامينها. ويتضمّن الكتاب مجموعة من الشروح والتفسيرات، تقع في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية (٢٠٣٠) وأهدافها الإستراتيجية وبالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، وبعضها إرشادات للتعامل مع المطوية التي يعدّها الطالب في بداية كل فصل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

المقدمة

وقد وظّفت أدوات التقويم الواقعي في التقويم بمراحله وأغراضه المختلفة: القبلي، والتشخيصي، والتكويني (البنائي) والختامي (التجميعي)؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل، والأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية بوصفها تقويمًا قبْليًّا تشخيصيًّا لسبر واستكشاف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى يُطرح سؤالٌ تحت عنوان "ماذا قرأت؟"، ويوجد تقويمٌ خاصٌّ بكل قسم من أقسام الفصل يتضمّن أفكار المحتوى وأسئلةً تساعد على تلمُّس جوانب التعلُّم وتعزيزه، وما قد يرغب الطالب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل يأتي دليل دراسة الفصل متضمِّنًا تذكيرًا بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالمفاهيم الرئيسة التي وردت في كل قسم. يلي ذلك تقويم الفصل والذي يشمل أسئلة وفقرات متنوعة تستهدف تقويم تعلم الطالب في مجالات عدة، هي: مراجعة المفاهيم، وتثبيت المفاهيم الرئيسة، والأسئلة البنائية، والتفكير الناقد، ومهارات الكتابة في علم الأحياء، وأسئلة المستندات المتعلقة بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية، بالإضافة إلى فقرات خاصة بالمراجعة التراكمية. كما يتضمّن الكتاب في نهاية كل فصل اختبارًا مقنّنًا يتضمّن أسئلة وفقرات اختبارية تسهم في إعداد الطلاب للاختبارات الوطنية والدولية، بالإضافة إلى تقويم تحصيلهم في الموضوعات التي سبقت دراستها.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوّة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟ 7

الفصل 1

تركيب الخلية ووظائفها 10
تجربة استهلالية..... 11
1-1 التراكيب الخلوية والعضيات..... 12
مختبر تحليل البيانات 1-1..... 17
مختبر تحليل البيانات 1-2..... 21
1-2 كيمياء الخلية..... 29
مختبر تحليل البيانات 1-3..... 32
إثراء علمي: استكشاف تقنية النانو 37
مختبر الأحياء..... 38
دليل مراجعة الفصل..... 39
تقويم الفصل 40

الفصل 2

الطاقة الخلوية 48
تجربة استهلالية 49
2-1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟.. 50
تجربة 2-1..... 52
2-2 البناء الضوئي..... 55
تجربة 2-2..... 57
2-3 التنفس الخلوي 63
مختبر تحليل البيانات 2-1..... 68
إثراء علمي: البناء الضوئي الاصطناعي 70
مختبر الأحياء 71
دليل مراجعة الفصل 72
تقويم الفصل..... 73

الفصل 3

التكاثر الخلوي 80
تجربة استهلالية..... 81
3-1 النمو الخلوي..... 82
تجربة 3-1..... 83
3-2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم... 87
مختبر تحليل البيانات 3-1..... 90
3-3 تنظيم دورة الخلية..... 93
تجربة 3-2..... 95
إثراء علمي: الخلايا الجذعية 99
مختبر الأحياء..... 100
دليل مراجعة الفصل 101
تقويم الفصل..... 102

الفصل 4

التكاثر الجنسي والوراثة 108
تجربة استهلالية..... 109
4-1 الانقسام المنصِّف..... 110
مختبر تحليل البيانات 4-1 117
4-2 الوراثة المندلية..... 118
تجربة 4-1 123
4-3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية. 126
تجربة 4-2 128
إثراء علمي: اختصاصيّ وراثة النبات..... 130
مختبر الأحياء 131
دليل مراجعة الفصل 132
تقويم الفصل..... 133

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

قائمة المحتويات

الفصل 5

الوراثة المعقدة والوراثة البشرية.. 140

تجربة استهلالية..... 141

5-1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان 142

تجربة 5-1 147

5-2 الأنماط الوراثية المعقدة 149

مختبر تحليل البيانات 5-1 151

5-3 الكروموسومات ووراثة الإنسان 159

تجربة 5-2 163

إثراء علمي: استشاريّ الوراثة 165

مختبر الأحياء 166

دليل مراجعة الفصل 167

تقويم الفصل 168

الفصل 6

الوراثة الجزيئية 174

تجربة استهلالية..... 175

6-1 المادة الوراثية: DNA..... 176

تجربة 6-1 181

6-2 تضاعف DNA..... 184

تجربة 6-2 185

6-3 DNA وRNA، والبروتين..... 187

مختبر تحليل البيانات 6-1 191

6-4 التنظيم الجيني والطفرة..... 193

مختبر تحليل البيانات 6-2 197

إثراء علمي: الكشف عن هوية جزيء DNA .. 203

مختبر الأحياء 204

دليل مراجعة الفصل 205

تقويم الفصل..... 206

مرجعيات الطالب

المصطلحات 212

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

هذا الكتاب ليس كتاب ثقافة عامة، بل كتابًا علميًّا يصف مخلوقات حية، وعمليات حيوية، وتطبيقات تقنية. لذا فأنت تقرؤه لتحصيل العلم.
وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائه؛ فهما تزودانك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصل فكرة عامة تقدم صورة شمولية عنه. ولكل موضوع من موضوعاته فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة المظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

عندما تقرأ

فـي كل جـزء مـن الفصل سـتجد أسـاليب لتعميـق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1-1

الأهداف
- **تصف** آلية عمل الغشاء البلازمي.
- **تحدد** تركيب أجـزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- **تقارن** بـين تراكيب الخلايـا النباتية والحيوانية.

مراجعة المفردات
التنظيم: التركيب المنتظـم للخلايـا في المخلوق الحي.

المفردات الجديدة
الغشاء البلازمي
العضيات
النفاذية الاختيارية
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة
البروتين الناقل
النموذج الفسيفسائي السائل
الهيكل الخلوي
البلاستيدات الخضراء
الجدار الخلوي
الهدب
السوط

التراكيب الخلوية والعضيات
Cellular structures and organelles

الفكرة الرئيسة **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.**

الربط مع الحياة عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. ولكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد، كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدّي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدّي تراكيب الخلايا الحقيقية النواة مهامّ معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايـا الوحدات الأساسـية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشـكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشـترك جميع الخلايا في صفة شـكلية هي الغشـاء البلازمي. والغشاء البلازمي plasma membrane في الشكل 1–1، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

الشكل 1–1 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيدًا من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير غير معروف

غشاء بلازمي

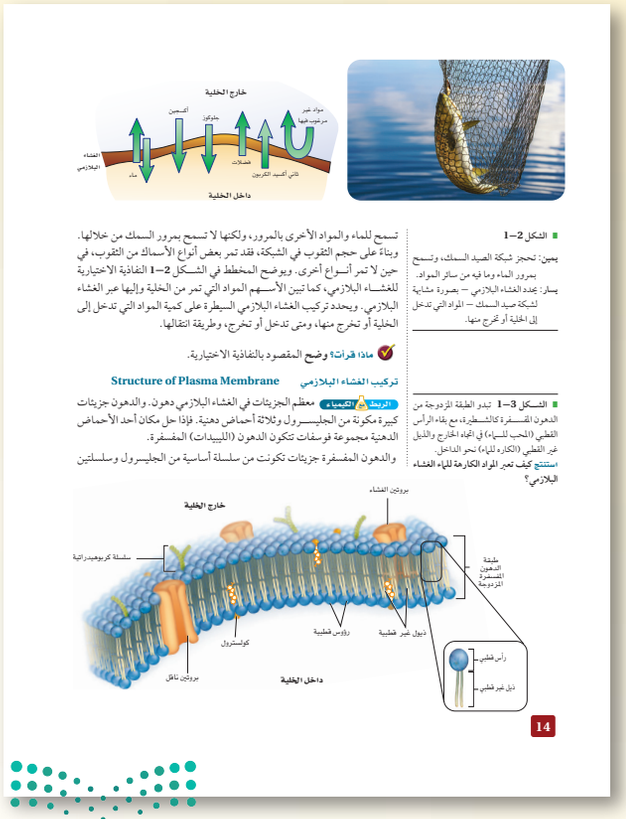
خلية حقيقية النواة

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير × 15,000

خلية بدائية النواة

12

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.



خارج الخلية

مواد غير مرغوب فيها

أكسجين

جلوكوز

الغشاء البلازمي

فضلات

ثاني أكسيد الكربون

ماء

داخل الخلية

الشكل 2–1 يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد. يسار: يجدد الغشاء البلازمي — بصورة مشابهة لشبكة صيد السمك — المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

ماذا قرأت؟ وضح المقصود بالنفاذية الاختيارية.

تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الربط الكيمياء معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليسـرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (الليبيدات) المفسفرة.

والدهون المفسفرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

الشكل 3–1 تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفسفرة كالسطرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) نحو الداخل.

استنتج كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟

بروتين الغشاء

خارج الخلية

سلسلة كربوهيدراتية

طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة

كولسترول

زوائد فصلية

ذيول غير قطبية

بروتين ناقل

داخل الخلية

رأس قطبي

ذيل غير قطبي

14

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكِّر في المخلوقات الحيـة والمواقف التي مررت بها، هل هناك علاقة بينها وبين دراستك لمادة الأحياء؟
- اربط معلومات مادة الأحياء التي درستها مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائجك من خلال توظيف المعلومات التي لديك.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة؛ لتقويم مدى فهمك لما درسته.

التقويم 1-1

الخلاصة

- هناك نوعان رئيسان من الخلايا هما: الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
- تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
- النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
- يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
- يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
- يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
- تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
- الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين.
- الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** كيف يساعد الغشاء البلازمي على الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية؟
2. **بيّن** يسن الغشاء البلازمي والعضيات.
3. **وضح** كيف يبقى داخل الخلية منفصلاً عن خارجها؟
4. **ارسم** مخططًا للغشاء البلازمي، وحدّد عليه الأجزاء.
5. **حدد** جزيئات الغشاء البلازمي التي تشكل التركيب الأساسي للغشاء، وتسهم في تمييز الخلية، وسيولة الغشاء.
6. **حدد** دور النواة في الخلية الحقيقية النواة.
7. **لخص** دور الشبكة الإندوبلازمية.
8. **استنتج** لماذا لا يعدّ بعض العلماء الرايبوسومات من عضيات الخلية.

التفكير الناقد

9. **صف** كيف تحدد ما إذا كانت خلايا مخلوق حي اكتُشف حديثًا بدائية أم حقيقية النواة؟
10. **فسر** ما أثر وجود كميات كبيرة من الكولسترول على الغشاء البلازمي بدلًا من وجوده داخله؟
11. **كوّن فرضية** توضح كيف تعمل الأجسام المحللة على تحويل البرقة إلى فراشة.
12. **الكتابة في علم الأحياء** بناء على ما تعرفه عن مصطلح "فسيفساني". اكتب فقرة تصف فيها تركيبًا جويًا فسيفسائيًا آخر.
13. **رتّب** التراكيب والعضيات في الجدول 1-4 في قائمة تعتمد على نوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيمية توضح هذا التنظيم.

28

يتضمَّن كل جزء في الفصل أسئلة وخلاصة؛ حيث تقدم الخلاصة مراجعة المفاهيم الرئيسة، في حين تختبر الأسئلةُ فهمك لما درسته.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

الكلمات اكتب تقريرًا عن أهمية الأزيمات في المخلوقات الحية، وفسّر أهمية وجودها في العديد من التفاعلات في الخلية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1-1 التراكيب الخلوية والعضيات	
الغشاء البلازمي	**الفكرة الرئيسة** يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسبح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.
العضيات	• هناك نوعان رئيسان من الخلايا، هما الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
النفاذية الاختيارية	• تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة	• النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
البروتين الناقل	• يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
النموذج الفسيفسائي السائل	• يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
الهيكل الخلوي	• يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
البلاستيدات الخضراء	• تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
الجدار الخلوي	• الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين.
الهدب	• الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.
السوط	
2-1 كيمياء الخلية	
الجزيئات الكبيرة	**الفكرة الرئيسة** تتكون خلايا الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًا.
البوليمر	• المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.
الخمض الأميني	• تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة تكوّن البوليمرات.
طاقة التنشيط	• هناك أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الكبيرة.
المحفز	• ترتبط الرابطة الببتيدية الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتين.
الموقع النشط	• تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية.
الخمض النووي	• الإنزيمات محفزات حيوية.
النيوكليوتيدات	

39

ستجد في نهاية كل فصل دليلًا للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استعيابك.

طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد الفكرة العامة.
- اربط الفكرة الرئيسة بـ الفكرة العامة.
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظِّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها في البحث عن المزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

الفصل 1

تركيب الخلية ووظائفها
Cell Structure & Functions

الفكرة العامة الخلايا هي وحدات التركيب والوظيفة في كل المخلوقات الحية.

1-1 التراكيب الخلوية والعضيات

الفكرة الرئيسة يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.

1-2 كيمياء الخلية

الفكرة الرئيسة تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.

حقائق في علم الأحياء

- يتكون جسم الإنسان من عشرة تريليونات خلية.
- أكبر قُطر لخلية في جسم الإنسان تساوي قُطر شعرة تقريبًا.
- هناك 200 نوع من الخلايا في جسم الإنسان مصدرها خلية واحدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما الخلية؟

تتكون الأشياء كلها من ذرات وجزيئات، وتنتظم الذرات والجزيئات في المخلوقات الحية فقط لتكون خلايا. تستخدم في هذه التجربة المجهر المركب لمشاهدة شرائح لمخلوقات حية وأخرى غير حية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. احصل على شرائح لعينات متنوعة.
4. استخدم المجهر المركب في مشاهدة الشرائح، مستخدمًا قوة التكبير التي يحددها معلمك.
5. املأ جدول البيانات الذي أعددته في أثناء مشاهدتك الشرائح.

التّحليل

1. **صف** بعض الطرائق التي تستخدم للتمييز بين المخلوقات الحية والأشياء غير الحية.
2. **اكتب** تعريفًا للخلية اعتمادًا على ملاحظاتك.

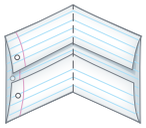
المطويات
منظمات الأفكار

الإنزيمات اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم تركيب الإنزيمات ووظائفها.

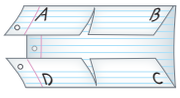
الخطوة 1: ارسم خطًّا على طول منتصف ورقة، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اطو الورقة نصفين، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 3: اطو الورقة عموديًّا مرة أخرى إلى نصفين كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: افتح الورقة المطوية، واقطع بالمقص عند خطوط الطي لتكوِّن أربعة ألسنة، ثم اكتب أحد الرموز: A, B, C, D على كل لسان، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–1.** سجل وأنت تقرأ الدرس ما تعلمته عن الإنزيمات. وعلى الوجه الخلفي للمطوية ارسم الخطوات الأربع العامة في نشاط الإنزيم.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-1

التراكيب الخلوية والعضيات
Cellular structures and organelles

الأهداف
- **تصف** آلية عمل الغشاء البلازمي.
- **تحدد** تركيب أجزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- **تقارن** بين تراكيب الخلايا النباتية والحيوانية.

مراجعة المفردات
التنظيم: التركيب المنتظم للخلايا في المخلوق الحي.

المفردات الجديدة
الغشاء البلازمي
العضيات
النفاذية الاختيارية
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة
البروتين الناقل
النموذج الفسيفسائي السائل
الهيكل الخلوي
البلاستيدات الخضراء
الجدار الخلوي
الهدب
السوط

الفكرة الرئيسة **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.**

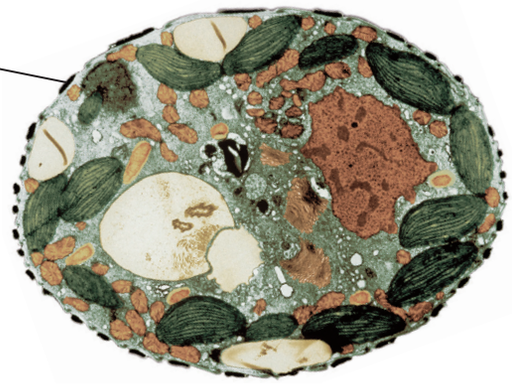
الربط مع الحياة عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. ولكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد، كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدِّي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدِّي تراكيب الخلايا الحقيقية النواة مهامّ معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشترك جميع الخلايا في صفة شكلية هي الغشاء البلازمي. والغشاء البلازمي plasma membrane في **الشكل 1–1**، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

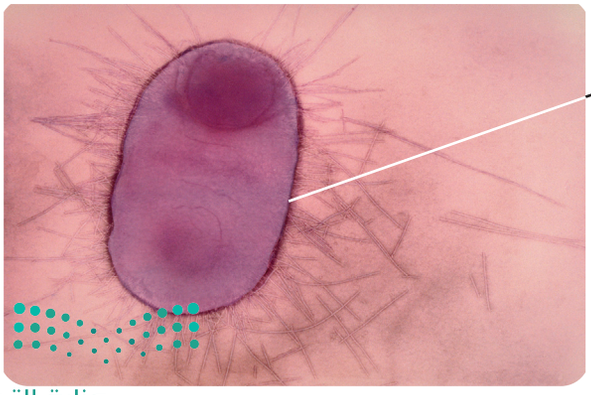
الشكل 1–1 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيدًا من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير غير معروف



خلية حقيقية النواة

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير × 15,000



خلية بدائية النواة

كما تحلل الخلايا الجزيئات لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الأيض. وقد قسم العلماء الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا البدائية النواة Prokaryotic cells، والخلايا الحقيقية النواة Eukaryotic cells. يبين الشكل **1–1** صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لهذه الخلايا. وعادة ما تكون الخلايا الحقيقية النواة أكبر من الخلايا البدائية النواة، بل قد يزيد حجمها عليها مئة مرة.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين أحجام الخلايا البدائية النواة والحقيقية النواة.

قارن بين أنواع الخلايا في **الشكل 1–1**، ستلاحظ أن هناك اختلافات بينهما في تراكيبهما الداخلية؛ ولذلك وضعها العلماء في مجموعتين مختلفتين. فكلتاهما تحوي غشاء بلازميًّا، إلا أن إحداهما تحوي تراكيب داخلية مميزة تسمى **العضيات** organelles، وهي تراكيب خاصة تقوم بوظائف محددة.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

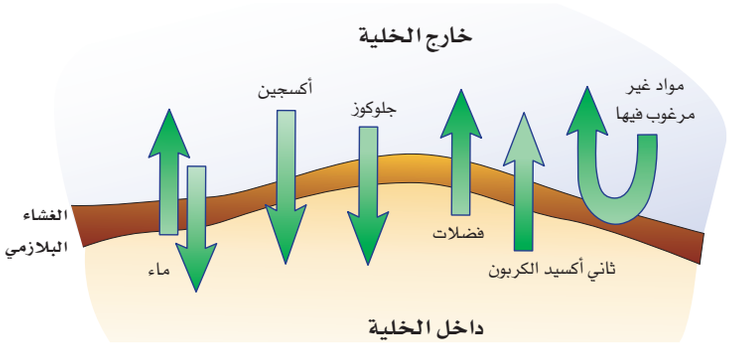
تحوي الخلايا الحقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية؛ أما النواة فهي عضية مركزية مميزة تحوي المادة الوراثية على شكل DNA. تسمح العضيات للخلية بالقيام بوظائفها في أجزاء مختلفة من الخلية في الوقت نفسه. وتتكون معظم المخلوقات الحية من الخلايا الحقيقية النواة. كما أن بعض المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها بعض الطلائعيات كالطحالب والفطريات كالخميرة– من المخلوقات حقيقية النواة.أما الخلايا البدائية النواة فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات محاطة بغشاء. ومعظم المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها البكتيريا – خلايا بدائية النواة؛ لذا سميت الخلايا البدائية النواة.

وظيفة الغشاء البلازمي Function of the Plasma Membrane

درست سابقًا أن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للمخلوقات الحية تسمى الاتزان الداخلي، وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويعد الغشاء البلازمي أحد التراكيب المسؤولة أساسًا عن الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز فاصل رقيق مرن بين الخلية وبيئتها يسمح بمرور المواد المغذية إلى الخلية وخروج الفضلات والمواد الأخرى. تحوي جميع الخلايا البدائية والحقيقية النواة غشاءً بلازميًّا يفصلها عن البيئة السائلة التي توجد فيها.

تعد خاصية **النفاذية الاختيارية** selective permeability إحدى الصفات المهمة للغشاء البلازمي؛ إذ يسمح الغشاء البلازمي بمرور بعض المواد إلى الخلية، ويمنع مرور أخرى.

اعتبر أن شبكة الصيد تمثل النفاذية الاختيارية، فالشبكة المبينة في **الشكل 2–1**،



■ **الشكل 2–1**

يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد.

يسار: يحدد الغشاء البلازمي – بصورة مشابهة لشبكة صيد السمك – المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

تسمح للماء والمواد الأخرى بالمرور، ولكنها لا تسمح بمرور السمك من خلالها. وبناءً على حجم الثقوب في الشبكة، فقد تمر بعض أنواع الأسماك من الثقوب، في حين لا تمر أنــواع أخرى. ويوضح المخطط في الشــكل **2–1** النفاذية الاختيارية للغشــاء البلازمي، كما تبين الأســهم المواد التي تمر من الخلية وإليها عبر الغشاء البلازمي. ويحدد تركيب الغشاء البلازمي السيطرة على كمية المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها، ومتى تدخل أو تخرج، وطريقة انتقالها.

ماذا قرأت؟ **وضح** المقصود بالنفاذية الاختيارية.

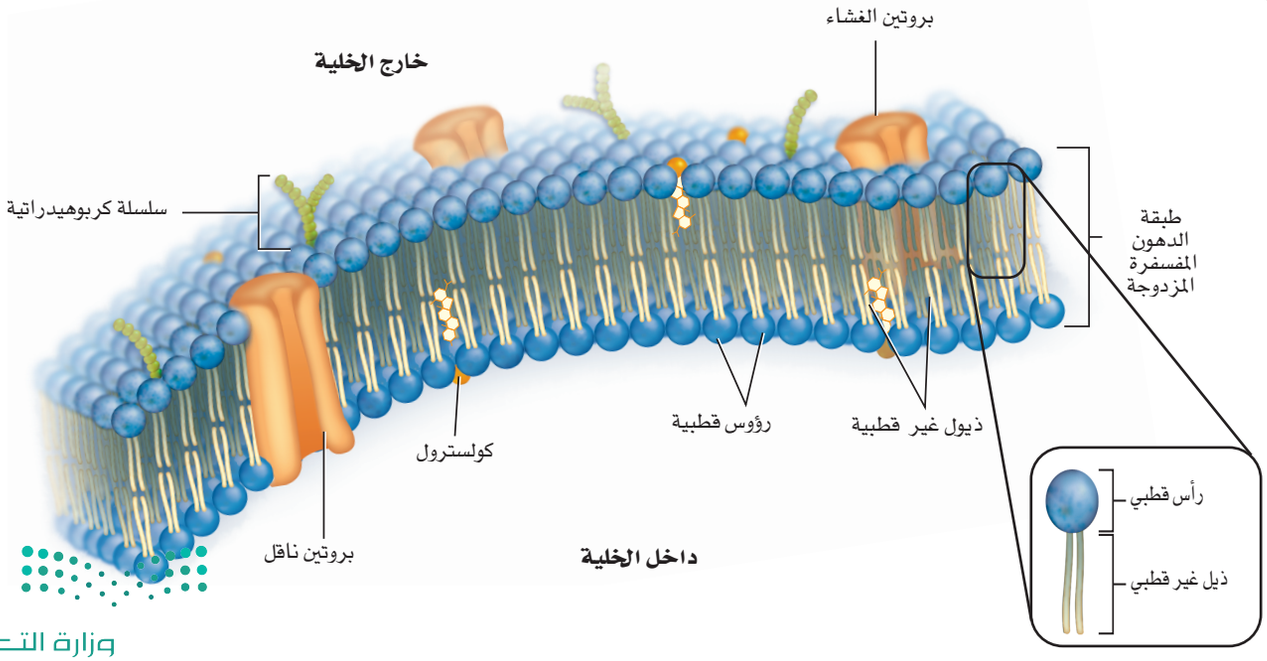
تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الربط مع الكيمياء معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليســرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (الليبيدات) المفسفرة.

والدهون المفسفرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

■ **الشــكل 3–1** تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفســفرة كالشــطيرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للــماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) نحو الداخل.

استنتج كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟



من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكون الغشاء البلازمي من طبقتين من **الدهون المفسفرة المزدوجة** phospholipid bilayer، تترتب ذيلاً مقابل ذيل، كما في **الشكل 3–1**؛ وبطريقة تسمح بأن يبقى الغشاء البلازمي قائمًا في بيئة سائلة.

طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة The phospholipid bilayer

تلاحظ في الشكل **3–1** أن كل طبقة دهون مفسفرة رُسمت على شكل رأس له ذيلان؛ حيث تكوّن مجموعة الفوسفات رأسًا قطبيًّا في كل طبقة من الدهون المفسفرة. وينجذب الرأس القطبي إلى الماء؛ لأن الماء قطبي أيضًا. أمّا ذيلا الأحماض الدهنية فهما غير قطبيين ويتنافران مع الماء.

تشكل جزيئات طبقتي الدهون المفسفرة ما يشبه الشطيرة، حيث تكوِّن فيها ذيولُ الأحماض الدهنية الجزءَ الداخليَّ (الأوسط) من الغشاء البلازمي، في حين تكون رؤوس الدهون المفسفرة مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها، **الشكل 3–1**. ويعد التركيب المزدوج مهمًّا في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتب الدهون المفسفرة بطريقة تجعل الرؤوس القطبية هي الأقرب إلى جزيئات الماء، والذيول غير القطبية هي الأبعد عنها. وعندما تتجمع جزيئات الدهون المفسفرة معًا بهذا النمط فإنها تشكل حاجزًا سطحه قطبي وأوسطه غير قطبي. ولذلك لا تمر المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ لأن وسط الغشاء غير القطبي يعيقها. وهكذا يستطيع الغشاء البلازمي فصل بيئة الخلية الداخلية عن بيئتها الخارجية.

مكوّنات الغشاء البلازمي الأخرى

Other components of plasma membrane

يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي بروتينات، تسمى المستقبلات، ترسل إشارات إلى داخل الخلية. كما تقوم بروتينات الغشاء البلازمي الموجودة على السطح الداخلي له بربطه مع تراكيب الدعم الخلوية الداخلية، مما يعطي الخلية شكلاً مميزًا. كما تخترق بروتينات أخرى الغشاء كله فتكوّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد إلى الخلية أو تخرج منها. وتنقل **البروتينات الناقلة** transport proteins المواد التي تحتاج إليها الخلية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي. ومن المواد التي تنتقل عبر طبقة الدهون المفسفرة في الغشاء البلازمي الكولسترول، والبروتينات والكربوهيدرات. فتلاحظ أن البروتينات تسهم في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

ماذا قرأت؟ **صف** فوائد التركيب الطبقي المزدوج للغشاء البلازمي.

حدّد موقع جزيئات الكولسترول في **الشكل 3–1**. يتنافر الماء والكولسترول غير القطبي ولهذا نجد الكولسترول بين الدهون المفسفرة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

القطبي polar

الاستخدام العلمي: التوزيع غير المتساوي للشحنات.

يجذب الطرف الموجب للجزيء القطبي الطرف السالب لجزيء قطبي آخر.

الاستخدام العام: مرتبط جغرافيًّا بالمنطقة القطبية.

يبلغ سمك الغطاء الجليدي القطبي في بعض المناطق 1.6 km تقريبًا.

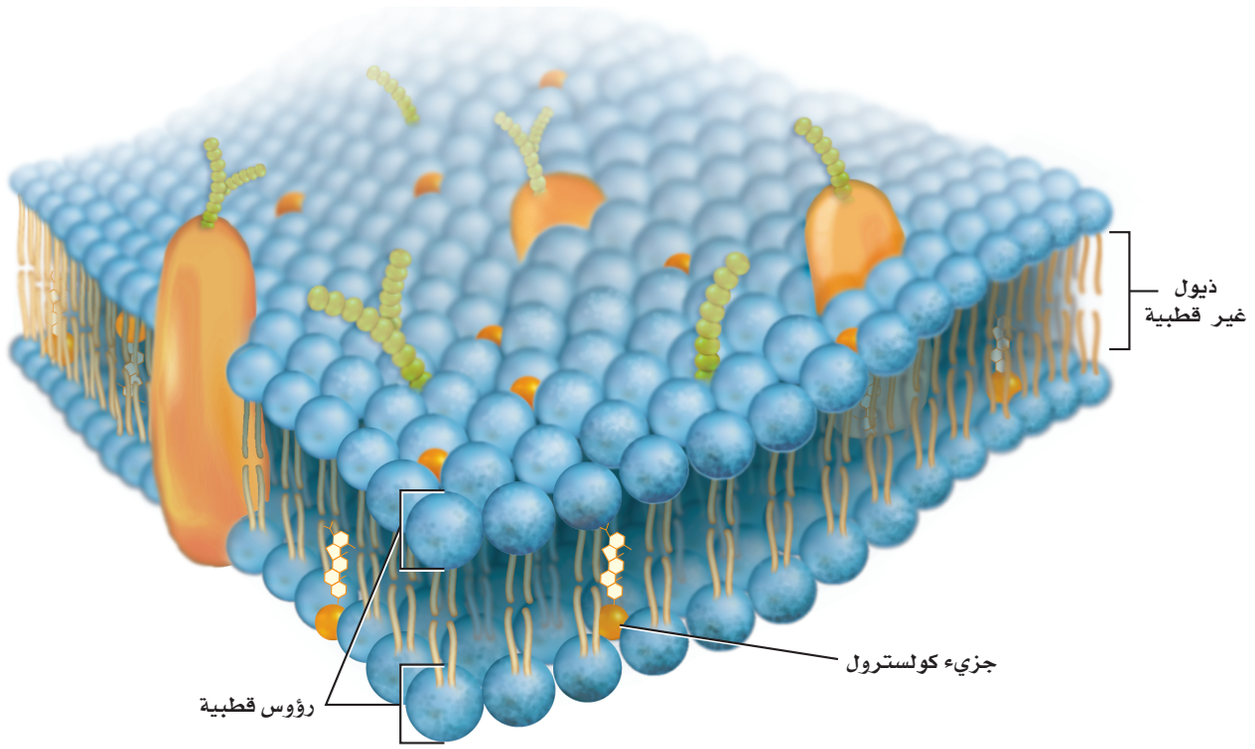
إرشادات الدراسة

مناقشة اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية، وأن يسأل بعضهم بعضًا أسئلة تتعلق بالغشاء البلازمي، ويتناقشوا معًا في إجاباتهم، على أن يأخذ كل منهم دوره في المناقشة وطرح الأسئلة.

يســاعد الكولسترول على منع التصاق ذيول الأحماض الدهنية في طبقة الدهون المفســفرة المزدوجة بعضها مع بعض، مما يسهم في ســيولة الغشاء البلازمي. وعلى الرغــم من التوصية بعدم تناول المواد الغنية بالكولســترول بكثرة، إلا أن الكولسترول يؤدي دورًا مهمًّا في تركيب الغشاء البلازمي، ويعد مكونًا مهمًّا أيضًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

وهناك مواد أخرى في الغشــاء البلازمــي، ومنها الكربوهيــدرات المرتبطة مع البروتينات لتحدد خصائص الخلية وتساعدها على معرفة الإشارات الكيميائية. فمثلاً، تســاعد الكربوهيدرات الموجودة على الغشاء البلازمي الخلايا المقاومة للمرض على تمييز الخلية الضارة وتهاجمها. تكوّن الدهون المفسفرة المزدوجة "بحرًا" تعوم فيه الجزيئات. ومفهوم البحر هذا هو أســاس **النموذج الفسيفسائي السـائل** fluid mosaic model في الغشاء البلازمي. وتتحرك الدهون المفسفرة جانبيًّا داخل الغشاء البلازمي. وفي الوقت نفسه، تتحرك مكونات أخرى – ومنها البروتينات خلال الدهون المفســفرة. وبســبب وجود مواد مختلفة في الغشــاء البلازمي يتكوَّن نمط فسيفســائي على ســطح الخلية، **الشــكل 4–1**. كما أن مكوّنات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وثابتة، وينزلق بعضها فوق بعض.

الشكل 4–1 يشير النموذج الفسيفسائي الســائل إلى غشــاء بلازمي قــادر على نقل المكوّنات من خلاله.



مختبر تحليل البيانات 1-1

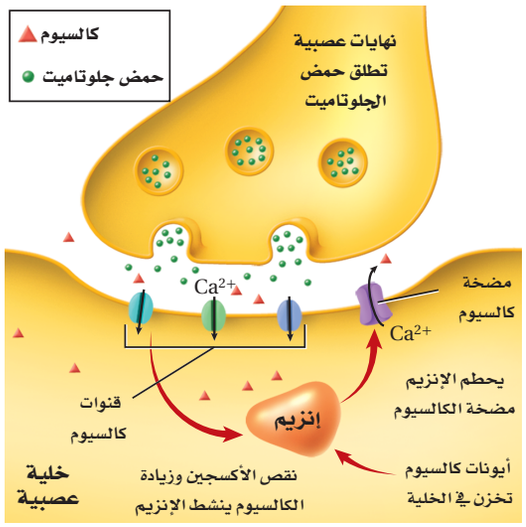
بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الشكل

كيف تسهم قنوات البروتين في موت الخلايا العصبية بعد السكتة الدماغية؟

تحدث السكتة الدماغية عندما تسد خثرة دم تدفق الدم المؤكسج إلى جزء من الدماغ. ولأن الخلايا العصبية التي تطلق حمض الجلوتاميت حساسة لنقص الأكسجين؛ فتطلق كمية كبيرة من حمض الجلوتاميت عندما يقل مستوى الأكسجين. ويؤدي التدفق الكبير لحمض الجلوتاميت إلى تدمير مضخة الكالسيوم. ويؤثر هذا في حركة الكالسيوم داخل الخلية العصبية وخارجها. وعندما تحتوي الخلايا على فائض من الكالسيوم يحدث خلل في الاتزان الداخلي.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

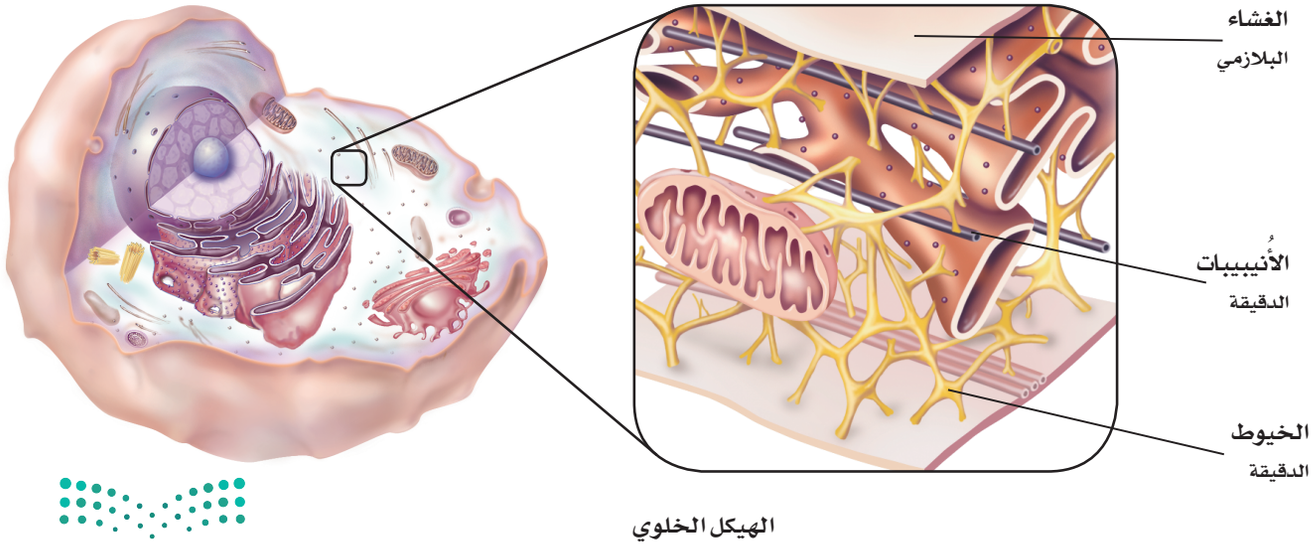
1. **فسِّر** كيف يدمر تدفق حمض الجلوتاميت مضخة الكالسيوم؟
2. **توقّع** ماذا يحدث إذا انخفضت مستويات الكالسيوم في خلية عصبية خلال السكتة الدماغية؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Choi, D.W. 2005 Neurodegeneration: celluar defence destroyed. *Nature* 433: 696–698

السيتوبلازم والهيكل الخلوي Cytoplasm and Cytoskeleton

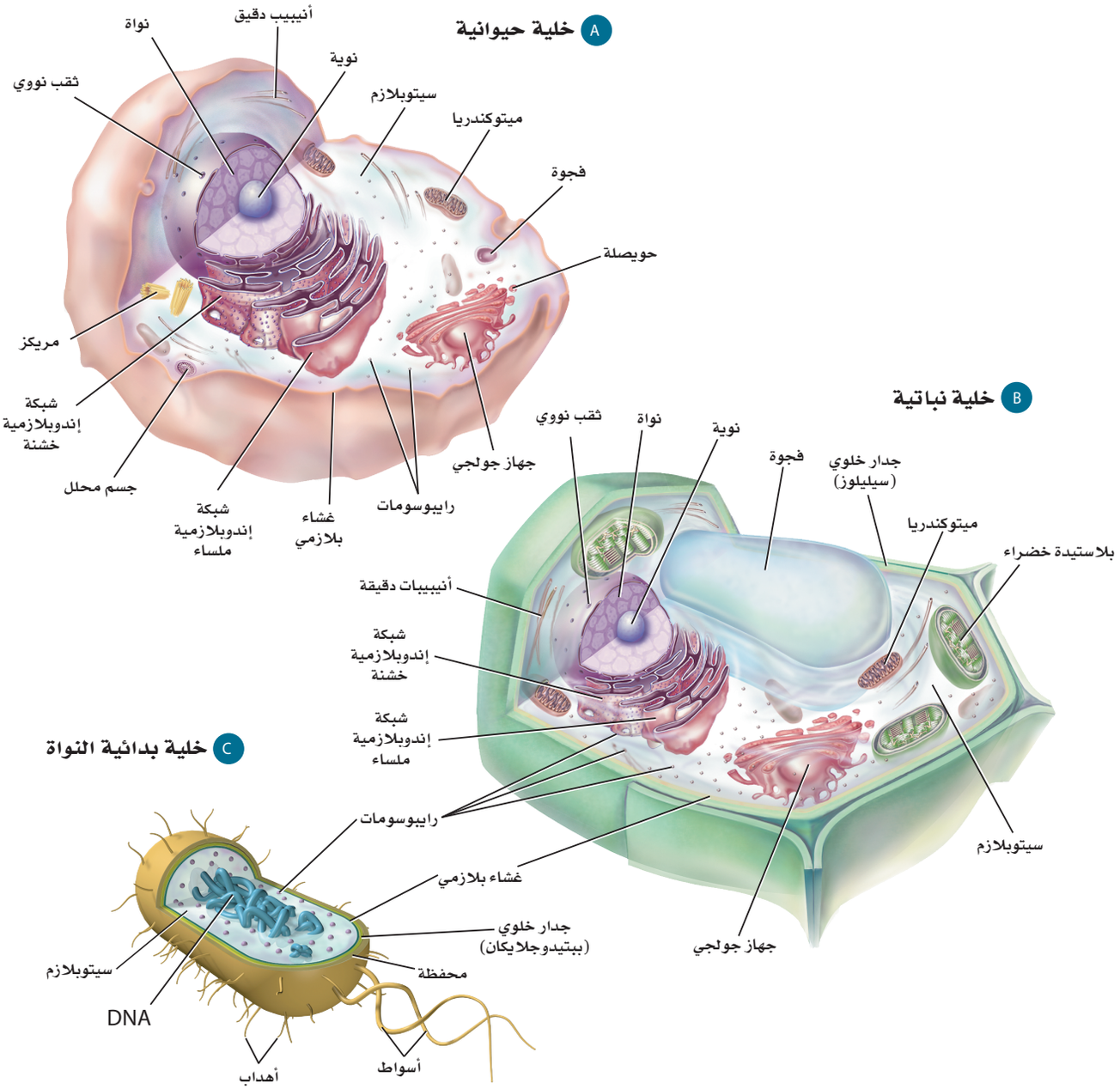
تعرَّفت جزء الخلية الذي يعمل حاجزًا بين بيئة الخلية الداخلية والخارجية. فالبيئة داخل الخلية شبه سائلة وتسمى السيتوبلازم. اكتشف علماء الأحياء أن العضيات لا تسبح في الخلية، ولكن تدعمها تراكيب داخل السيتوبلازم، كما في **الشكل 5–1**. و**الهيكل الخلوي** cytoskeleton شبكة مكوَّنة من خيوط بروتينية طويلة تدعم الخلية وتعطيها شكلها، وتثبّت العضيات داخل الخلايا. كما يساعد الهيكل الخلوي على حركة الخلية وأنشطتها الأخرى.



الشكل 5–1 يتكون الهيكل الخلوي من الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة.

الهيكل الخلوي

■ **الشـكل 6–1** قارن بين مكونات خلية حيوانية وخلية نباتية وخلية بدائية النواة في الرسـوم أدناه. توجد بعـض العضيات في الخلايا النباتية فقط، وتوجد عضيات أخرى في الخلايا الحيوانية فقط. كما لا توجد عضيات محاطة بغشاء في الخلايا البدائية النواة.



يتكون الهيكل الخلوي من تراكيب ثانوية تسمى الأُنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة. والأنيبيبات الدقيقة تراكيب أسطوانية طويلة مجوفة من البروتين تكوّن هيكلاً صلبًا للخلية، وتساعد على حركة المواد داخل الخلية. أما الخيوط الدقيقة فهي خيوط بروتينية رفيعة تساعد على إعطاء الخلية شكلها، وتمكّن الخلية كاملة أو جزءًا منها من الحركة. وتتجمع الأنيبيبات والخيوط الدقيقة أو تتفرق لينزلق بعضها فوق بعض، مما يسهم في حركة الخلية.

تراكيب الخلية Cell Structures

هناك مناطق منفصلة في المصانع مخصصة لأداء مهامّ مختلفة. وكذلك الخلية الحقيقية النواة لها مناطق مختلفة للقيام بالمهام. ويؤدّي وجود العضيات المحاطة بالغشاء إلى القيام بعمليات كيميائية مختلفة في الوقت نفسه وفي أجزاء مختلفة من السيتوبلازم. كما تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية، ومنها بناء البروتين، وتحويل الطاقة، وهضم الغذاء، وإخراج الفضلات، وانقسام الخلية. ولكل عضية تركيب ووظيفة مميزان. ويمكنك مقارنة العضيات بمكاتب المصنع، وخطوط التجميع، ومناطق أخرى مهمة تحافظ على استمرار الإنتاج. ارجع إلى مخططات الخلايا النباتية والحيوانية في **الشكل 6–1**، عند دراسة كل من هذه العضيات.

النواة Nucleus تحتاج الخلية إلى عضية لتنظيم عملياتها؛ فالنواة، في **الشكل 7–1**، هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية. وتحوي النواة معظم DNA الخلية الذي يخزن المعلومات التي تستخدم في بناء البروتينات اللازمة لنموها، ووظيفتها وتكاثرها. تحاط النواة بغشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي، وهو مشابه للغشاء البلازمي إلا أن للغلاف النووي ثقوبًا تسمح للمواد الأكبر حجمًا بدخول النواة والخروج منها. كما تنتشر المادة الكروماتينية داخل النواة، وهي عبارة عن DNA معقد يرتبط ببروتين.

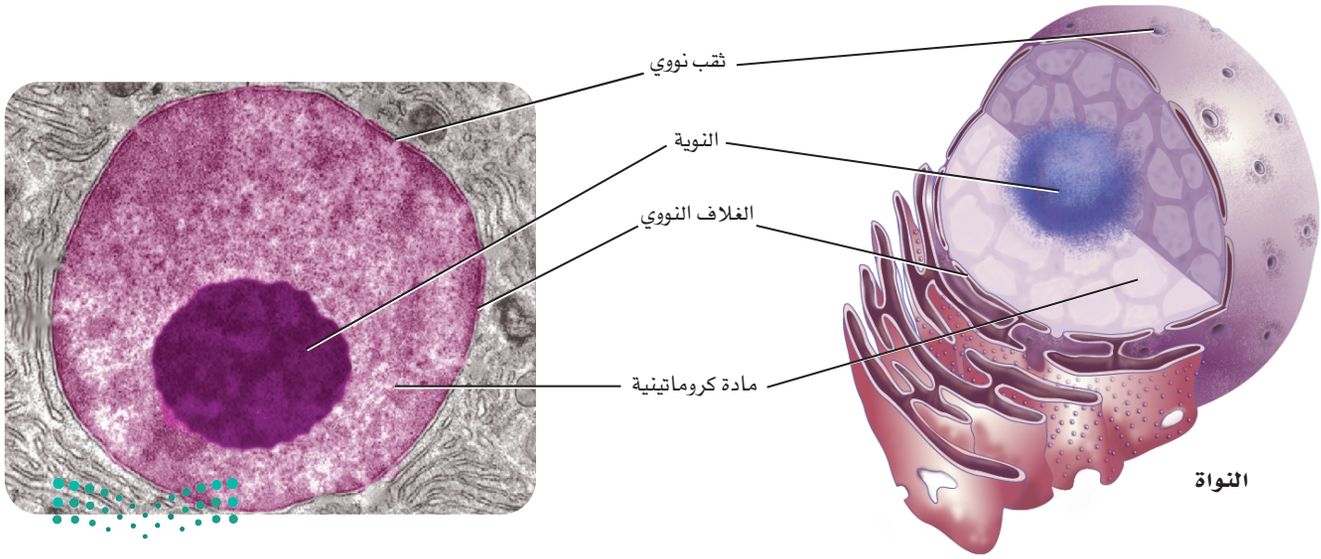
ماذا قرأت؟ **صف** دور النواة.

المفردات

أصل الكلمة

سيتوبلازم Cytoplasm

هيكل خلوي Cytoskeleton، يرجع أصل مقطع: – **Cyte** إلى اللغة اليونانية، ويعني الخلية.



■ **الشكل 7–1** يمين شكل نواة الخلية ثلاثي الأبعاد .وتبين الصورة يسارًا مقطعًا عرضيًّا في النواة.

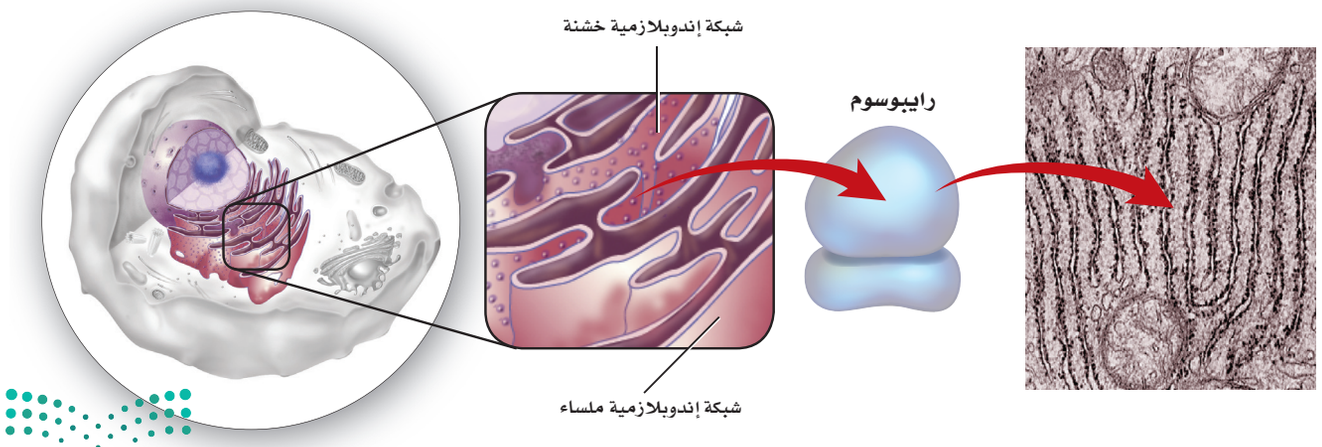
استنتج فسّر لماذا لا تتشابه جميع المقاطع العرضية للنواة؟

الرايبوسومات Ribosomes من وظائف الخلية إنتاج البروتين. وتسمى العضيات التي تساعد الخلية على صنع البروتين الرايبوسومات. تتكون الرايبوسومات من مكونين رئيسين، هما RNA والبروتين، ولا تحاط الرايبوسومات بغشاء كباقي العضيات في الخلية. ويتم إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل النواة، الشكل **7–1**.

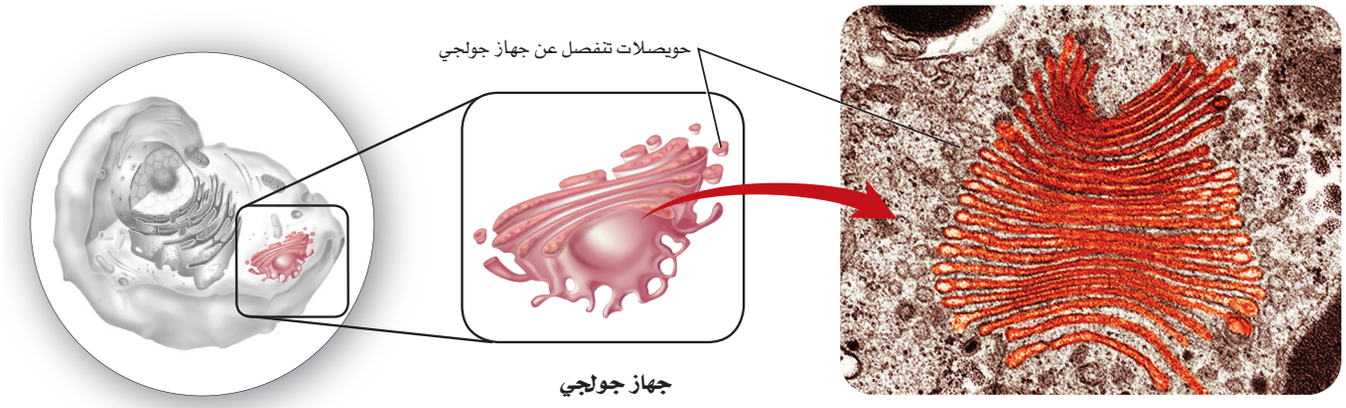
تحوي الخلايا الكثير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات مختلفة تستخدمها الخلية أو تنتقل إلى خارج الخلية لتستخدمها خلايا أخرى. كما تسبح بعض الرايبوسومات بحرية في السيتوبلازم، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضيات أخرى تسمى الشبكة الإندوبلازمية. وتنتج الرايبوسومات الحرة بروتينات تستخدم داخل سيتوبلازم الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة فتنتج بروتينات يتم إحاطتها بغشاء أو تستخدمها خلايا أخرى.

الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum هي نظام يتكوّن من قنوات متصلة ومتداخلة محاطة بغشاء مزدوج تعمل بوصفها مواقع لبناء البروتين والدهون؛ حيث تزودها الانثناءات والصفائح التي داخلها بمساحة سطح أكبر لكي تُنجز الوظائف الخلوية. وعندما ترتبط الرايبوسومات مع منطقة على الشبكة الإندوبلازمية فإن هذه المنطقة تسمى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. لاحظ **الشكل 8–1** حيث تبدو الشبكة الإندوبلازمية الخشنة كثيرة التنوءات والبروزات. وهذه البروزات هي الرايبوسومات التي تنتج البروتين تمهيدًا لنقله إلى الخلايا الأخرى. يبين **الشكل 8–1** أيضًا وجود مناطق على الشبكة الإندوبلازمية لا ترتبط بها رايبوسومات. والأجزاء من الشبكة الإندوبلازمية التي لا ترتبط معها رايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية الملساء. وعلى الرغم من عدم وجود رايبوسومات في الشبكة الإندوبلازمية الملساء إلا أنها تقوم بوظائف مهمة في الخلية. منها بناء الكربوهيدرات والدهون المعقدة، ومنها الدهون المفسفرة. كما تعمل الشبكة الإندوبلازمية الملساء في الكبد على إزالة السموم الضارة من الجسم.

الشكل 8–1 الرايبوسومات تراكيب بسيطة تتكون من RNA وبروتين، وقد ترتبط مع سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. حيث تشبه الرايبوسومات البروزات على سطح الشبكة الإندوبلازمية.



صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 5505



جهاز جولجي Golgi apparatus بعد تصنيع التلفاز في مصانع الأجهزة الكهربائية توضع كل قطعة مع ملحقاتها في صندوق ثم تشحن؛ ويقوم جهاز جولجي بعمل مشابه، فبعد بناء بعض البروتينات بواسطة الرايبوسومات على سطح الشبكة الإندوبلازمية ينتقل بعضه بواسطة حويصلات تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية لتصل إلى جهاز جولجي، **الشكل 9–1**. وجهاز جولجي مكوّن من مجموعة من الأغشية المتراصّة تعدِّل البروتينات وترتبها وتغلفها داخل أكياس تسمى الحويصلات تنبثق عن جهاز جولجي، ثم تلتحم الحويصلات بالغشاء البلازمي لتحرر البروتينات إلى بيئة الخلية الخارجية، انظر **الشكل 9–1**.

■ **الشكل 9–1** مجموعة من الأغشية التي تكوِّن جهاز جولجي.

مختبر تحليل البيانات 2-1

بناءً على بيانات حقيقية

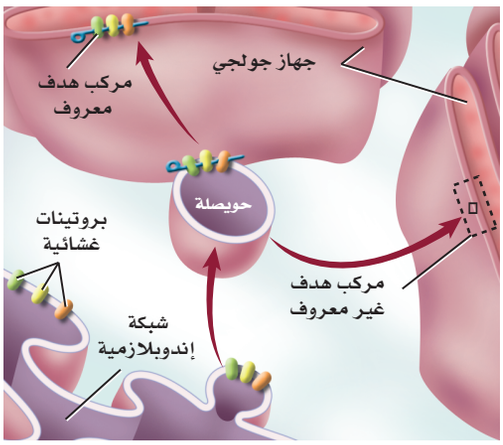
فسّر البيانات

كيف يتم تنظيم انتقال الحويصلات من الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجي؟ تُصنّع الرايبوسومات بعض البروتينات على سطح الشبكة الإندوبلازمية (ER)، وتغلف هذه البروتينات بحويصلات تنقلها بعد ذلك إلى جهاز جولجي. لتعديلها ويدرس العلماء حاليًّا الجزيئات التي تدخل في عملية التحام هذه الحويصلات الإندوبلازمية بجهاز جولجي.

التفكير الناقد

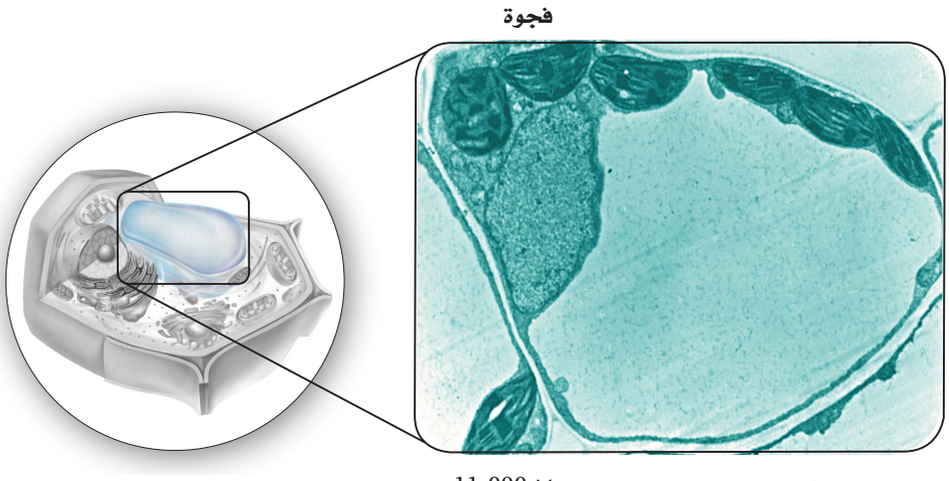
1. **فسّر المخطط** سمِّ مركبين موجودين على جهاز جولجي لهما دور في عملية التحام الحويصلات الإندوبلازمية.
2. **كوِّن فرضية** تفسر فيها انتقال الحويصلات الإندوبلازمية، بناءً على ما قرأته عن السيتوبلازم والهيكل الخلوي.

البيانات والملاحظات



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Bittle, E. E., and Wates, M. G. 2000. ER – to–golgi traffic– this bud's for you. *Science* 289: 403 – 404



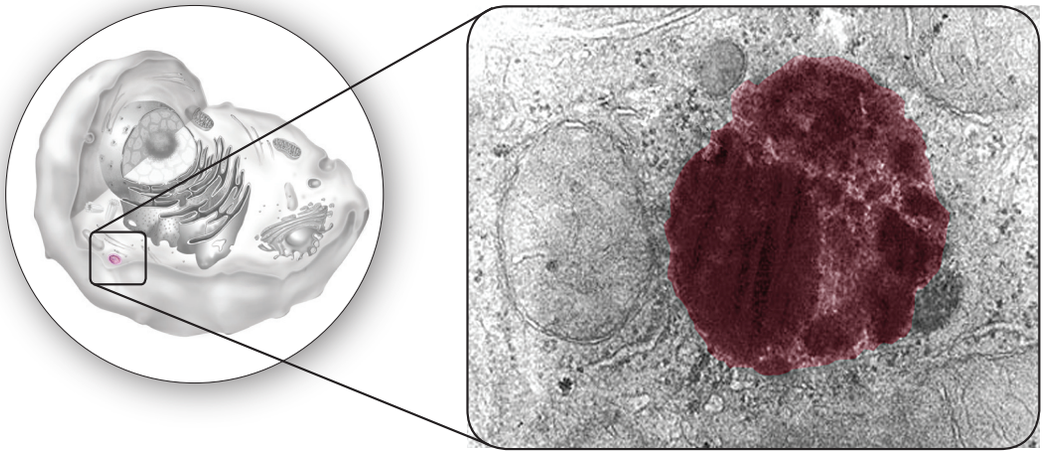
صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 11,000

■ **الشكل 10–1** تحوي خلايا النبات حويصلات تخزين كبيرة محاطة بغشاء، تسمى الفجوات.

الفجوات Vacuoles يوجد في الخلية حويصلات محاطة بغشاء، تسمى الفجوات، تقوم بتخزين المواد بصورة مؤقتة في السيتوبلازم. والفجوة -كالموجودة في خلية النبات- كيس يستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية، **الشكل 10–1**. وتخزن بعض الفجوات الفضلات. ومن المثير للاهتمام أن الخلية الحيوانية عادة لا تحوي فجوات، وإذا حدث ذلك فإن الفجوات تكون أصغر كثيرًا مما هي عليه في الخلية النباتية.

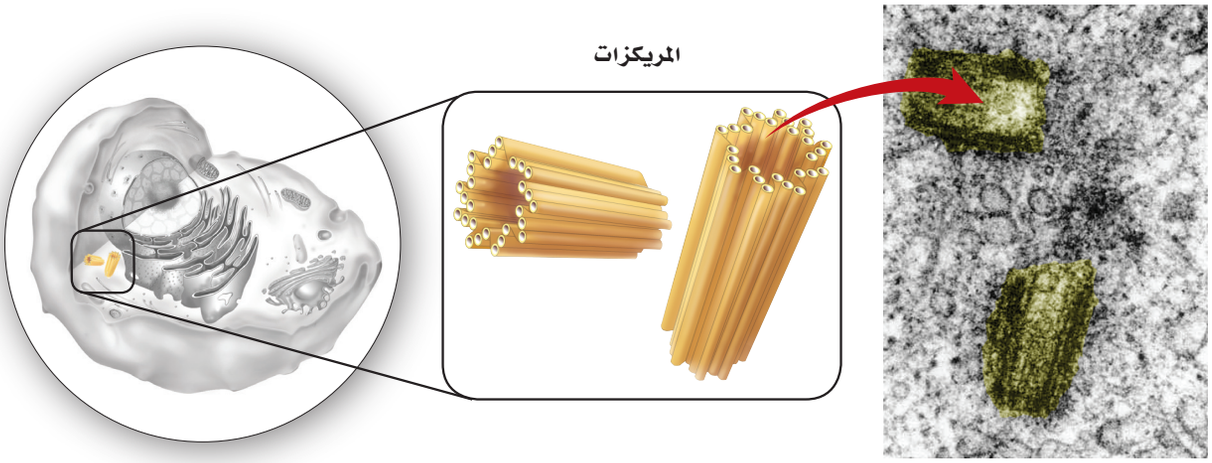
الأجسام المحلّلة (الليسوسومات) Lysosomes يوجد في الخلية الحيوانية حويصلات تحوي مواد تهضم، أو تحلل العضيات وجزيئات المواد المغذية الزائدة، تسمى الأجسام المحلِّلة، **الشكل 11–1**. تهضم الأجسام المحلِّلة أيضًا البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخلية. ويمنع الغشاء المحيط بالأجسام المحلِّلة الإنزيمات الهاضمة داخلها من تحليل الخلية. وقد تلتحم الأجسام المحلِّلة مع الفجوات، ثم تطرح إنزيماتها في هذه الفجوات لتهضم الفضلات داخلها.

■ **الشكل 11–1** تحوي الأجسام المحلّلة إنزيمات هاضمة تحلّل الفضلات في الفجوات.



الجسم المحلّل (ليسوسوم)

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 40,000

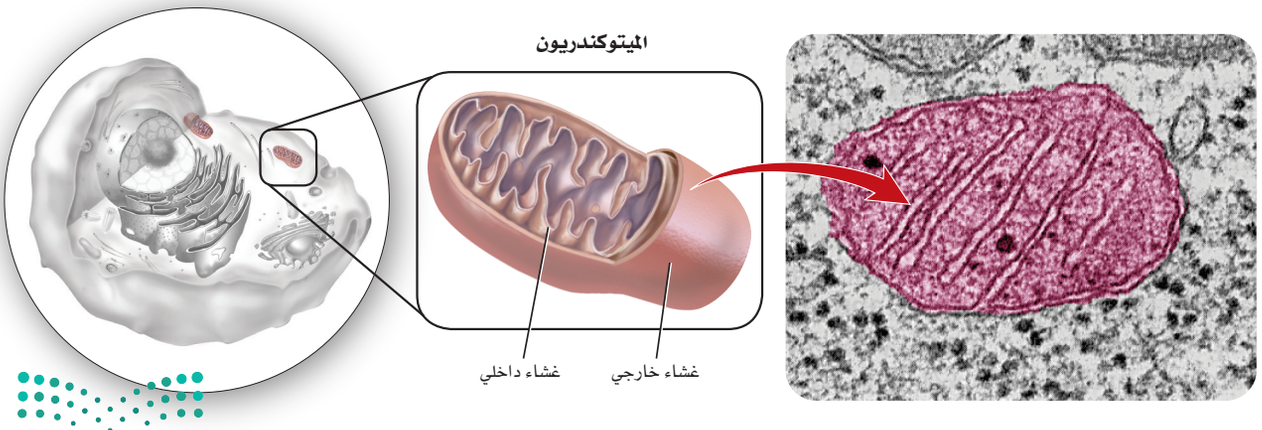


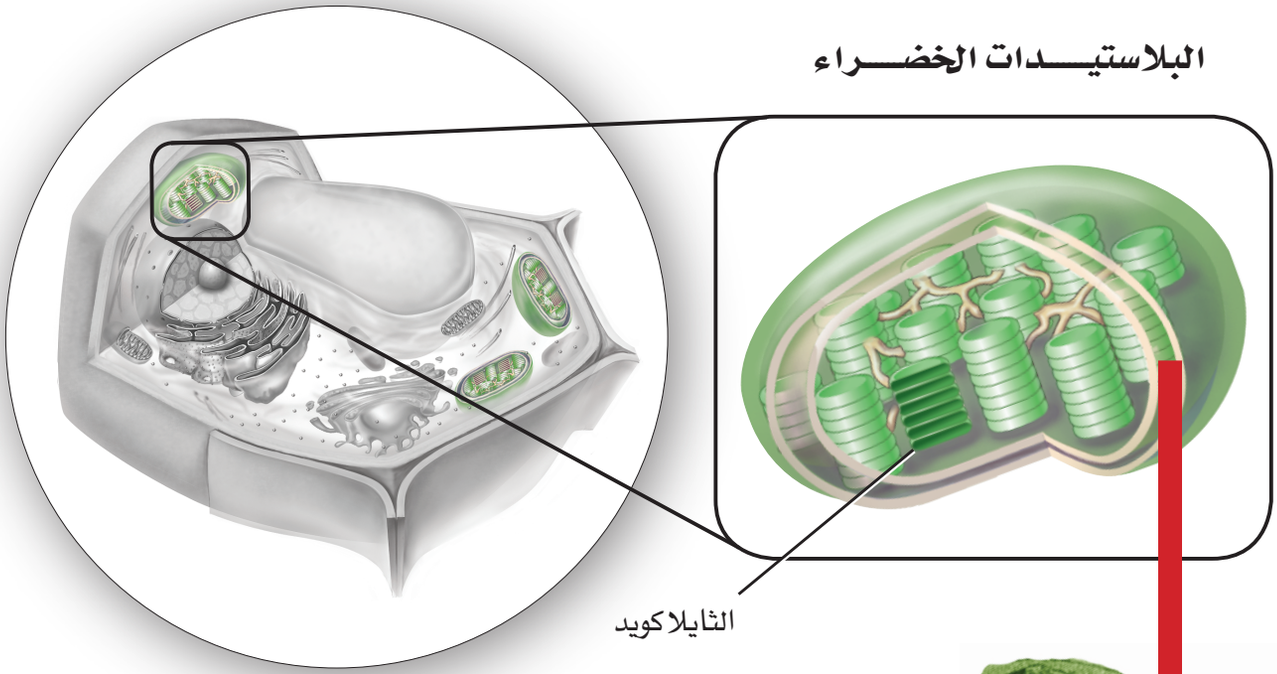
المريكزات Centrioles يتكوّن المريكز من مجموعة من الأُنيبيبات الدقيقة، كما في **الشكل 12–1**، تعمل في أثناء انقسام الخلية. وتوجد المريكزات في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية ومعظم الطلائعيات، وهي قريبة من النواة.

الميتوكندريا Mitochondria تحتوي الخلايا على عضيات تنتج الطاقة تسمى الميتوكندريا، وهي تحول جزيئات المواد المغذية (وخصوصًا السكريات) إلى طاقة قابلة للاستخدام. ويبين **الشكل 13–1**. أن للميتوكندريون (مفرد ميتوكندريا) غشاءً خارجيًّا وغشاءً داخليًّا كثير الطيات والانثناءات ليزودا الميتوكندريون بمساحة سطح كبيرة تساعده على تكسير الروابط بين جزيئات السكر. وتُخزن الطاقة الناتجة ضمن روابط كيميائية في جزيئات أخرى لتستخدمها الخلية لاحقًا. ولهذا السبب، غالبًا ما تسمى الميتوكندريا "مصانع الطاقة" في الخلايا.

■ **الشكل 12–1** تتكون المريكزات من الأُنيبيبات الدقيقة وتؤدي دورًا مهمًّا في انقسام الخلية.

■ **الشكل 13–1** تنتج الميتوكندريا الطاقة وتجعلها متوافرة للخلية.
صف تركيب الغشاء في الميتوكندريون.





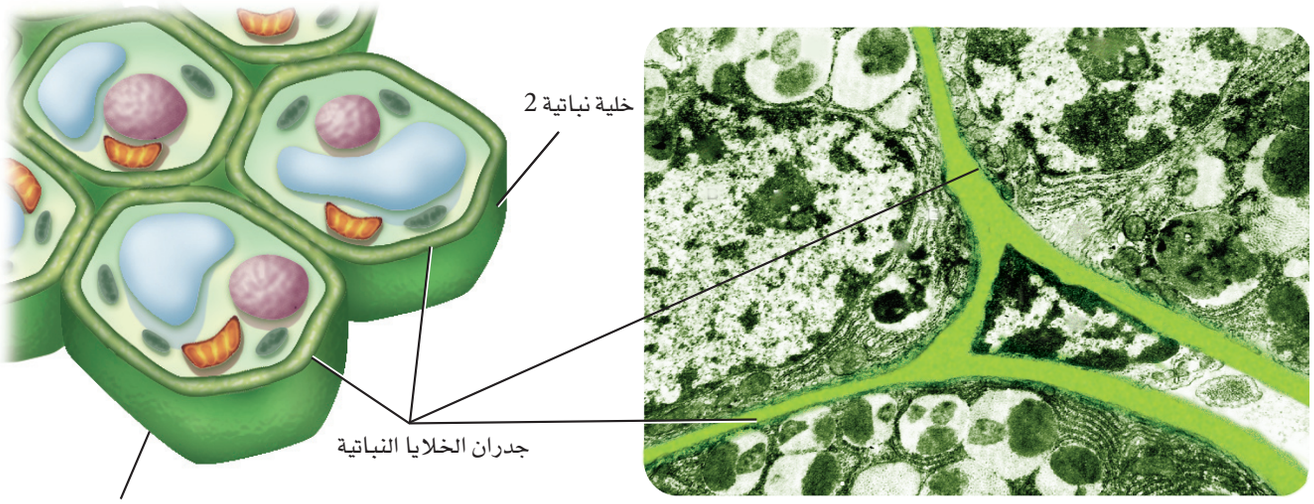
صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني؛
التكبير × 37,000

■ **الشـكل 14–1** تمتص البلاسـتيدات الخضراء في النبات الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية.

البلاسـتيدات الخضـراء Chloroplasts للخلايـا النباتيـة طريقتها الخاصة في اسـتخدام الطاقـة الشمسـية. فبالإضافة إلـى الميتوكندريا تحتـوي خلايا النباتات وبعـض الخلايا الأخرى الحقيقيـة النواة على **البلاسـتيدات الخضراء** chloroplasts، وهـي عضيات تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية بواسـطة عملية البناء الضوئي. تفحّص **الشـكل 14–1**، تلاحظ وجود حجرات صغيرة وعديدة على شكل أقراص تسـمى الثايلاكويدات داخل الغشاء الداخلي. حيث يتم امتصاص الطاقة الشمسـية وتجميعها في الثايلاكويدات بواسطة صبغة الكلوروفيل التي تعطي الأوراق والسيقان اللون الأخضر.

وقد تؤدي البلاستيدات الخضراء في النبات عدة وظائف، ومنها التخزين؛ إذ تخزن بعض البلاستيدات النشا والدهون. كما يحوي بعضها الآخر – ومنها البلاستيدات الملونـة – أصباغًا حمراء أو برتقالية أو صفراء تمتص طاقة الضوء وتعطي الألوان المميزة لتراكيب النبات ومنها الأزهار والأوراق.

الجدار الخلوي Cell wall تركيب آخر يوجد في الخلايا النباتية، **الشكل 15–1**. و**الجدار الخلوي** cell wall شـبكة من الألياف السـميكة الصلبة تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج لتحمي الخلية وتوفر لها الدعامة. ويسـاعد الجدار الخلوي الصلـب النباتات على الوصـول إلى ارتفاعـات مختلفة – تتـراوح بين أنصال الحشائش وغابات الشـجر الأحمر. كما تتكون الجدران الخلوية في النباتات من كربوهيدرات معقدة تسمى السيليلوز الذي يعطي الجدار خاصية الصلابة.



صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 38,000

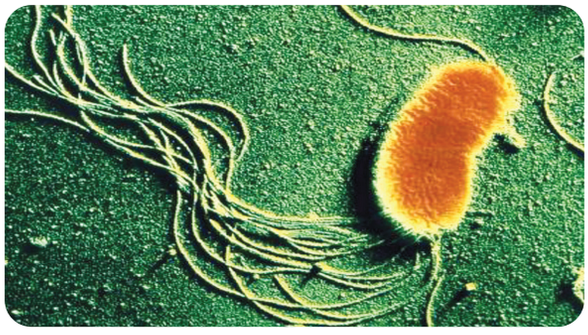
الأهداب والأسواط Cilia and flagella يغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة تراكيبُ خاصة تُسمّى الأهداب والأسواط، تمتد خارج الغشاء البلازمي. وكما في **الشكل 16–1**، **فالأهداب** cilia زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر، وحركتها تشبه حركة المجاديف في القارب. أما **الأسواط** flagella فهي أطول من الأهداب وأقل عددًا. وتتكون الأهداب والأسواط من الأنيبيبات الدقيقة، حيث تترتب في صورة محيط دائرة، أي أن تسعة مجموعات مزدوجة من الأنيبيبات تحيط بأنيبيبين منفردين في المركز، ويعرف هذا النمط التركيبي بالنمط (2+9). وعادة ما يكون للخلية سوط أو اثنان فقط.

وتحوي الهُديبات Pili والأسواط في الخلايا البدائية النواة سيتوبلازمًا محاطًا بغشاء بلازمي. ويتكون كل منها من وحدات بنائية من البروتين. وعلى الرغم من أن الأهداب والأسواط تُستخدم في حركة الخلية إلا أن الأهداب توجد أيضًا في خلايا ثابتة وغير متحركة، ومنها الخلايا المبطنة للجهاز التنفسي في الإنسان والتي تغطيها الأهداب، **الشكل 16–1**. ويبين **الجدول 1–1** قائمة تضم التراكيب الخلوية.

■ **الشكل 15–1** يبين الشكل خلايا نباتية وجدرانها الخلوية. قارن هذا بصورة المجهر الإلكتروني النافذ، التي تبين الجدران الخلوية للخلايا النباتية المتلاصقة.

■ **الشكل 16–1** التراكيب الشعرية الدقيقة في الصورة هي الأهداب، والتراكيب التي تشبه الذيل هي الأسواط.
استنتج أين تتوقع أن تجد الأهداب في أجسام الحيوانات؟

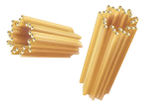
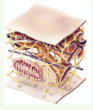
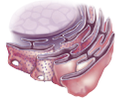
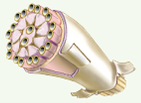
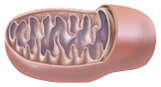
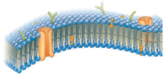
صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير غير معروف



بكتيريا لها أسواط

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح ومكبرة ×2,000

أهداب في أنف الإنسان

الجدول 1–1	خلاصة تراكيب الخلية		
تركيب الخلية	مثال	الوظيفة	نوع الخلية
الجدار الخلوي		حاجز غير مرن يعطي الدعامة والحماية للخلية النباتية.	الخلايا النباتية وخلايا الفطريات وبعض الخلايا البدائية النواة.
المريكزات		أنيبيبات تظهر على شكل أزواج تؤدي دورًا في انقسام الخلية.	الخلايا الحيوانية ومعظم خلايا الطلائعيات.
البلاستيدات الخضراء		عضيات لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات موجودة في الغشاء بها صبغة الكلوروفيل، ويتم فيها عملية البناء الضوئي.	الخلايا النباتية فقط.
الأهداب		امتدادات من سطح الخلية تسهم في الحركة والتغذي، وسحب المواد نحو سطح الخلية.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا الحقيقية النوى.
الهيكل الخلوي		شبكة في الخلية توجد داخل السيتوبلازم.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الشبكة الإندوبلازمية		غشاء كثير الطيات يساعد على بناء البروتين.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأسواط		امتدادات تسهم في الحركة والتغذي.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا النباتية والخلايا البدائية النواة.
جهاز جولجي		أغشية أنبوبية متراصة ومسطحة تقوم بتغليف البروتين وتعديله لنقله خارج الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأجسام المحللة (الليسوسومات)		حويصلة تحتوي على إنزيمات هاضمة تحلل المواد الخلوية الزائدة.	الخلايا الحيوانية فقط.
الميتوكندريون		عضية محاطة بغشاء يوفر الطاقة للخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
النواة		مركز السيطرة في الخلية، وتحتوي على تعليمات مشفّرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الغشاء البلازمي		حاجز مرن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها.	جميع الخلايا الحقيقية النواة و الخلايا البدائية النواة.
الرايبوسومات		عضيات تُعد موقعًا لبناء البروتينات.	جميع الخلايا.
الفجوات		حويصلة محاطة بغشاء لتخزين مؤقت للمواد.	الخلايا النباتية تحوي فجوة كبيرة أما الخلايا الحيوانية فتحوي القليل من الفجوات الصغيرة الحجم.

العضيات عندما تعمل Organelles at Work

في ضوء الفهم الأساسي للتراكيب الموجودة في الخلية يصبح فهم كيفية عمل هذه التراكيب معًا، وكيفية قيامها بوظيفتها الخلوية أسهل. فلو أخذنا مثلاً بناء البروتين فإنه يبدأ في النواة بحسب المعلومات التي يحويها DNA. حيث يتم نسخ هذه المعلومات الوراثية وينقلها إلى جزيء وراثي آخر يسمى الحمض النووي الرايبوزي RNA. ينتقل RNA، وكذلك الرايبوسومات التي تنتج في النوية، من خلال ثقوب في الغلاف النووي إلى السيتوبلازم. وتسهم كل من الرايبوسومات و RNA في إنتاج البروتينات. ولكل بروتين يتكون على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وظيفة محددة؛ فربما يصبح بروتينًا يكوّن جزءًا من الغشاء البلازمي، أو بروتينًا يُنقل خارج الخلية، أو بروتينًا ينتقل إلى عضيات أخرى. وتعمل الرايبوسومات الأخرى الحرة في السيتوبلازم على بناء البروتينات أيضًا.

تنتقل معظم البروتينات التي تصنع على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة إلى جهاز جولجي؛ حيث تُغلف البروتينات في حويصلات لنقلها إلى العضيات الأخرى أو إلى خارج الخلية. وتستخدم العضيات الأخرى البروتينات للقيام بالعمليات الخلوية. فمثلاً، تستخدم الأجسام المحللة (الليسوسومات) البروتينات، وخصوصًا الإنزيمات؛ لتهضم الغذاء والفضلات. وتستخدم الميتوكندريا الإنزيمات لإنتاج الطاقة اللازمة للخلية.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي التواصل العلمي
Science Communications Specialist

يوظّف الكثير من الناشرين في مجال العلوم أشخاصًا يختصون بالكتابة حول البحوث وأهميتها للرأي العام. وغالبًا ما يتحقق ذلك من خلال الإعلام والإعلانات والكتيبات والبريد الموجَّه.

التقويم 1-1

الخلاصة

- هناك نوعان رئيسان من الخلايا هما: الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
- تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
- النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
- يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
- يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
- يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
- تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
- الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين.
- الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** كيف يساعد الغشاء البلازمي على الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية؟
2. **ميِّز** بين الغشاء البلازمي والعضيات.
3. **وضّح** كيف يبقى داخلُ الخلية منفصلاً عن خارجها؟
4. **ارسم** مخططًا للغشاء البلازمي، وحدّد عليه الأجزاء.
5. **حدّد** جزيئات الغشاء البلازمي التي تشكل التركيب الأساسي للغشاء، وتسهم في تمييز الخلية، وسيولة الغشاء.
6. **حدّد** دور النواة في الخلية الحقيقية النواة.
7. **لخّص** دور الشبكة الإندوبلازمية.
8. **استنتج** لماذا لا يعدّ بعض العلماء الرايبوسومات من عضيات الخلية.

التفكير الناقد

9. **صف** كيف تحدد ما إذا كانت خلايا مخلوق حي اكتُشف حديثًا بدائية أم حقيقية النواة؟
10. **فسّر** ما أثر وجود كميات كبيرة من الكولسترول على الغشاء البلازمي بدلًا من وجوده داخله؟
11. **كوِّن فرضية** توضح كيف تعمل الأجسام المحلِّلة على تحويل اليرقة إلى فراشة.
12. الكتابة في علم الأحياء

بناءً على ما تعرفه عن مصطلح "فسيفسائي". اكتب فقرة تصف فيها تركيبًا حيويًّا فسيفسائيًّا آخر.

13. رتّب التراكيب والعضيات في الجدول 1–1 في قائمة تعتمد على نوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيمية توضح هذا التنظيم.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-2

كيمياء الخلية Cell Chemistry

الأهداف

- **تصف** أهمية عنصر الكربون في المخلوقات الحية.
- **تلخص** المجموعات الأربع الرئيسة للجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تقارن** بين وظائف كل مجموعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تلخص** أهمية الإنزيمات في المخلوقات الحية.

مراجعة المفردات

الإنزيم: بروتين يسرّع من معدل التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

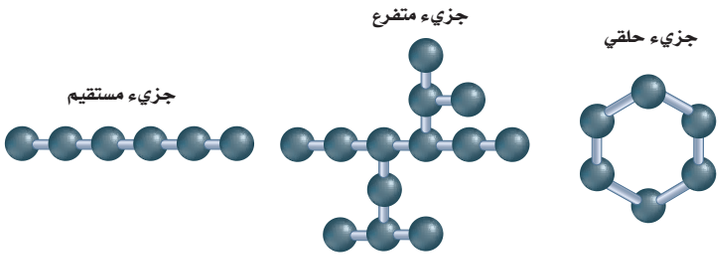
الجزيئات الكبيرة
البوليمر
الحمض الأميني
طاقة التنشيط
المحفز
الموقع النشط
الحمض النووي
النيوكليوتيدات

الفكرة الرئيسة **تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.**

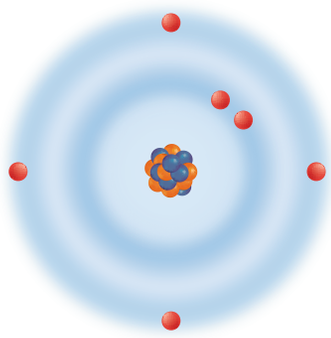
الربط مع الحياة يستمتع الأطفال بالقطار اللعبة؛ لأنهم يربطون مجموعة من العربات معًا، ويكوّنون أشكالًا متنوعة منها من خلال ربط عربات ذات ألوان أو وظائف متشابهة معًا. وكذلك الأمر في علم الأحياء؛ فهناك جزيئات كبيرة تتكون من الكثير من الوحدات الصغيرة المتصلة معًا.

الكيمياء العضوية Organic Chemistry

خلق الله سبحانه وتعالى معظم الحياة على سطح الأرض تعتمد على الكربون؛ لأن عنصر الكربون يدخل في تركيب معظم الجزيئات الحيوية. ولما كان الكربون عنصرًا ضروريًّا فقد خصَّص العلماء فرعًا كاملاً في الكيمياء يُسمى الكيمياء العضوية؛ لدراسة المركبات العضوية، أي المركبات التي تحتوي على الكربون. تستطيع ذرة كربون واحدة تكوين أربع روابط مشتركة مع الذرات الأخرى؛ وذلك لأن الكربون يحوي أربعة إلكترونات في مداره الأخير، كما في **الشكل 17–1**، حيث تمكّن هذه الروابط ذرات الكربون من الارتباط معًا، مما ينتج عنها مركبات عضوية متنوعة، قد تكون على صورة سلاسل مستقيمة، أو متفرعة، أو على صورة مركبات حلقية، كما في **الشكل 17–1**.



الشكل 17–1 يعتمد التنوع المدهش في الحياة على تنوع المركبات الكربونية التي أوجدها الخالق جل وعلا. فوجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير للكربون يسمح بتكوين جزيئات ذات سلاسل مستقيمة أو متفرعة أو حلقية.



ذرة الكربون

المفردات

أصل الكلمة

البوليمر Polymer

Poly: من اليونانية، وتعني "العديد".

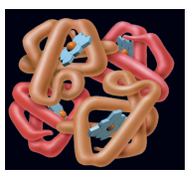
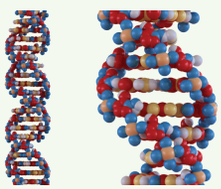
–meros: من اليونانية، وتعني "جزء".

الجزيئات الكبيرة Macromolecules

يمكن أن ترتبط ذرات الكربون معًا لتكون جزيئات الكربون. وبالطريقة نفسها، تخزن معظم الخلايا مركبات كربونية صغيرة تعمل عمل وحدات بناء أساسية للجزيئات الكبيرة. و**الجزيئات الكبيرة** macromolecules جزيئات ضخمة، تتكون من ارتباط جزيئات عضوية أصغر. وتسمى هذه الجزيئات الكبيرة البوليمرات. و**البوليمرات** polymers جزيئات مكونة من وحدات متكررة من مركبات متشابهة أو قريبة التشابه تسمى الوحدات الأساسية (مونومرات monomers) ترتبط معًا بسلسلة من الروابط المشتركة (التساهمية). وكما في **الجدول 2–1**، تقسم الجزيئات الحيوية الكبيرة إلى أربع مجموعات رئيسة، هي الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، والأحماض النووية.

ماذا قرأت؟ **استخدم** التشابه في وصف الجزيئات الكبيرة.

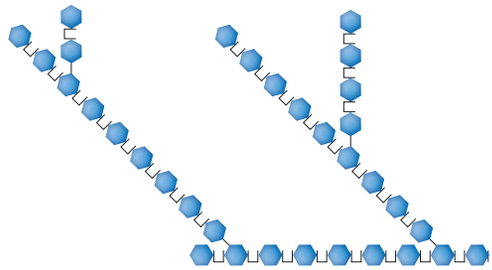
الجدول 2–1 **الجزيئات الكبيرة**

المجموعة	المثال	الوظيفة
الكربوهيدرات	خبز	• تخزن الطاقة. • توفر دعمًا تركيبيًّا.
الدهون	خلية نحل	• تخزن الطاقة. • تشكل حواجز.
البروتينات	 الهيموجلوبين	• نقل المواد. • تزيد سرعة التفاعل. • تعطي دعمًا تركيبيًّا. • تكوّن الهرمونات.
الأحماض النووية	 يُخزن DNA المعلومات الوراثية في نواة الخلية	• تخزن المعلومات الوراثية وتنقلها.

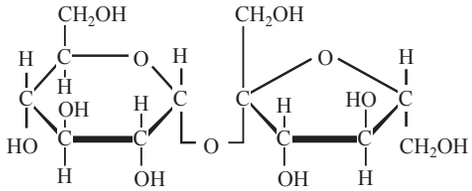
إرشادات الدراسة

ملاحظات ثنائية اطوِ ورقة طوليًّا نصفين، واكتب العنوان المكتوب بالخط الغامق الذي يظهر تحت عنوان الجزيئات الكبيرة على الجانب الأيمن (البوليميرات). وسجل الملاحظات حول الأفكار المهمة والمفردات في أثناء قراءتك النص.

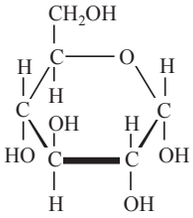
وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444



جلايكوجين
(سكريات متعددة)



سكروز
(سكريات ثنائية)



جلوكوز
(سكريات أحادية)

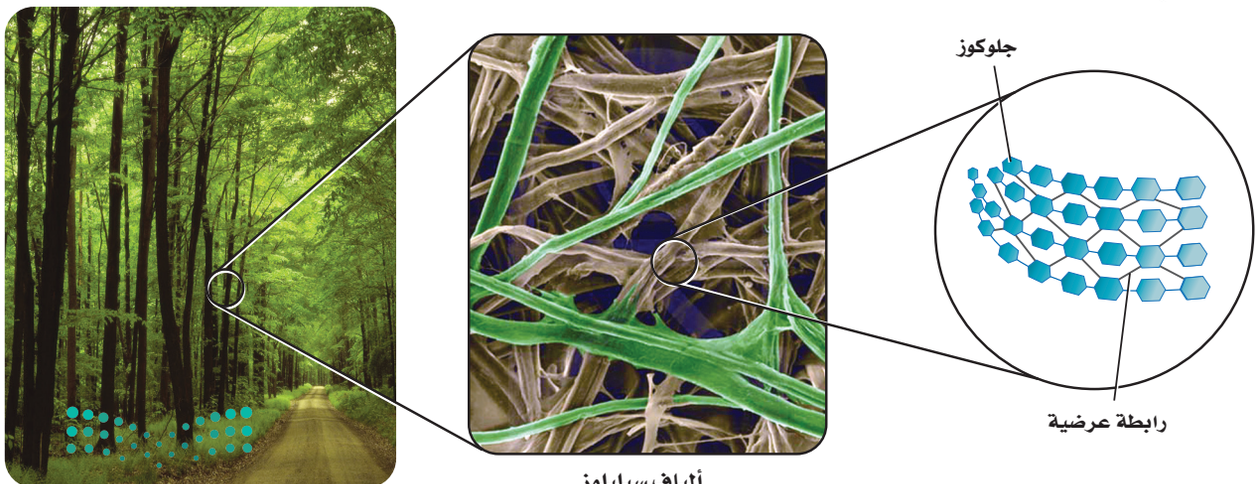
الكربوهيدرات Carbohydrates تسمى المركبات التي تتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين بالنسب التالية (ذرة أكسجين واحدة وذرتي هيدروجين لكل ذرة كربون) الكربوهيدرات. وتكتب الصيغة العامة للكربوهيدرات في صورة $(CH_2O)_n$؛ حيث تمثل n عدد وحدات CH_2O في السلسلة. وتسمى الكربوهيدرات في أجسام المخلوقات الحية السكريات البسيطة (أو السكريات الأحادية) إذا كانت قيمة n فيها 3–7، ويؤدي الجلوكوز وهو من السكريات الأحادية المبين في **الشكل 18–1**، دورًا أساسيًّا بوصفه مصدرًا للطاقة في المخلوقات الحية.

يمكن أن ترتبط جزيئات أحادية التسكر لتكوين جزيئات أكبر. ويرتبط جزيئان من السكريات الأحادية معًا لينتج السكريات الثنائية. وتشبه السكريات الثنائية الجلوكوز في أنها مصدر للطاقة. فالسكروز (سكر المائدة) المبين في **الشكل 18–1**، واللاكتوز الذي هو أحد مكونات الحليب هما سكريات ثنائية. أما جزيئات الكربوهيدرات الأطول فتسمى السكريات المتعددة. والجلايكوجين المبين في **الشكل 18–1** واحد من الأمثلة على هذه السكريات المهمة. فالجلايكوجين شكل آخر من الجلوكوز وهو مخزن للطاقة، ويوجد في الكبد والعضلات الهيكلية. وعندما يحتاج الجسم إلى الطاقة خلال التمارين الرياضية أو بين الوجبات يتحلل الجلايكوجين إلى جلوكوز.

بالإضافة إلى دور الكربوهيدرات بوصفها مصدرًا للطاقة؛ فهي تؤدي وظائف أخرى مهمة. ففي النبات، يوفر السيليلوز (نوع من الكربوهيدرات) دعمًا تركيبيًّا للجدار الخلوي، كما في **الشكل 19–1**.

■ **الشكل 18–1** الجلوكوز من السكريات الأحادية. يتكون السكروز (سكريات ثنائية) من الجلوكوز والفركتوز، وكلاهما من السكريات الأحادية. الجلايكوجين من السكريات المتعددة ومتفرع، ويتكون من الجلوكوز بوصفه وحدات أساسية.

■ **الشكل 19–1** السيليلوز في خلايا النبات يعطي دعمًا تركيبيًّا للأشجار لتبقى منتصبة في الغابة.



مختبر تحليل البيانات 1-3

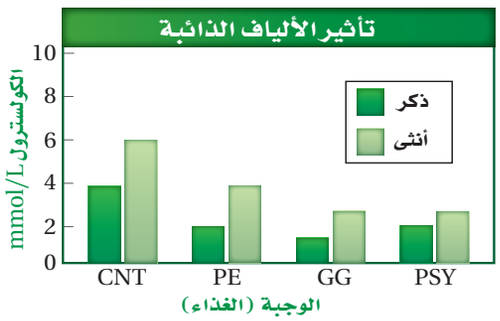
بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

هل تؤثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول؟ يرتبط وجود كميات كبيرة من الستيرويدات، تسمى الكولسترول، في الدم مع ظهور أمراض القلب. ويدرس الباحثون آثار الألياف الذائبة في الطعام في الكولسترول.

البيانات والملاحظات

قوّمت هذه التجربة أثر ثلاثة ألياف ذائبة في مستويات الكولسترول في الدم، وهي: البكتين (PE)، وعلكة الجوار Guar gum (GG)، والسيليوم (PSY). وتم استخدام السيليلوز (CNT) بوصفه مجموعة ضابطة.



التفكير الناقد

1. **احسب** نسبة التغير في مستويات الكولسترول مقارنة بالمجموعة الضابطة.
2. **صف** أثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول في الدم.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Shen, et al. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in female Guinea pigs, *Journal of Nutrition*. 128: 1434 – 1441

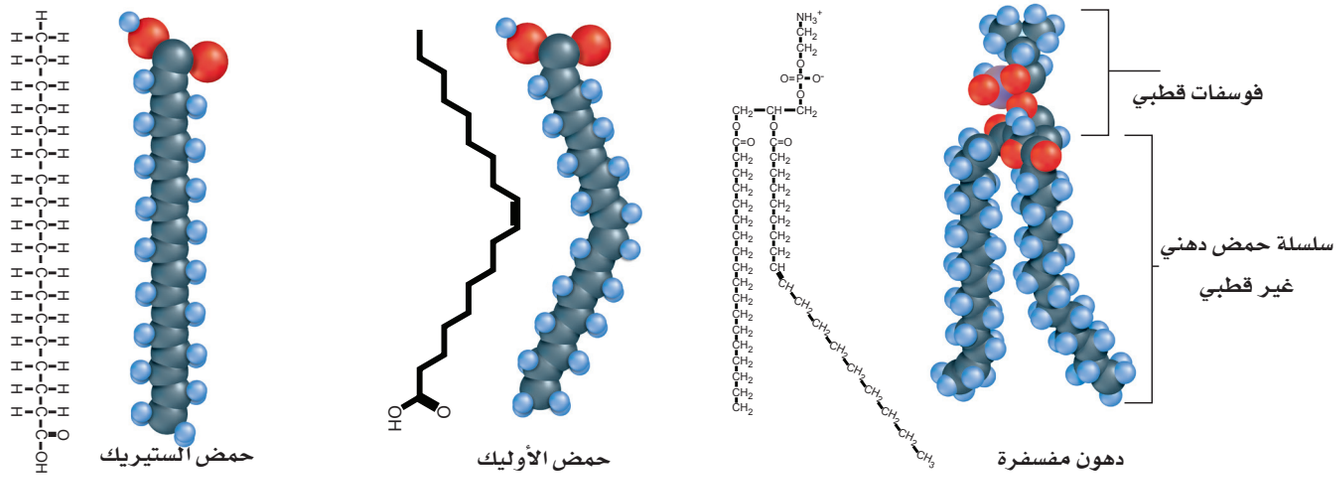
يتكون السيليلوز من سلاسل جلوكوز ترتبط معًا بألياف صلبة تناسب تمامًا دورها التركيبي. ويعد الكايتين من المركبات العديدة التسكر التي تحوي النيتروجين. وهو المكون الرئيس لصدفة الروبيان الخارجية، وسرطان البحر وبعض الحشرات، وكذلك الجدار الخلوي لبعض الفطريات.

الدهون Lipids تحتوي جزيئات الدهون غالبًا على الكربون، والهيدروجين، وهي تكوّن الشحوم، والزيوت والشمع. وتتكون الدهون من وحدات بنائية هي الأحماض الدهنية والجليسرول، ومكونات أخرى. والوظيفة الرئيسة للدهون هي تخزين الطاقة. ومن هذه الدهون ثلاثي الجليسيريد، وقد يكون دهنًا إذا كان صلبًا في درجة حرارة الغرفة، وزيتًا إذا كان سائلًا في درجة حرارة الغرفة. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تخزين ثلاثي الجليسيريد في الخلايا الدهنية في الجسم. كما تُغطى أوراق الأشجار بدهون تُسمى شمع الكيوتيكل تمنع فقدان الماء. وتتكون حجرات خلية النحل من شمع النحل.

الدهون المشبعة وغير المشبعة

Saturated and unsaturated fats تحتاج المخلوقات الحية إلى الدهون لإتمام وظائفها. ويتضمن التركيب الأساسي للدهون الأحماض الدهنية، كما في **الشكل 20–1**. حيث تتكون هذه الأحماض من سلسلة من ذرات الكربون التي يرتبط بعضها مع بعض من جهة ومع الهيدروجين من جهة أخرى بروابط أحادية أو ثنائية. فإذا كانت الروابط بين ذرات الكربون أحادية، سمِّيت الدهون المشبعة. أما الدهون التي تحوي رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في سلسلة الحمض الدهني فتسمى الدهون غير المشبعة. وتسمى الدهون التي تحوي أكثر من رابطة ثنائية واحدة الدهون غير المشبعة المتعددة.

الدهون المفسفرة Phospholipids يبين **الشكل 20–1** دهونًا خاصة تسمى الدهون المفسفرة، وهي مسؤولة عن تركيب الغشاء الخلوي ووظيفته. فالدهون كارهة للماء، وهذا يعني أنها لا تذوب فيه. وهذه الخاصية مهمة؛ لأنها تسمح للدهون أن تعمل حاجزًا في الأغشية الحيوية.

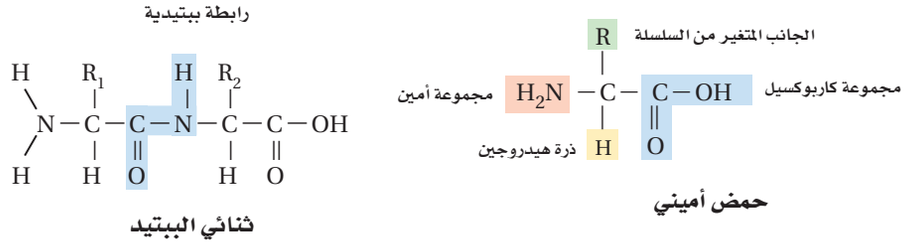


الستيرويدات Steroids هناك مجموعة أخرى مهمة من الدهون، وهي مجموعة الستيرويدات التي تضم مواد منها الكولسترول والهرمونات. وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع الذي يعدها دهونًا ضارّة، إلا أن الكولسترول يُعد نقطة البداية في إنتاج دهون ضرورية أخرى، ومنها فيتامين D وهرمونات الإستروجين والتستوستيرون.

البروتينات Proteins من الوحدات البنائية الأخرى في المخلوقات الحية البروتين. ويتكوّن البروتين من مركبات كربونية صغيرة تسمى الأحماض الأمينية. و**الأحماض الأمينية** amino acids مركبات صغيرة مكونة من كربون، ونيتروجين، وأكسجين، وهيدروجين وأحيانًا كبريت. وتشترك الأحماض الأمينية جميعها في التركيب العام نفسه.

تركيب الحمض الأميني Amino acid structure توجد ذرة كربون مركزية في الأحماض الأمينية، **الشكل 21–1**. ويكوّن الكربون أربع روابط مشتركة، وإحدى هذه الروابط مع الهيدروجين والروابط الثلاث الأخرى مع كل من مجموعة الأمين ($-NH_2$)، ومجموعة الكاربوكسيل ($-COOH$) والمجموعة المتغيرة ($-R$). وتجعل المجموعة المتغيرة كل حمض أميني مختلفًا عن الآخر. وهناك 20 مجموعة متغيرة مختلفة. يتكون البروتين من الارتباط المتنوع بين جميع الأحماض الأمينية العشرين المختلفة. وتربط عدة روابط مشتركة – تسمى الروابط الببتيدية – الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتينات، **الشكل 21–1**. وتتكون الرابطة الببتيدية بين مجموعة الأمين لحمض أميني ومجموعة الكاربوكسيل لحمض أميني آخر.

■ **الشكل 20–1** لا توجد رابطة ثنائية بين ذرات الكربون في حمض الستيريك. في حين توجد رابطة ثنائية واحدة في حمض الأوليك. وتحوي الدهون المفسفرة رأسًا قطبيًّا وسلسلتين غير قطبيتين من الأحماض الدهنية.



■ **الشكل 21–1**

يمين: يحوي التركيب العام للحمض الأميني أربع مجموعات حول ذرة كربون مركزية.

يسار: تتكون الرابطة الببتيدية في البروتينات نتيجة تفاعل كيميائي.

فسر ما الجزيء الأصغر الناتج عن تكون رابطة ببتيدية؟

وظيفة البروتين Protein function تشكل البروتينات حوالي 15% من كتلة الجسم، وتسهم في كل وظيفة من وظائفه تقريبًا. فمثلاً، تتكون عضلاتك وجلدك وشعرك من البروتينات. وتحوي خلايا الجسم حوالي 10,000 بروتين مختلف توفر دعمًا تركيبيًّا، وتنقل المواد إلى داخل الخلية وبين الخلايا، وتوصل الإشارات داخل الخلية وبين الخلايا، وتزيد من معدل سرعة التفاعلات الكيميائية، وتسيطر على نمو الخلايا.

الإنزيمات Enzymes تحدث مجموعة هائلة من التفاعلات الكيميائية في جميع المخلوقات الحية. وتحدث هذه التفاعلات الكيميائية ببطء عندما تتم في المختبر؛ لأن طاقة التنشيط لها عالية. و**طاقة التنشيط** activation energy هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

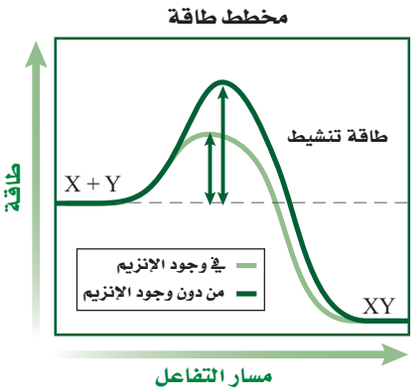
وحتى يكون الأمر مفيدًا للمخلوقات الحية دون الحاجة إلى استهلاك المزيد من الطاقة، يجب أن يكون هناك مواد إضافية لضمان حدوث التفاعل الكيميائي، على أن تقلل طاقة التنشيط، وتسمح للتفاعل بأن يكتمل بسرعة.

المحفِّز catalyst مادة تقلل طاقة التنشيط التي يتطلبها بدء التفاعل الكيميائي. وعلى الرغم من أن المحفِّز يؤدي دورًا مهمًّا في تسريع التفاعل الكيميائي، إلا أنه لا يزيد من كمية نواتج التفاعل ولا يُستهلك في التفاعل. ويستخدم العلماء أنواعًا عديدة من المحفِّزات لحدوث التفاعلات بصورة أسرع آلاف المرات مما لو حدث التفاعل من دون المحفِّز. هناك أنواع خاصة من البروتين تسمى الإنزيمات، وهي محفِّزات حيوية خلقها الله سبحانه وتعالى لكي تزيد سرعة التفاعل الكيميائي في العمليات الحيوية؛ فالإنزيمات ضرورية للحياة. قارن بين مسار التفاعل في **الشكل 22-1**، لتتعرف أثر الإنزيم في التفاعل الكيميائي. والإنزيم كأي محفِّز لا يتم استهلاكه في أثناء التفاعل الكيميائي. فيمكن استخدامه مرة أخرى بعد أن يسهم في أي تفاعل كيميائي.

ومن الإنزيمات الأميليز، وهو مهم في اللعاب. وتبدأ عملية الهضم في الفم عندما يسرّع إنزيم الأميليز تحليل سكر الأميلوز، أحد مكونات النشا. وكما هو الحال في الأميليز، فإن معظم الإنزيمات تختص بتفاعل واحد فقط.

تكون الإنزيمات على درجة عالية من التخصص بنوع من التفاعلات. وهي في هذا تختلف عن العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى؛ فهي اختيارية في تفاعلاتها، فكل إنزيم ينشّط تفاعلًا واحدًا أو عددًا قليلًا من التفاعلات، ولا تحدث تفاعلات جانبية غير مرغوبة.

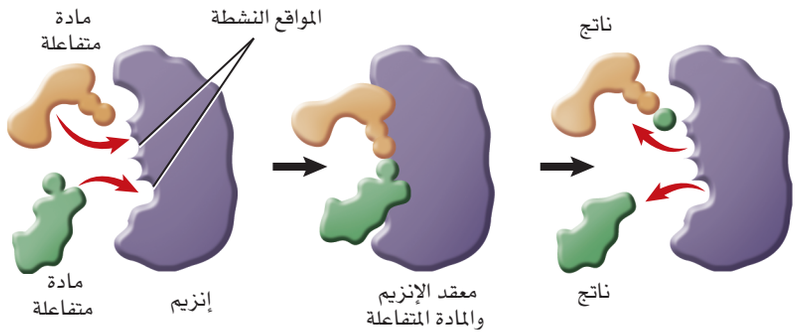
يعمل الإنزيم على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل، بحيث يحدث عند درجة حرارة الخلية، فكيف يقلل الإنزيم طاقة التنشيط لبدء التفاعل؟ تتبع **الشكل 23-1** لتتعلم كيف يعمل الإنزيم.



الشكل 22-1 عندما يعمل إنزيم محفّزًا حيويًّا يحدث التفاعل بسرعة تستفيد منها الخلية. **قارن بين طاقة تنشيط التفاعل من دون وجود الإنزيم وطاقة تنشيطه مع وجود الإنزيم.**

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



■ **الشكل 23–1** تتفاعل المادة المتفاعلة مع الإنزيم في أماكن خاصة تسمى المواقع النشطة. حيث ترتبط معه المواد التي يتناسب شكلها مع شكل الموقع النشط.

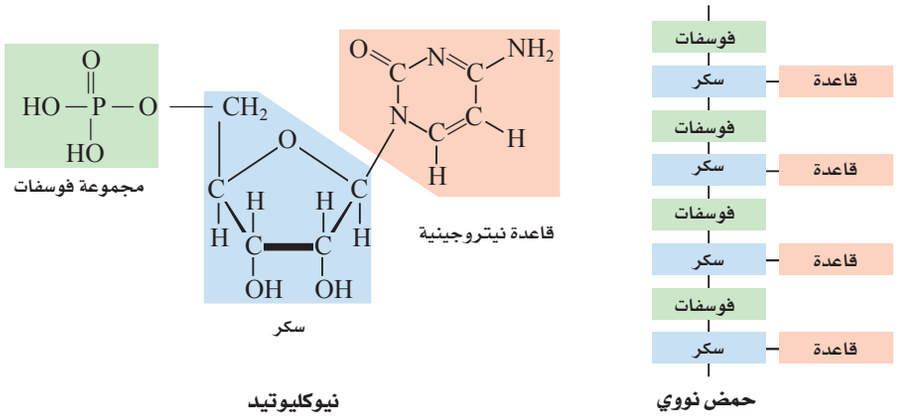
تسمى المواد التي ترتبط مع الإنزيم المواد المتفاعلة substrates. ويسمى موقع ارتباط المادة المتفاعلة مع الإنزيم **الموقع النشط** active site . وللموقع النشط والمادة المتفاعلة شكل متماثل أو متطابق يمكّن المادة المتفاعلة والإنزيم من الارتباط بأسلوب دقيق مشابه لطريقة تثبيت قطع الأحاجي بعضها مع بعض. وكما هو مبين في **الشكل 23–1** يتحد الإنزيم بالمواد المتفاعلة التي لها نفس حجم الموقع النشط وشكله.

عندما ترتبط المادة المتفاعلة مع الموقع النشط يغير هذا الموقع شكله ويكوِّن مُعقد الإنزيم–المادة المتفاعلة. ويساعد الإنزيم المواد المتفاعلة على تكسير الروابط الكيميائية في المواد المتفاعلة، وتتكون روابط جديدة؛ حيث تتفاعل المواد المتفاعلة لتكوّن ناتجًا يحرره الإنزيم بعد ذلك.

تؤثر عوامل – منها الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ومواد أخرى – في نشاط الإنزيم. فمثلاً تكون معظم الإنزيمات في خلايا الإنسان في أقصى نشاط لها عند درجة حرارة مُثلى قريبة من 37 °C. ولكن الإنزيمات في المخلوقات الحية الأخرى كالبكتيريا تكون نشطة عند درجة حرارة مختلفة.

تؤثر الإنزيمات في الكثير من العمليات الحيوية. فعندما تلسع أفعى سامة شخصًا ما يُحلل إنزيم موجود في سمّها الغشاء البلازمي في خلايا دمه الحمراء، وكذلك ينضج التفاح الأخضر القاسي نتيجة نشاط الإنزيم، وتعطي عمليتا البناء الضوئي والتنفس الطاقة للخلية بمساعدة الإنزيمات. ولما كان النحل العامل مهمًّا في بقاء خلية النحل، فإن الإنزيمات أيضًا مهمة في الخلية.

الأحماض النووية Nucleic acids المجموعة الرابعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة هي الأحماض النووية. **الأحماض النووية** nucleic acids جزيئات كبيرة معقدة تخزّن المعلومات الوراثية وتنقلها. يتكون الحمض النووي من وحدات بنائية صغيرة مكررة تسمى **النيوكليوتيدات** nucleotides. وتتكون النيوكليوتيدات من ذرات كربون ونيتروجين وأكسجين، وفوسفور وهيدروجين، **الشكل 24–1**. هناك ستة نيوكليوتيدات رئيسة، كلها تحوي ثلاث وحدات، هي الفوسفات والقاعدة النيتروجينية وسكر الرايبوز الخماسي.



الشكل 24–1

يمين: ترتبط النيوكليوتيدات معًا نتيجة وجود روابط بين مجموعة السكر ومجموعة الفوسفات.

يسار: تحوي نيوكليوتيدات الـDNA سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين، في حين تحـوي نيوكليوتيدات RNA سكر الرايبوز.

وهناك نوعان من الأحماض النووية فـي المخلوقات الحية، هما الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسـجين (DNA)، والحمض النووي الرايبوزي (RNA). ففـي الأحمـاض النوويـة مثـل DNA و RNA، يرتبط سـكر الرايبـوز في أحد النيوكليوتيدات مع مجموعة فوسـفات لنيوكليوتيد آخر. أمـا القاعدة النيتروجينية التي تبرز خارج السلسـلة فهي قابلة لتكوين رابطة هيدروجينية مع قواعد أخرى في نيوكليوتيدات أخرى.

يسـمى النيوكليوتيد الذي يحوي ثلاث مجموعات من الفوسـفات بالأدينوسـين الثلاثـي الفوسـفات (ATP)، وهو الجزيء الـذي يخزن الطاقـة الكيميائية التي تسـتخدمها الخلايا في تفاعلاتها المختلفة، حيث تتحرر الطاقة عند تكسير الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة.

التقويم 1-2

الخلاصة

- المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.
- تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسـطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة لتكوّن البوليمرات.
- هنـاك أربعة أنواع مـن الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- ترتبط الأحمـاض الأمينية برابطة ببتدية لتكوّن البروتين.
- تكـوّن سلاسـل النيوكليوتيدات الأحماض النووية
- الإنزيمات محفِّزات حيوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **فسّر** إذا تم تحديد مادة غير معروفة وجدت في النيزك ولا تحتوي على بقايا كربون، فهل يسـتطيع العلماء استنتاج أن هناك حياة في النيزك؟
2. **اعمل** قائمة تقارن فيها بين الجزيئات الحيوية الكبيرة الأربعة.
3. **حـدّد** مكونـات الكربوهيدرات والبروتينات.
4. **ناقش** أهميـة ترتيـب الحمض الأميني في وظيفة البروتين.
5. **صـف** أهميـة الإنزيمـات في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

6. **لخّص** نتيجـة وجـود الكثير من البروتينات في الجسـم، وفسّـر لماذا يعد شـكل الإنزيـم مهمًّا لوظيفته؟
7. **ارسـم** تركيبين (أحدهما سلسـلة مستقيمة وأخرى حلقية) لكربوهيدرات صيغتها الكيميائية $(CH_2O)_6$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

مستجدات في علم الأحياء

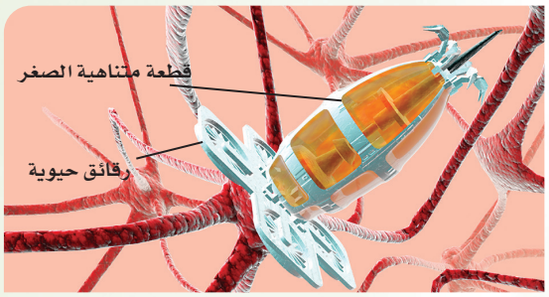
استكشاف تقنية النانو Exploring Nanotechnology

تخيل أنه يمكن اكتشاف خلايا السرطان والقضاء عليها الواحدة تلو الأخرى، أو أن دواءً جديدًا يمكن اختباره على خلية واحدة لتقويم فاعليته السريرية. إنَّ التقدم التقني هو الذي سمح للعلماء بالتركيز على خلايا محددة، ويجعلها حقيقة في المستقبل القريب.

إن علم تقنية النانو فرع من العلوم يدرس تطور آلات تعمل بمقياس دقيق جدًّا هو النانو، واستخدامها. والنانو يساوي واحدًا من البليون من المتر (10^{-9} m). ولوضع هذا المقياس في منظوره الحقيقي لاحظ أن معظم خلايا الإنسان يتراوح قطرها بين 10,000–20,000 nm.

مجهر القوة الذرية Atomic force microscope

يستخدم الباحثون تقنية النانو في مجهر القوة الذرية ليعملوا على خلية مفردة. ويستخدم هذا المجهر إبرة دقيقة جدًّا. ويعطي هذا النوع من المجاهر صورة للخلية باستخدام مجسّ مجهري لفحص الخلية. إذ يدخل المجس الدقيق كإبرة قطرها 200 nm تقريبًا إلى الخلية دون إلحاق ضررٍ بغشائها. كما تساعد الإبرة الدقيقة العلماء على دراسة كيف تستجيب الخلية لعلاج جديد، أو كيف تختلف كيمياء خلية مريضة عن الخلية السليمة. هناك تطبيق آخر للإبرة الدقيقة يتم بإدخال سلاسل DNA مباشرة إلى نواة الخلية لفحص تقنية علاج جيني جديد لمعالجة الأمراض الوراثية.



تبين هذه الصورة المأخوذة بوساطة الحاسوب قطعة دقيقة جدًّا لها أذرع من رقائق حيوية. وتحتوي الرقائق الحيوية على مواد عضوية قد تكون قادرة على إصلاح الأضرار في الخلية العصبية يومًا ما.

الليزر Lazers

طوّر العلماء تقنية الليزر التي تسمح لهم بالتعامل مع أجزاء الخلية الداخلية أو علاجها دون إحداث ضرر بالغشاء الخلوي أو التراكيب الخلوية الأخرى. تخيل أن لك القدرة على القيام بجراحة دقيقة جدًّا على المستوى الخلوي.

وربما تكون تقنية النانو في المستقبل خط الدفاع الأول في معالجة السرطان، وربما تصبح أيضًا التقنية المعيارية لفحص أدوية جديدة أو العلاج المفضل المستخدم في العلاج الجيني.

الكتابة في علم الأحياء

مراجعة اكتب تلخيصًا حول استخدام تقنية النانو في الطب والرعاية الصحية، وصف فوائدها وتحدياتها، وتستطيع أن تُضمّن تقريرك عرضًا توضيحيًّا.

مختبر الأحياء

استقصاء ميداني: ما المواد التي تنتقل خلال غشاء شبه منفذ؟

الخلفية النظرية: **جميع الأغشية في الخلايا -ومنها الغشاء البلازمي والأغشية التي تحيط بالعضيات في الخلايا الحقيقية النواة - شبه منفذة. وفي هذه التجربة تفحص حركة بعض الجزيئات الحيوية المهمة عبر غشاء ديلزة مشابه للغشاء البلازمي. ولأن الغشاء ذو ثقوب، لذا فهو يسمح بنفاذ الجزيئات الصغيرة الحجم فقط.**

سؤال: ما المواد التي تنتقل عبر غشاء الديلزة؟

المواد والأدوات

- أنابيب ديلزة من السيليلوز (2).
- دورق 400 mL (2).
- سلك.
- مقصات.
- ماء مقطر.
- صحن بلاستيكي صغير.
- محلول نشا.
- محلول البيومن.
- محلول جلوكوز.
- محلول NaCl.
- محلول يود (لفحص النشا).
- محلول بينيدكت اللامائي (للكشف عن الجلوكوز).
- محلول نترات الفضة (للكشف عن NaCl).
- كاشف بيورت (للكشف عن البيومن).
- مخبار مدرج سعته 10mL.
- أنابيب اختبار (2).
- حامل أنابيب.
- قمع.
- قلم شمعي.
- قطارة.

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات وفق تعليمات معلمك.
3. خذ قطعتين من أنابيب الديلزة ودورقين سعة كل منهما 400 mL، ومحلولين أعددتهما للفحص من قبل.
4. اكتب على الدوارق نوع المحلول الذي وضعته في أنبوب الديلزة.
5. حضّر مع زميلك أحد أنابيب الديلزة، واملآه بأحد المحاليل، واغسل الكيس من الخارج جيدًا، ثم ضع كيس الديلزة المملوء في دورق يحوي ماءً مقطرًا.
6. أعد الخطوة رقم 5 مستخدمًا المحلول الثاني.
7. بعد 45 دقيقة انقل بعض الماء من كل دورق في أنابيب اختبار.
8. أضف بضع قطرات من محاليل الاختبار المناسبة إلى الماء.
9. سجِّل نتائجك، وحدّد ما إذا كان توقعك صحيحًا. ثم قارن نتائجك بنتائج مجموعات أخرى من زملاء صفك، وسجل النتائج للمحلولين اللذين أعددتهما للفحص .
10. **التنظيف والتخلُّص من الفضلات.** اغسل جميع المواد، ثم أعدها إلى مكانها. وتخلص من المحاليل وأنابيب الديلزة التي استخدمت وفق إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بعد استخدام أي مادة كيميائية.

حلل ثم استنتج

1. **قوّم.** هل انتقلت جزيئات المحلول الذي فحصته عبر أنبوب الديلزة؟ فسّر إجابتك.
2. **التفكير الناقد.** ما خصائص الغشاء البلازمي التي تجعله ينظم حركة الجزيئات بدرجة أكبر من غشاء الديلزة؟
3. **تحليل الخطأ.** كيف يؤدي عدم غسل كيس الديلزة بالماء المقطر قبل وضعه في الدورق إلى اختبار موجب كاذب لوجود جزيئات مذابة؟ وما مصادر الخطأ الأخرى التي تؤدي إلى نتائج غير صحيحة؟

عرض الملصقات

تواصَل. يظهر مرض التليف الكيسي عندما يفتقر الغشاء البلازمي إلى وجود جزيء يساعد على نقل أيون الكلور. ابحث عن هذا المرض، ثم اعرض ما وجدته على صفك مستخدمًا الملصقات.

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

المطويات **اكتب** تقريرًا عن أهمية الأنزيمات في المخلوقات الحية، وفسّر أهمية وجودها في العديد من التفاعلات في الخلية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1-1 التراكيب الخلوية والعضيات	
الغشاء البلازمي العضيات النفاذية الاختيارية طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة البروتين الناقل النموذج الفسيفسائي السائل الهيكل الخلوي البلاستيدات الخضراء الجدار الخلوي الهدب السوط	**الفكرة الرئيسة** **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.** • هناك نوعان رئيسان من الخلايا، هما الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة. • تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات. • النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها. • يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة. • يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي. • يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي. • تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية. • الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين. • الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.
1-2 كيمياء الخلية	
الجزيئات الكبيرة البوليمر الحمض الأميني طاقة التنشيط المحفز الموقع النشط الحمض النووي النيوكليوتيدات	**الفكرة الرئيسة** **تتكون خلايا د الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.** • المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية. • تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة لتكوّن البوليمرات. • هناك أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الكبيرة. • تربط الرابطة الببتيدية الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتين. • تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية. • الإنزيمات محفِّزات حيوية.

الفصل 1 التقويم

1-1

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

1. النواة تركيب يحيط بالخلية ويساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية أو يخرج منها.
2. للخلية البدائية النواة عضيات محاطة بغشاء.
3. العضيات هي جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

أكمل الجمل الآتية مستخدمًا مفردات من دليل مراجعة الفصل:

4. _____ تعد الجزيء التركيبي الأساسي الذي يكوّن الغشاء البلازمي.
5. _____ بروتينات ضرورية لنقل المواد أو الفضلات خلال الغشاء البلازمي.
6. _____ الخاصية التي تسمح لبعض المواد فقط بالدخول إلى الخلية والخروج منها.

املأ الفراغ في الجمل الآتية بمصطلح من صفحة دليل مراجعة الفصل:

7. _____ تخزن الفضلات.
8. _____ تنتج رايبوسومات.
9. _____ تولد طاقة للخلية.
10. _____ توزع البروتينات في حويصلات.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

11. أيُّ التراكيب الآتية تتوقع أن تجد فيها الجدار الخلوي؟

a. خلية من جلد الإنسان.

b. خلية من شجر بلوط.

c. خلية دم من قطة.

d. خلية كبد من فأر.

استخدم الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 12.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ تكبير × 5000

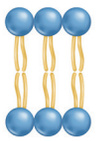
12. ما نوع الخلية التي تظهر في الصورة أعلاه؟

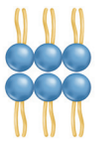
a. الخلية البدائية النواة.
c. الخلية الحيوانية.
b. الخلية الحقيقية النواة.
d. الخلية النباتية.

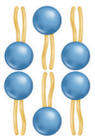
وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

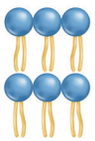
تقويم الفصل 1

13. مـا الترتيب الأفضل للدهون المفسـفرة الذي يمثل طبقـة الدهـون المفسـفرة المزدوجة في الغشـاء البلازمي؟

a.


b.


c.


d.


14. ما الوضـع الـذي يزيد من سـيولة طبقـة الدهون المفسفرة المزدوجة؟

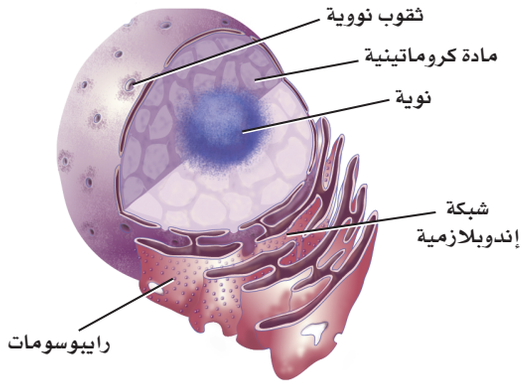
a. انخفاض درجة الحرارة.

b. زيادة عدد البروتينات.

c. زيادة عدد جزيئات الكولسترول.

d. زيادة عدد الأحماض الدهنية غير المشبعة.

استخدم المخطط أدناه في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.



15. ما التركيب الذي يُصنّع البروتينات التي تسـتخدمها الخلية؟

a. المادة الكروماتينية.
c. الرايبوسومات.
b. النوية.
d. الثقوب النووية.

16. أين تنتج الرايبوسومات؟

a. الثقب النووي.
c. المادة الكروماتينية.
b. النوية.
d. الشبكة الإندوبلازمية.

أسئلة بنائية

17. **حلّـل.** ربما تكون المادة الموجودة في نيزكٍ ما خلية. ما الصفات التي ينبغـي وجودها في المادة حتى تُعدّ خلية؟

18. **إجابـة قصيـرة.** فسـر كيف يحافظ الغشاء البلازمي على الاتزان الداخلي في الخلية؟

19. **نهاية مفتوحة.** فسـر ما الفسيفساء؟ ولماذا يستخدم مصطلح "النموذج الفسيفسـائي المائع" في وصف الغشاء البلازمي؟

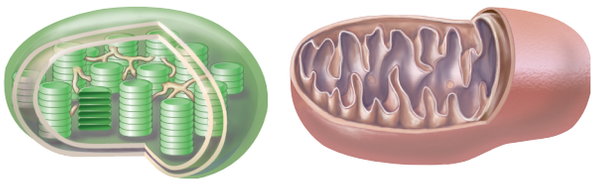
20. **إجابة قصيرة.** كيف يسمح ترتيب الدهون المفسفرة في الطبقـة المزدوجة للخليـة بالتفاعل مـع البيئة الداخلية والخارجية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

1 تقويم الفصل

21. **إجابة قصيرة.** صف لماذا يُعد الهيكل الخلوي في السيتوبلازم اكتشافًا حديثًا؟

22. **إجابة قصيرة.** قارن بين تركيب ووظيفة الميتوكندريا والبلاستيدة الخضراء في الرسم أدناه.



23. **نهاية مفتوحة.** اقترح سببًا يبين لماذا تتحد البروتينات المغلفة التي تم تجميعها في الفجوة مع الأجسام المحلِّلة؟

التفكير الناقد

24. **إجابة قصيرة.** قارن بين الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.

25. **كوِّن فرضية.** كيف تتأثر الخلية إذا فقد غشاؤها البلازمي القدرة على النفاذية الاختيارية؟

26. **توقّع.** ما الذي يحدث للخلية إذا لم تعد تستطيع إنتاج الكولسترول؟

27. **حدّد** مثالًا يساعد فيه جدار الخلية على بقاء النبات في بيئته الطبيعية.

28. **استنتج.** فسّر لماذا تحوي خلايا النبات التي تنقل الماء عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ميتوكندريا أكثر مما تحوي الخلايا النباتية الأخرى؟

1-2

مراجعة المفردات

صل بين المصطلح في القائمة اليمنى مع ما يناسبه في القائمة اليسرى في كل مما يأتي:

29. طاقة التنشيط. **A**. بروتين يزيد من سرعة التفاعل.

30. المادة المتفاعلة. **B**. المادة التي تتكوّن بالتفاعلات المتفاعلة.

31. الإنزيم. **C**. الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

32. المادة الناتجة. **D**. المادة التي ترتبط مع الإنزيم.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

33. أيٌّ مما يأتي مادة تقلل من طاقة التنشيط؟

a. الأيون. **c**. المحفز.

b. المواد المتفاعلة. **d**. مادة الإنزيم المتفاعلة.

34. ما العناصر التي توجد في الأحماض الأمينية؟

a. النيتروجين والكبريت.

b. الكربون والأكسجين.

c. الهيدروجين والفوسفور.

d. الكبريت والأكسجين.

35. ما الذي يربط الأحماض الأمينية بعضها مع بعض؟

a. الروابط الببتيدية. **c**. قوى ڤان درڤال.

b. الروابط الهيدروجينية. **d**. الروابط الأيونية.

36. ما المادة التي **لا** تعد جزءًا من النيوكليوتيدات؟

a. الفوسفات. **c**. السكر.

b. القاعدة النيتروجينية. **d**. الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

1 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

37. **إجابة قصيرة.** ما خصائص الإنزيمات؟

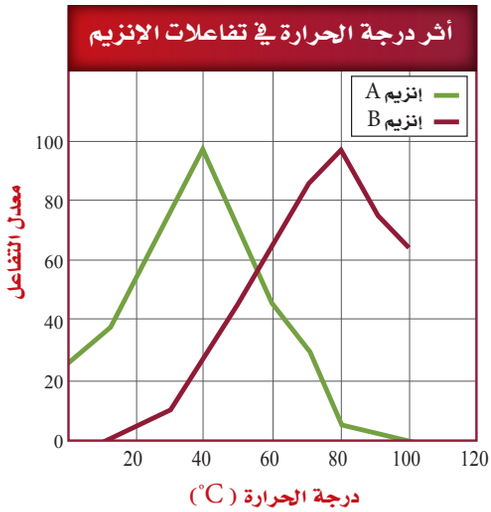
38. **نهاية مفتوحة.** حدّد ثم صف العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيمات.

39. **نهاية مفتوحة.** لماذا تحتوي الخلايا على الجزيئات الكبيرة والمركبات الكربونية الصغيرة معًا؟

40. **نهاية مفتوحة.** لماذا لا يستطيع الإنسان هضم جميع أنواع الكربوهيدرات؟

التفكير الناقد

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 41 و 42.



41. **صف** أثر درجة الحرارة في معدل التفاعلات مستعملًا المخطط أعلاه.

42. **استنتج.** أيّ الإنزيمات أكثر نشاطًا في خلية إنسان؟ ولماذا؟

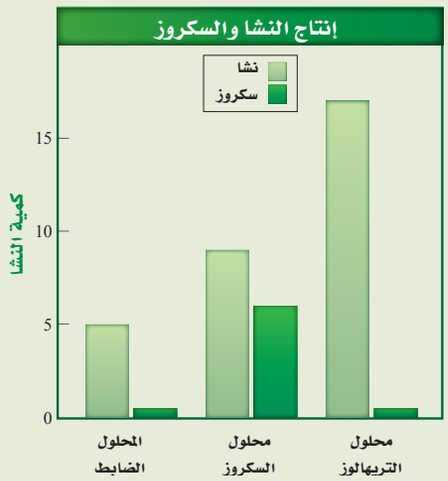
43. **اعمل.** ارسم جدولًا يضم الجزيئات الحيوية الأربعة الكبيرة مضمنًا الجدول تركيبها ووظيفة كل منها.

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة تصف فيها وظائف خمس عضيات في الخلية على الأقل.

أسئلة المستندات

يعد النشا المخزن الرئيس للكربون في النباتات. أجريت تجارب لتحديد ما إذا كان لسكر تريهالوز Trehalose دور في تنظيم إنتاج النشا في النباتات؛ حيث قُطعت أوراق نباتات في صورة أقراص، ووضعت في حاضنة مدة 3 ساعات في محلول السربتول (المجموعة الضابطة)، والسكروز (سكر المائدة)، والتريهالوز. ثم تم قياس مستويات النشا والسكروز في الأوراق. استخدم البيانات في المخطط أدناه للإجابة عن الأسئلة التي تليه:



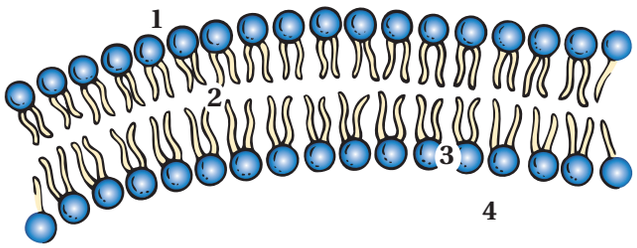
45. لخّص معدل إنتاج النشا والسكروز في المحاليل الثلاثة.

46. ما الاستنتاجات التي توصل إليها الباحثون بناءً على هذه البيانات؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. أيّ الأرقام يمثِّـــل الموقع الذي تتوقع فيه وجود مواد غير ذائبة في الماء؟
   - **a.** 1
   - **b.** 2
   - **c.** 3
   - **d.** 4

2. مـــا أثر وجود جزيئـــات مرتبة من الدهون المفســـفرة القطبية وغير القطبية بالنمط المبين في الشكل أعلاه؟
   - **a.** تســـمح بتحرك البروتينات الناقلة بســـهولة خلال الغشاء.
   - **b.** تسيطر على حركة المواد عبر الغشاء.
   - **c.** تســـاعد الخلية علـــى الحفاظ علـــى خصائصها الشكلية.
   - **d.** تكوّن فراغات كثيرة داخل طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة.

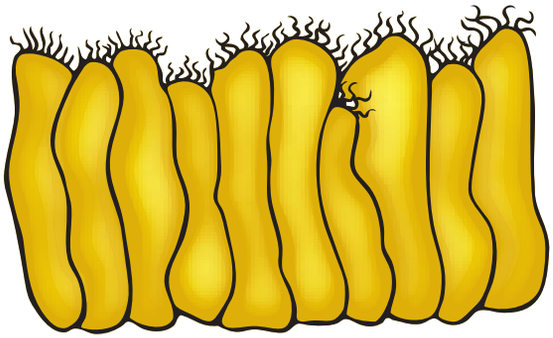
استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 3 و4.

3. أيّ الجزيئات الكبيرة لها تركيب يشبه الشكل السابق؟
   - **a.** كربوهيدرات.
   - **b.** دهون.
   - **c.** نيوكليوتيد.
   - **d.** بروتين.

4. أيّ وظائف الجزيئات تحتاج إلى انثناءات في أشكالها؟
   - **a.** سلوك مركب غير قطبي.
   - **b.** عندما تؤدي وظيفة الموقع النشط.
   - **c.** الانتقال عبر الغشاء البلازمي.
   - **d.** عندما تؤدي وظيفة تخزين طاقة الخلية.

اختبار مقنن

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 5.



5. البروزات التي تخرج من التركيب أعلاه هي:

a. الأهداب.
b. الأسواط.
c. الأنيبيبات الدقيقة.
d. الخملات المعوية.

6. ما الذي يسهم في النفاذية الاختيارية للغشاء الخلوي؟

a. الكربوهيدرات.
b. الأيونات.
c. الأملاح المعدنية.
d. البروتينات.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 7.

7. ما دور الرقم (1) في نشاط الإنزيم؟

a. يؤدي إلى حدوث التفاعل ببطء أكبر.
b. يوفر المزيد من المواد المتفاعلة.
c. يوفر بقعة فريدة من أجل ارتباط المادة المتفاعلة.
d. يرفع طاقة تنشيط التفاعل.

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

8. اســتخدم المخطط التنظيمي في تنظيم المعلومات التي تتعلق بعضيات الخلية وصنع البروتين. وفي كل خطوة حلّل دور كل عضية في صنع البروتين.

9. قارن بين وظائف كل من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

10. ماذا يحدث إذا لم يكن الغشاء البلازمي شبه منفذ؟

11. لمــاذا تعد عملية ارتباط الإنزيمات مع مادتها المتفاعلة الخاصة بها مهمًّا جدًّا؟

12. اذكر ثلاثة مكونات لغشــاء الخلية البلازمي، ثم وضِّح لماذا تعد كل منها مهمة في وظائف الخلية؟

13. قارن بيــن تركيب الجــدار الخلوي وتركيب الغشــاء البلازمي.

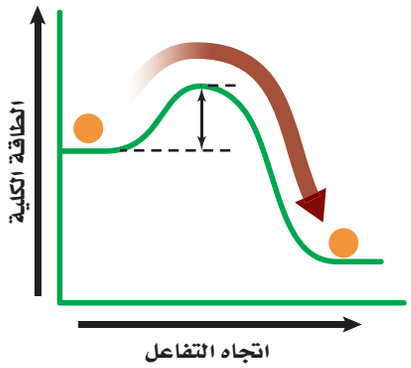
14. اذكر ثلاثة مكوّنات في الخلية، ووضح أهمية كل مكوّن لوظائفها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

15. صف وظيفة الأنيبيــات الدقيقة، ثم توقع ما يحدث إذا لم تحوِ الخلية الأنيبيبات الدقيقة.

16. رغم أن البلاســتيدات الخضراء والميتوكندريا تؤديان وظائف مختلفة، إلا أن تركيبيهما متشــابهان، اربط بين تركيبيهما المتشابهين ووظائفها.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. يبيّن الرسم تأثير إنزيم معين يتدخل في تحليل البروتينات في الجهاز الهضمي. وضح فيم يختلف هضم البروتين عند الشخص الذي ليس لديه هذا الإنزيم؟

18. مــا العضية التي تتوقع أن وجودهــا بأعداد كبيرة داخل الخلايا التي تضخ حمض المعدة إلى خارج المعدة ضد فرق التركيز؟ وضّح إجابتك.

اختبار مقنن

سؤال مقالي

يوجد في المخلوقات الحية الكثير من الجزيئات التي تتكون من ترابط وحدات صغيرة (مونومر) بعضها مع بعض في تسلسل مختلف، أو في أنماط مختلفة. فعلى سبيل المثال، تستخدم المخلوقات الحية عددًا قليلًا من النيوكليوتيدات لبناء الأحماض النووية. ويوفر وجود آلاف النيوكليوتيدات المتسلسلة المختلفة في الأحماض النووية الشفرة الأساسية للمعلومات الوراثية في المخلوقات الحية.

استخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه في الإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

19. صف كيف تعد عملية استخدام الوحدات الأساسية (المونومر) مهمة لبناء جزيئات كبيرة معقدة في المخلوقات الحية.

توجد العضيات نفسها في العديد من أنواع الخلايا المختلفة في جسم الحيوان. وعلى الرغم من ذلك، هناك اختلافات في عدد العضيات الموجودة؛ بناءً على وظيفة الخلايا المختلفة. فمثلاً تحتوي الخلايا التي تتطلب كمية كبيرة من الطاقة لأداء وظيفتها على أعداد أكبر من الميتوكندريا.

استخدم المعلومات الواردة في النص أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

20. كيف يختلف نوعان من الخلايا الحيوانية من حيث نوع العضيات التي يحتويان عليها؟ اكتب فرضية حول الفروق الخلوية بين نوعين من الخلايا الحيوانية، ثم صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.

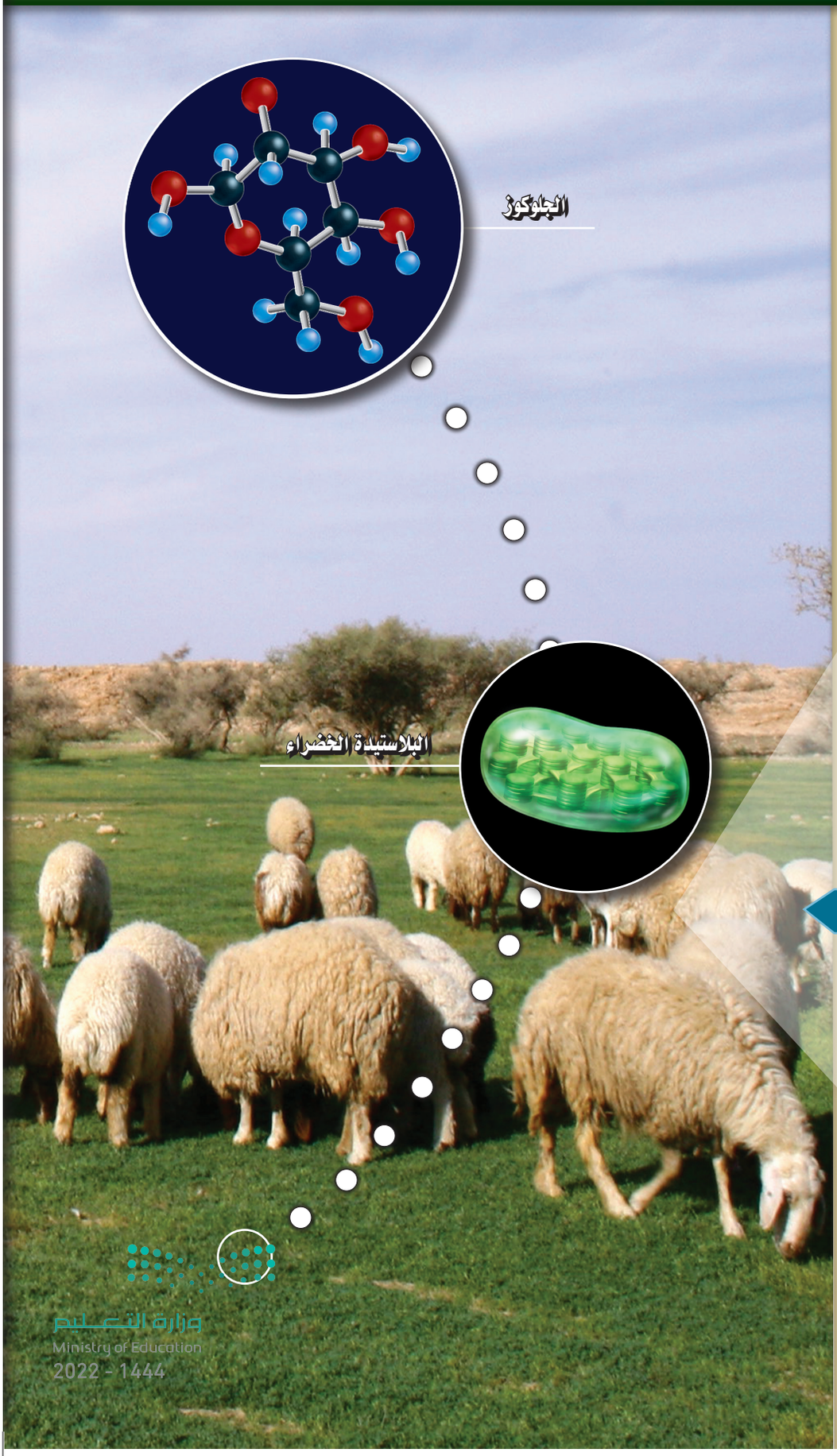
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
الفصل/القسم	1-1	1-1	1-2	1-2	1-1	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1
الصف	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3

الفصل 2

الطاقة الخلوية

Cellular Energy



الفكرة العامة تُحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين يستعمل التنفس الخلوي الطاقة الكيميائية لإتمام الوظائف الحيوية.

2–1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

الفكرة الرئيسة تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

2–2 البناء الضوئي

الفكرة الرئيسة تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.

2–3 التنفس الخلوي

الفكرة الرئيسة تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

حقائق في علم الأحياء

- تأكل الأغنام أنواعًا مختلفة من الأعشاب للحصول على الجلوكوز الذي يعد مصدرًا للطاقة.
- الأعشاب لونها أخضر لأنها تحتوي على الكلوروفيل، وهو صبغة موجودة في البلاستيدات الخضراء.
- قد يستهلك عدّاؤو الماراثون 4.5 g من الجلوكوز كل دقيقة لتزويد عضلاتهم بالطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

تجربة استهلالية

كيف تتحول الطاقة؟

يسيطر على تدفق الطاقة في الأنظمة البيئية الحيوية تفاعلاتٌ وعمليات كيميائية متنوعة. تتحول الطاقة من طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية، ثم إلى أشكال أخرى من الطاقة. ستلاحظ في هذه التجربة عمليتين مرتبطتين مع تحولات الطاقة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استخدم **مخبارًا مدرجًا** لقياس 100 mL من الماء، ثم ضعها في **كأس زجاجية** سعتها 250 mL. استعمل **مقياس الحرارة** لتُسجل درجة حرارة الماء.
3. زن 40 g من مادة **كلوريد الكالسيوم اللامائي** ($CaCl_2$). استخدم **ساق تحريك زجاجية** لإذابة كلوريد الكالسيوم في الماء. ثم سجل درجة حرارة المحلول كل 15 ثانية مدة ثلاث دقائق.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 باستخدام 40 g من **ملح إبسوم** (**كبريتات الماغنسيوم المائية** MgSO4) بدلاً من $CaCl_2$.
5. مثِّل بياناتك بالرسم البياني مستخدمًا ألوانًا مختلفة لكل عملية.

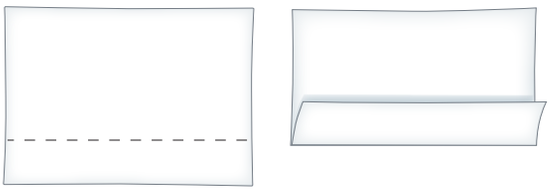
التحليل

1. **صِف** الرسم البياني للبيانات التي جمعتها.
2. **توقّع** ما تحولات الطاقة التي حدثت في العمليتين؟

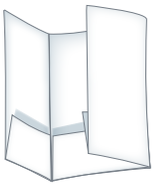
المطويات
منظمات الأفكار

مراحل التنفس الخلوي اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم آلية حصول المخلوقات الحية على طاقتها من المواد المغذية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

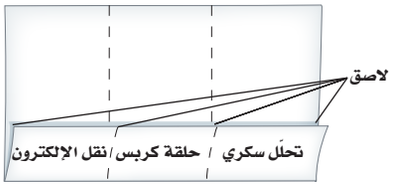
الخطوة 1: اثنِ لسانًا عرضه 5.5 cm على طول ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الورقة لتكوّن ثلاثة أجزاء كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبّت الحواف الخارجية للألسنة باستخدام الصمغ أو الدباسة لتكوِّن مطوية في صورة كتيب من ثلاثة جيوب، ثمَّ عنون الجيوب كما في الشكل. استخدم بطاقات صغيرة لتسجيل المعلومات، ثم ضعها في الجيب (المحفظة) المناسب.



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 3–2.** سجل – وأنت تقرأ الدرس – ما تعلمته حول مراحل التنفس الخلوي الآتية: التحلل السكري، حلقة كربس، نقل الإلكترون.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-1

كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

How Organisms Obtain Energy?

الأهداف

- **تلخّص** قانوني الديناميكا الحرارية.
- **تقارن** بين المخلوقات ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي.
- **تصف** آلية عمل جزيء الطاقة ATP في الخلية.

مراجعة المفردات

المستوى الغذائي: كل خطوة في السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية.

المفردات الجديدة

الطاقة
الديناميكا الحرارية
عملية الأيض
التنفس الخلوي
أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP

الفكرة الرئيسة **تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.**

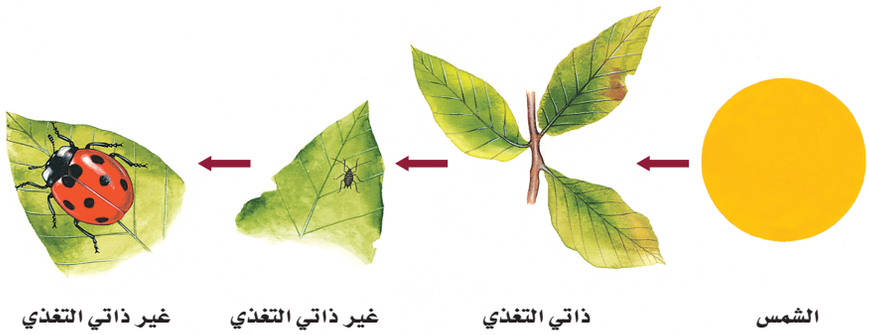
الربط مع الحياة يطلق على بعض المدن أحيانًا "مدينة لا تنام"؛ لعدم توقف الحركة فيها. وهي في ذلك تشبه الخلايا الحيَّة التي تقوم بنشاطات مستمرة وثابتة.

تحوّلات الطاقة Energy Transformations

معظم التفاعلات والعمليات الكيميائية في خلايا الجسم مستمرة، حتى لو ظننت أنك لا تستهلك أي طاقة. فالجزيئات الكبيرة تُبنى وتتحلل، وتنقل المواد عبر الغشاء الخلوي، وكذلك تنقل المعلومات الوراثية. هذه الأنشطة الخلوية جميعها تحتاج إلى **الطاقة** energy، وهي القدرة على إنجاز شغل. ويبين **الشكل 1-2** بعض المحطات الرئيسة في دراسة الطاقة الخلوية. أما **الديناميكا الحرارية** thermodynamics فهي دراسة تدفُّق الطاقة وتحوُّلها في الكون.

قوانين الديناميكا الحرارية Laws of Thermodynamics يُسمى القانون الأول في الديناميكا الحرارية قانون حفظ الطاقة، وينص على أن الطاقة يمكن أن تتحوَّل من شكل إلى آخر، ولكن لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله سبحانه وتعالى. فمثلاً تتحول الطاقة المخزنة في المواد المغذية إلى طاقة كيميائية عندما تأكل، وتتحول إلى طاقة ميكانيكية عندما تركض أو تركل الكرة.

الشكل 1-2
فهم الطاقة الخلوية
أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر لعملية البناء الضوئي والتنفس الخلوي.



■ **الشكل 2–2** سخر الله جلَّ وعلا الشمس لتكون المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في المخلوقات الحية، وتنتقل الطاقة من المخلوقات الذاتية التغذي إلى المخلوقات غير الذاتية التغذي.

اربط بين قانوني الديناميكا الحرارية والمخلوقات الحية في الشكل.

ينص القانون الثاني في الديناميكا الحرارية على حدوث فقدان في الطاقة عند تحولها من شكل إلى آخر . وعمومًا، فإن الطاقة التي تُفقد أو تضيع ، تتحول إلى طاقة حرارية. وتعد السلسلة الغذائية مثالًا واضحًا على القانون الثاني للديناميكا الحرارية. ومن المعروف أن كمية الطاقة القابلة للاستخدام والمتوافرة في المستوى الغذائي الأعلى تتناقص على نحوٍ مستمر في السلسلة الغذائية.

ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي Autotrophs and Heterotrophs

خلق الله سبحانه وتعالى المخلوقات ذاتية التغذي لكي تكون قادرة على صنع غذائها بنفسها. فبعض ذاتية التغذي – التي تُسمى ذاتية التغذي كيميائية– تستخدم المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين مصدرًا للطاقة. أما بعضها الآخر– ومنها النباتات، كما في **الشكل 2–2** –فتسمى المخلوقات ذاتية التغذي ضوئية؛ لأنها تقوم بتحويل الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية. أما المخلوقات غير الذاتية التغذي مثل حشرة المن والدعسوقة في **الشكل 2–2**، فهي مخلوقات حية تحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.

المفردات

أصل الكلمة

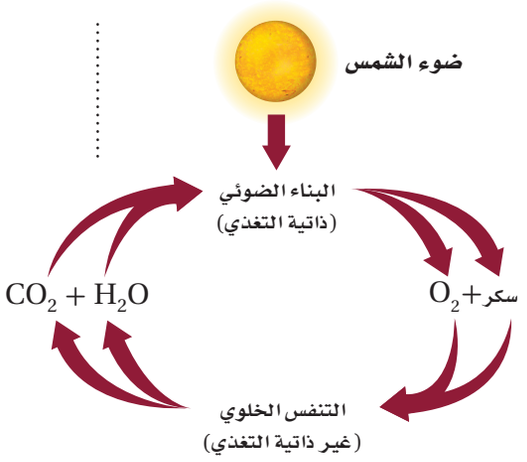
ذاتي التغذي Autotroph

من الكلمة اليونانية *Autotrophos*، وتعني "بناء المخلوق الحي غذاءه بنفسه".

عملية الأيض Metabolism

يُشـــار إلى جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية بعملية تسمى **عملية الأيض** metabolism. وتُسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تعد المـــادة الناتجة عن أحد تفاعلاتها مادةً متفاعلة للتفاعل التالي مســـارَ الأيض. ومســـارات الأيض نوعان: مسارات الهدم، ومسارات البناء. ففي مســـار الهدم تتحرر الطاقة نتيجة تحليل الجزيئـــات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مســـار البناء فيســـتخدم الطاقة الناتجة عن مسار الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئـــات صغيرة. وينتج عن العلاقة بين مسارات الهدم والبناء تدفُّق مستمر للطاقة في المخلوق الحي.

تنتقل الطاقة باســـتمرار بين عمليات الأيض داخل المخلوقات الحية في النظام البيئي. فعلى سبيل المثال تعد عملية البناء الضوئي photosynthesis مســـار بناء؛ حيث تتحول طاقة الشـــمس الضوئية إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية. وفي هذا التفاعل تستخدم المخلوقات الحية الذاتية التغذي طاقة الضوء من الشمس وثاني أكســـيد الكربون والماء لتكوّن سكر الجلوكوز والأكسجين. وكما يبين **الشـــكل 3–2**، يمكن للطاقة المخزنة بين جزيئات ســـكر الجلوكوز الناتج عن عملية البناء الضوئي أن تنتقل إلى مخلوقات حية أخرى عند استهلاك هذه الجزيئات في صورة غذاء.



الشـــكل 3–2 في النظام البيئـــي، يكوّن البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة مستمرة. **حدد مسارات الهدم والبناء في الشكل.**

تجربة استهلالية

مراجعة بنـــاءً عـــلى ما قرأته عـــن تحولات الطاقة، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

تجربة 2 - 1

ربط البناء الضوئي بالتنفس الخلوي

كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا في النظام البيئي؟ استخدم كاشفًا كيميائيًّا لاختبار انتقال ثاني أكسيد الكربون خلال عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتُسجل محتويات أنبوبي اختبار، وظروف التعامل مع كل منهما، واللون في البداية واللون النهائي لمحتوياتهما بعد التفاعل.
3. أضف 100 mL من **محلول بروموثيمول الأزرق (BTB)** إلى **كأس زجاجية** باســـتخدام **ماصة**، انفخ في المحلول برفق إلى أن يتحول إلى اللون الأصفر.

تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج الفقاقيع من المحلول، أو تُصاب بالصداع، وإياك وشفط المحلول بالماصة.

4. املأ ¾ **أنبوبي اختبار** كبيرين بمحلول BTB الأصفر الناتج من الخطوة **3**.
5. غطِّ أحد الأنبوبين **بـــورق الألومنيوم**، ثم ضع **نباتًا مائيًّا** طوله 6 cm في كلا الأنبوبين. **وأغلقهما** بإحكام، ثم ضعهما في **حامل أنابيب** في ضوء خافت طوال الليل.
6. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات الناتج عن الخطوة 3.

التحليل

1. **استنتج** الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.
2. **فسّر** كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي أحدهما على الآخر؟

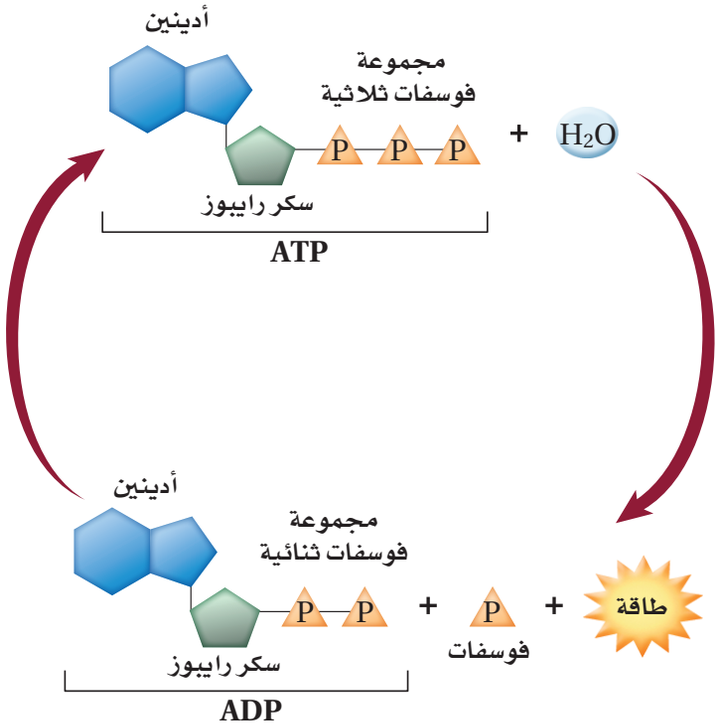
يعــد **التنفس الخلــوي** cellular respiration مســار هدم تتحلــل فيه المواد العضوية لتُحرر الطاقة اللازمة للخلية. حيث يُســتخدم الأكســجين في التنفس الخلوي لتحليل المواد العضوية، فينتج عنها ثاني أكسيد الكربون والماء. لاحظ الدورات الطبيعية لهذه العمليات في **الشكل 3–2**؛ حيث تعد المواد الناتجة عن أحد التفاعلات مواد متفاعلة للتفاعل الآخر.

ATP: وحدة الطاقة الخلوية ATP: The Unit of Cellular Energy

الربط مع الكيمياء توجد الطاقة في أشكال عدة، منها: الطاقة الضوئية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة الحراريــة، والطاقة الكيميائية. ففي المخلوقات الحية يتم تخزين الطاقة الكيميائية داخل الجزيئات الحيوية، ويمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقــة عند الحاجة. فمثــلاً تتحول الطاقة الكيميائيــة المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات.

ويعد جزيء الطاقة **أدينوســين ثلاثي الفوسفات** – Adenosine triphosphate ATP من أهم الجزيئات الحيوية التي تزود الخلايا بالطاقة الكيميائية.

تركيــب جزيء الطاقة ATP structure يعد جزيء (ATP) مخزنًا للطاقة الكيميائية التي تســتخدمها الخلايا في التفاعــلات المتنوعة. وعلى الرغم من وجــود جزيئات ناقلة أخرى للطاقة خلال الخلايــا، فإن جزيء (ATP) يعد من الجزيئات الناقلة الأكثر انتشــارًا في خلايا جميع أنواع المخلوقات الحية. وكما يبين **الشــكل 4–2** فإن جــزيء (ATP) عبارة عن نيوكليوتيــد يتكون من قاعدة نيتروجينية هي: الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.



■ **الشــكل 4–2** ينتج عــن تحلل جزيء ATP طاقــة تدعــم الأنشــطة الخلويــة في المخلوقات الحية.

وظيفة جزيء الطاقة ATP function يُحرر جزيء (ATP) الطاقة عندما تتكسر الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة، مكوّنًا جزيئًا يُسمى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرّة، **الشكل 4-2**. تُختزن الطاقة في الرابطة الفوسفاتية التي تتشكل عندما يرتبط جزيء (ADP) مع مجموعة فوسفات أخرى ليتكوّن جزيء (ATP). ويمكن أن تتحول جزيئات (ATP) و(ADP) بإضافة أو حذف مجموعة فوسفات، كما في **الشكل 4-2**، وفي بعض الأحيان يتحول جزيء ADP إلى جزيء أدينوسين أحادي الفوسفات (AMP) بفقد مجموعة فوسفات إضافية، والطاقة المتحررة بفعل هذا التفاعل قليلة جدًّا؛ لذا فإن معظم تفاعلات الطاقة في الخلية تتضمن جزيئات ATP و ADP.

التقويم 1-2

الخلاصة

- تسيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية.
- تصنّع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله.
- تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء.
- الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** المصدر الرئيس للطاقة في المخلوقات الحيّة.
2. **اشرح** قانون الديناميكا الحرارية الأول.
3. **قارن** بين مساري البناء والهدم.
4. **فسّر** كيف يُخزن جزيء ATP الطاقة، ويحررها؟

التفكير الناقد

5. الكتابة في علم الأحياء **اكتب** مقالة تصف فيها قوانين الديناميكا الحرارية مستخدمًا أمثلة من علم الأحياء في دعم أفكارك.
6. **استخدم التشابه** لتوضيح العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-2

البناء الضوئي Photosynthesis

الأهداف

- **تلخّص** مرحلتي عملية البناء الضوئي.
- **توضّح** وظيفة البلاستيدة الخضراء في أثناء التفاعلات الضوئية.
- **تصف** عملية نقل الإلكترونات وترسمها.

مراجعة المفردات

الكربوهيدرات: مركبات عضوية تحوي الكربون، والهيدروجين والأكسجين فقط بنسب (1:2:1) بالترتيب.

المفردات الجديدة

الثايلاكويد
الغرانا
الحشوة (اللُّحمة)
الصبغة
ناقل الإلكترون +NADP
حلقة كالفن
إنزيم روبيسكو

الفكرة الرئيسة **تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.**

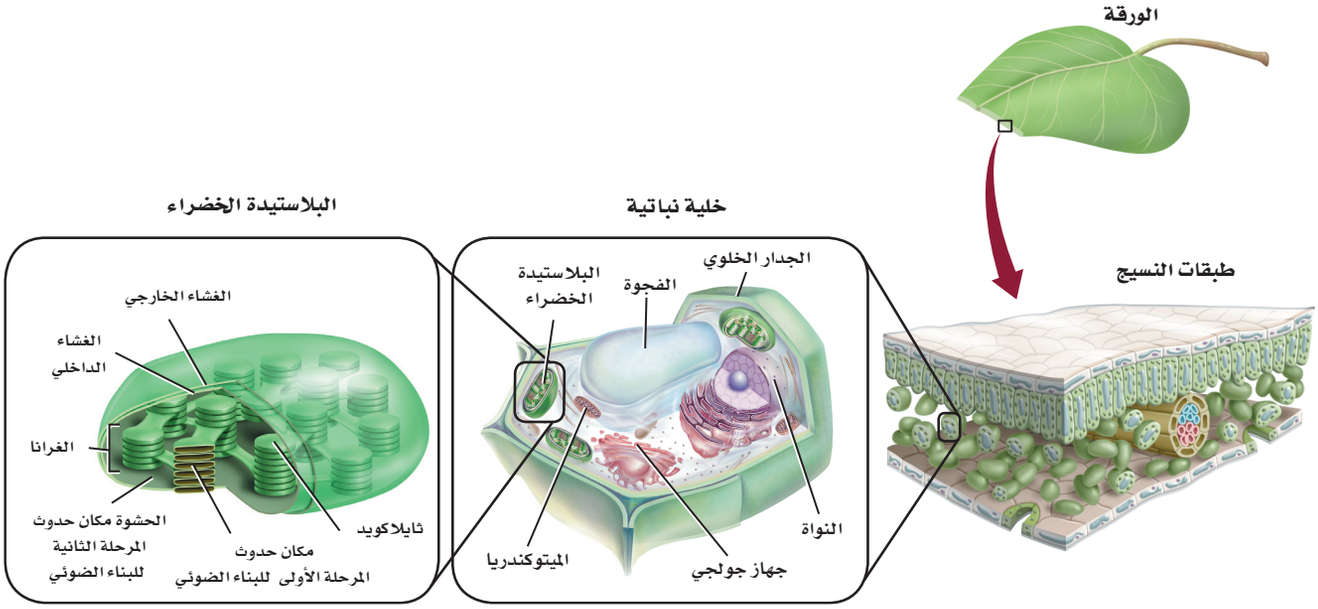
الربط مع الحياة تتحول الطاقة من حولنا كل يوم. حيث تحوّل البطاريات الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، ويحول الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة تحول بعض المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقةَ الضوئيةَ إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

عملية البناء الضوئي Photosynthesis

معظم المخلوقات الذاتية التغذي، ومنها النباتات، قادرة على صنع المركبات العضوية مثل السكر بعملية البناء الضوئي. وتتحول الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية. والمعادلة الكيميائية الآتية تمثل عملية البناء الضوئي:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تحدث عملية البناء الضوئي في مرحلتين؛ في المرحلة الأولى تحدث التفاعلات التي تعتمد على الضوء (التفاعلات الضوئية)، حيث يتم امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية على شكل ATP و NADPH. أما في المرحلة الثانية فهي التفاعلات التي تحدث في الضوء ولكن لا تعتمد عليه (التفاعلات اللاضوئية) وتسمى حلقة كالفن، بحيث يتم استخدام جزيئات ATP و NADPH التي تكوّنت في المرحلة الأولى لإنتاج الجلوكوز. وعندما ينتج الجلوكوز يتحد مع جزيئات سكريات بسيطة أخرى لتكوين جزيئات أكبر، وهذه الجزيئات هي كربوهيدرات معقدة مثل النشا. وقد يُستخدم الناتج النهائي لعملية البناء الضوئي في بناء جزيئات عضوية أخرى مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.



■ **الشكل 5–2** تحدث عملية البناء الضوئي داخل عضيات صبغية تسمى البلاستيدات الخضراء.

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية Phase one: Light Reactions

يُعد امتصاص الضوء الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي؛ حيث تحتوي النباتات على عضيات خاصة تمتص الطاقة الضوئية. وبعد امتصاص الطاقة يتم إنتاج جزيئات تخزن الطاقة، هي NADPH وATP؛ لاستخدامهما في التفاعلات التي لا تعتمد على الضوء (اللاضوئية).

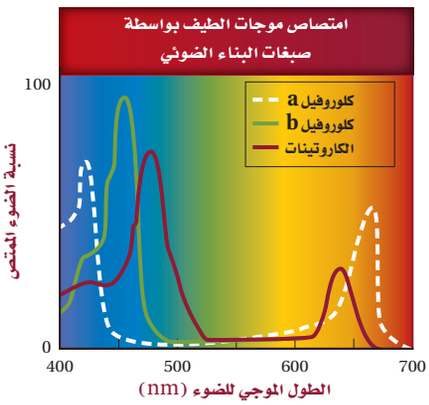
البلاستيدات الخضراء Chloroplasts عضيات كبيرة تمتص الطاقة الضوئية في المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي. وتوجد البلاستيدات الخضراء في النباتات بشكل رئيس في خلايا الأوراق. والبلاستيدات كما في **الشكل 5–2**، عضيات تشبه القرص، وتحتوي على جزأين ضروريين لعملية البناء الضوئي. يسمى الجزء الأول **ثايلاكويدات** thylakoids، وهي مجموعة من الأغشية المُسطحة تشبه الكيس، تترتب في رزم متراصة تسمى **الغرانا** grana. وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات. أما الجزء الثاني المهم فيسمى **الحشوة (اللُّحمة)** stroma، وهي سائل يملأ الفراغات المحيطة بالغرانا، وتعد مكان حدوث التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي، انظر **الشكل 5–2**.

ماذا قرأت؟ ميز بين الثايلاكويد والحشوة (اللُّحمة).

الأصباغ Pigments تسمى الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء **الأصباغ** pigments، وتوجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالًا موجية محددة من الضوء، **الشكل 6–2**. والصبغة الأساسية في النباتات هي الكلوروفيل، وهناك أنواع من صبغة الكلوروفيل، ومن أهمها الكلوروفيل (a) والكلوروفيل (b).

يختلف تركيب الكلوروفيل من جزيء إلى آخر، مما يسمح لجزيئات الكلوروفيل بامتصاص الضوء عند مناطق محددة من طيف امتصاص الضوء المرئي.

■ **الشكل 6–2** تختلف الأصباغ الملونة التي توجد في أوراق الأشجار في قدرتها على امتصاص أطوال موجية محددة من الضوء.
كوّن فرضية إذا لم يحتو النبات على كلوروفيل b، فما أثر ذلك في امتصاص الضوء؟



وعمومًا يزداد معدل امتصاص الضوء بواسطة الكلوروفيل في منطقة الطيف المحصورة بين الأزرق والبنفسجي من طيف الضوء المرئي، ويعكس الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف. وهذا يفسر سبب رؤية الإنسان لأجزاء النبات التي تحوي الكلوروفيل باللون الأخضر.

تحوي معظم المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي أصباغًا إضافية بالإضافة إلى الكلوروفيل، تسمح للنباتات بامتصاص طاقة ضوئية إضافية من مناطق أخرى من الطيف المرئي. ومن هذه الأصباغ مجموعة أصباغ الكاروتينات، ومنها صبغة β كاروتين (بيتا- كاروتين) التي تمتص الضوء في المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف، في حين تعكس أغلب الضوء في المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء، **الشكل 7-2**. وتعد أصباغ الكاروتين المسؤولة عن ألوان كل من الجزر والبطاطا الحلوة. تعد صبغة الكلوروفيل في الأوراق أكثر شيوعًا ووفرة من الأصباغ الأخرى، لذلك فهي تطغى عليها، وتمنع ظهور ألوان الأصباغ الأخرى. ومع ذلك يمكن أن يظهر اللون الأصفر والأحمر والبرتقالي في الأوراق في فصل الخريف نتيجة تحلل جزيئات الكلوروفيل، مما يسمح بظهور ألوان الصبغات الأخرى.

نقل الإلكترون Electron Transport يُشكِّل تركيب غشاء الثايلاكويد الأساس في الانتقال الفعال للطاقة في أثناء نقل الإلكترون؛ حيث يتميز غشاء الثايلاكويد بمساحة سطح كبيرة، مما يوفر المساحة اللازمة للاحتفاظ بأعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترون، وكذلك وجود نوعين من البروتينات المعقدة التي تسمى الأنظمة الضوئية.

الشكل 7-2 عندما يتحلل الكلوروفيل في أوراق بعض الأشجار، تصبح الأصباغ الأخرى أكثر وضوحًا.

المفردات

مفردات أكاديمية

النقل Transport

هو حمل شيء من مكان إلى آخر.

وتنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات في أثناء عملية البناء الضوئي.

تجربة 2 - 2

ملاحظة البلاستيدات الخضراء

كيف تبدو البلاستيدات الخضراء؟ تعتمد معظم الأنظمة البيئية والمخلوقات الحية في العالم على عُضيات صغيرة جدًّا تسمى البلاستيدات الخضراء. اكتشف كيف تبدو البلاستيدات الخضراء في هذا الاستقصاء؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ **شرائح خلايا نباتية** وأخرى **للطحالب الخضراء بالمجهر المركب**.
3. حدد البلاستيدات الخضراء في الخلايا التي تلاحظها.
4. اعمل جدول بيانات لتسجل ملاحظاتك، ثم ارسم البلاستيدات الخضراء داخل الخلايا.

التحليل

1. **قارن** بين خصائص البلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا المختلفة.
2. **كوّن فرضية** لماذا تختلف أوراق النبات الخضراء في لونها؟

يحــوي النظامان الضوئيان (I و II) أصباغًا تمتــص الضوء، وبروتينات تؤدي دورًا مهمًّا في التفاعلات الضوئية.

تتبع الشكل **8—2** في أثناء قراءتك عن نقل الإلكترون.

- أولاً تحفــز الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظــام الضوئي II، كما تؤدي الطاقــة الضوئية إلى تحلّل جزيء الماء منتجةً إلكترونًا واحدًا إلى نظام نقل الإلكترون وأيون هيدروجين H^+ (يســمى أيضًا البروتون) –إلى الفراغ في الثايلاكويد – وكذلك الأكسجين (O_2) بوصفه ناتجًا غير مُستخدم.
- تنتقــل الإلكترونات المُحفزة مــن النظام الضوئي II إلى جزيء مســتقبل للإلكترون يوجد في غشاء الثايلاكويد.
- ينقل الجزيء المســتقبل للإلكترون لاحقًا الإلكترونات عبر سلســلة من نواقل الإلكترون إلى النظام الضوئي I.
- ينقل النظام الضوئــي I مع وجود الضوء الإلكترونات إلى بروتين يســمى فيرودوكســين، ويتم تعويض الإلكترونات المفقــودة في النظام الضوئي **I** بإلكترونات من النظام الضوئي II.
- وأخيرًا ينقل بروتين فيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترون $NADP^+$ مكوِّنًا الجزيء المخزن للطاقة NADPH.

الأســموزية الكيميائية Chemiosmosis بالتزامن مع نقل الإلكترون يتم إنتاج جزيء ATP بعملية تســمى الأســموزية الكيميائية، وهي عملية يتم فيها إنتاج ATP نتيجة انتقال الإلكترونات مع تدرّج التركيز. ولا تقتصر أهمية عملية تحلل جزيء الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلســلة نقل الإلكترون فقط، بل توفر أيضًا البروتونات H^+ الضرورية لتنشــيط عملية بناء جزيء ATP خلال عملية الأســموزية الكيميائية. وتتراكم أيونــات H^+ التي تحررت خلال عملية نقل الإلكترون على الجانب الداخلي للثايلاكويد. وبســبب التركيز العالي من أيونات H^+ داخل الثايلاكويد وانخفاض تركيزها في الحشوة، تنتقل أيونات H^+ مع تدرّج التركيز من داخل الثايلاكويد إلى الحشوة عبر قنوات أيونية في الغشاء، كما في **الشــكل 8–2**، وهذه القنوات عبارة عن إنزيمات تســمى إنزيمات بناء الطاقــة (ATP synthases). وكلما انتقلت أيونات H^+ عبر إنزيمات بناء الطاقة تكوّن ATP في الحشوة.

مــاذا قــرأت؟ لخّص وظيفة الماء في أثناء الأســموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

تجربة علمية

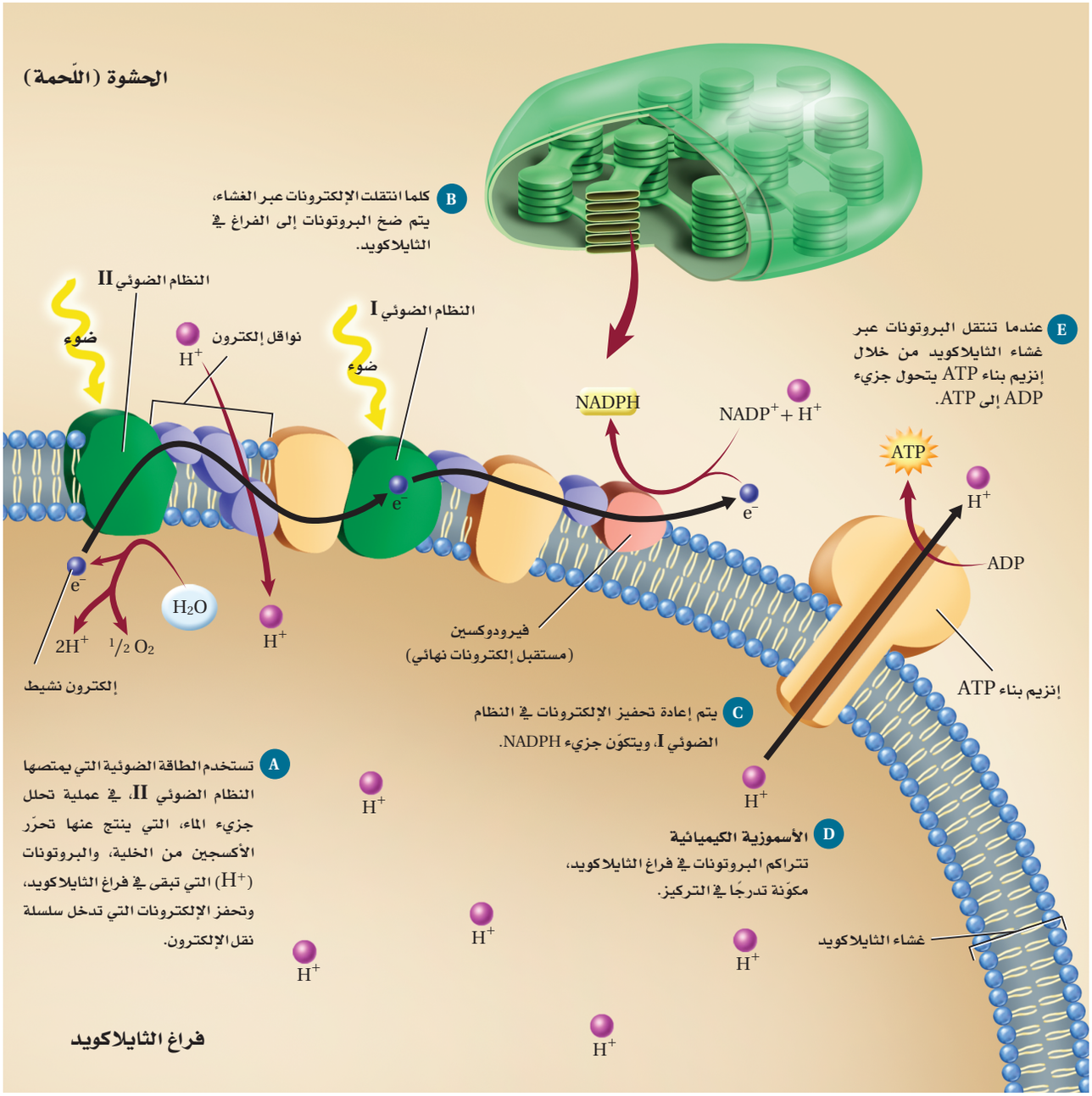
ما الذي يؤثر في معدل عملية البناء الضوئي؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

Electron Transport

نقل الإلكترون

الشـكل 8–2 تنتقل الإلكترونات النشيطة من جزيء إلى آخر على طول غشاء الثايلاكويد في البلاسـتيدة الخضراء. وتستخدم الطاقة الناتجة عن الإلكترونات في تكوين فرق في تركيز أيونات البروتونات H^+، وكلما انتقلت البروتونات مع تدرج التركيز تضاف مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP، فتكوّن جزيء ATP.



المرحلة الثانية: حلقة كالفن Phase two: Calvin Cycle

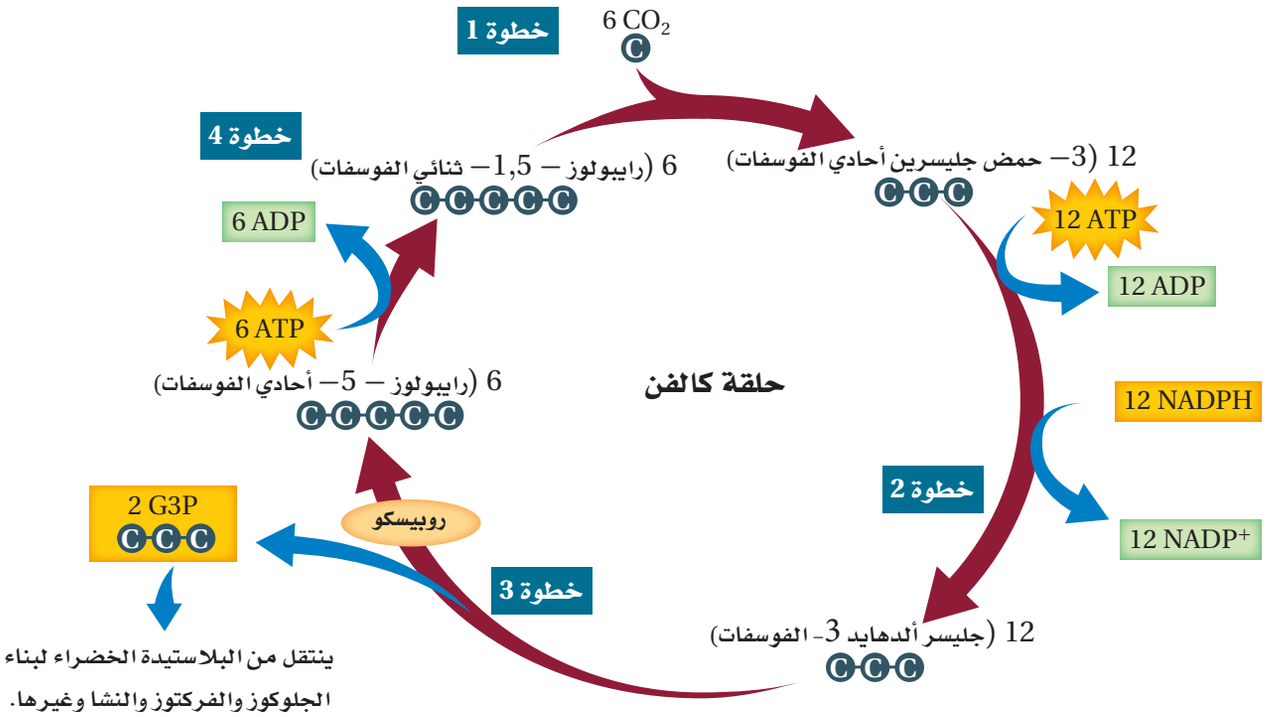
على الرغم من أن جزيئات NADPH و ATP تزود الخلايا بكميات كبيرة من الطاقة إلا أنها جزيئات غير مستقرة بصورة كافية حتى تُخزن الطاقة الكيميائية فترات زمنية طويلة. لذا هناك مرحلة ثانية من عملية البناء الضوئي تسمى **حلقة كالفن** calvin cycle، يتم فيها تخزين الطاقة في جزيئات عضوية مثل الجلوكوز. وتعد حلقة كالفن من التفاعلات التي لا تعتمد على الضوء. تتبّع **الشكل 9-2** في أثناء دراستك خطوات حلقة كالفن.

- في الخطوة الأولى من حلقة كالفن تتحد ستة جزيئات من CO2 الجوي مع ستة جزيئات من سكر الرايبولوز الثنائي الفوسفات (سكر خماسي الكربون) تسمى هذه العملية (تثبيت الكربون) لينتج 6 جزيئات من مركب سداسي الكربون.
- في الخطوة الثانية، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH إلى جزيئات **(3-PGA)** لتكوين جزيئات ذات طاقة عالية تسمى جليسر ألدهايد 3- الفوسفات **(G3P)**. فجزيئات ATP تحفز مجموعة الفوسفات على تكوين **(G3P)**، في حين يوفر جزيء NADPH أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- في الخطوة الثالثة، يخرج جزيئا **(G3P)** من الحلقة ليستخدما في إنتاج الجلوكوز ومركبات عضوية أخرى.
- في الخطوة النهائية من حلقة كالفن يحول إنزيم يسمى **روبيسكو** rubisco، الجزيئات العشرة المتبقية من **(G3P)** إلى ستة جزيئات خماسية الكربون تسمى رايبولوز -5-أحادي الفوسفات، التي تتحول فيما بعد إلى ستة جزيئات من رايبولوز 1،5- ثنائي الفوسفات **(RuBp)**. تتحد هذه الجزيئات مجددًا مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لإعادة الحلقة مرة أخرى. ويعد إنزيم روبيسكو واحدًا من أهم الإنزيمات الحيوية؛ لأنه يحول جزيئات CO_2 غير العضوية إلى جزيئات عضوية تستخدمها الخلية. بالإضافة إلى استخدام السكر الناتج عن حلقة كالفن مصدرًا للطاقة فإن النبات يستخدمه بوصفه وحدات بناء أساسية في الكربوهيدرات المعقدة، ومنها السيليلوز الذي يوفر الدعم للنبات.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي كيمياء النبات

Phytochemist عالم الأحياء الذي يدرس النواتج الكيميائية للنباتات، ويقوم بالأبحاث الطبية لإيجاد علاجات جديدة للأمراض.



■ **الشكل 9–2** تربط حلقة كالفن ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية داخل الحشوة في البلاستيدات الخضراء.
حدّد المركب الذي يخزن الطاقة في نهاية حلقة كالفن.

مسارات بديلة Alternative Pathways

تؤثر البيئة التي يعيش فيها المخلوق الحي في قدرته على القيام بعملية البناء الضوئي؛ فالبيئة التي لا يوجد فيها كميات كافية من الماء أو ثاني أكسيد الكربون تقلل من قدرة المخلوق الحي الذي يقوم بعملية البناء الضوئي على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. فمثلاً تتعرض النباتات التي تعيش في البيئات الجافة والحارة إلى فقدان كميات كبيرة من الماء؛ مما يقلل من عملية البناء الضوئي. وتحوي النباتات التي تعيش في مناخات قاسية مسارات بديلة في عملية البناء الضوئي تمكّنها من تحويل الحد الأقصى من الطاقة.

نباتات C_4: C_4 plants وهب الله– سبحانه وتعالى– للنباتات تكيفًا في أحد المسارات التي تساعدها على الحفاظ على عملية البناء الضوئي بأقل حدّ ممكن من فقدان الماء، يسمى مسار C_4. ويحدث هذا المسار في نباتات منها قصب السكر والذرة، وتُسمى هذه النباتات نباتات C_4؛ لأنها تُثبِّت ثاني أكسيد الكربون وتربطه مع مركبات رباعية الكربون بدلاً من مركبات ثلاثية الكربون في أثناء حلقة كالفن، كما أن لنباتات C_4 تكيفات تركيبية مهمة في ترتيب الخلايا في الأوراق. وعمومًا تعمل نباتات C_4 على إغلاق ثغورها في الأيام الحارة، في حين تنتقل المركبات الرباعية الكربون إلى خلايا خاصة، حيث يدخل فيها ثاني أكسيد الكربون حلقة كالفن، مما يسمح باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون، ويقلل كمية الماء المفقودة.

نباتات أيض الحمض العشبي CAM plants من مسارات التكيف الأخرى التي تستخدمها النباتات للقيام بعملية البناء الضوئي بأقصى فاعلية مسار يُسمى أيض الحمض العشبي CAM (Crassulacean Acid Metabolism).

يحدث هذا المسار في النباتات التي تحتفظ بالماء وتعيش في الصحراء والمستنقعات المالحة وأي بيئة أخرى؛ حيث الوصول إلى الماء محدود جدًّا. ومنها الصبّار والسحلب والأناناس في **الشكل 10–2**، التي تسمح لثاني أكسيد الكربون بالدخول إلى الأوراق في الليل فقط، أي عندما يميل الجو إلى البرودة والرطوبة. وفي الليل تقوم النباتات بتثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركبات عضوية. وفي أثناء النهار يتم تحرير ثاني أكسيد الكربون من هذه المركبات، ويدخل حلقة كالفن. كما يسمح هذا المسار باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون وتقليل فقدان الماء.

الشكل 10–2 نبات الأناناس مثال على نباتات CAM.

التقويم 2-2

الخلاصة

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ تمتص الضوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن.
- في التفاعلات الضوئية، تمتص المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقة الضوئية، وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH.
- في حلقة كالفن تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات ومنها الجلوكوز.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** كيف تتكوّن الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي.
2. **اربط** تركيب البلاستيدة الخضراء مع مراحل عملية البناء الضوئي.
3. **فسّر** أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.
4. **لخّص** الخطوات في حلقة كالفن.
5. **ارسم** آلية نقل الإلكترون وفسّرها.

التفكير الناقد

6. **توقع** كيف تؤثر العوامل البيئية مثل كثافة الأشعة الضوئية ومستويات CO_2 في معدلات البناء الضوئي؟
7. الكتابة في علم الأحياء **ابحث** في آثار الاحتباس الحراري في عملية البناء الضوئي، واكتب مقالة تُلخّص فيها ما توصلت إليه.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-3

التنفس الخلوي
Cellular Respiration

الأهداف
- **تلخّص** مراحل التنفس الخلوي.
- **تحدّد** دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي.
- **تقارن** بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.

مراجعة المفردات
البكتيريا الخضراء المزرقّة: نوع من البكتيريا، الذاتية التغذي، تقوم بعملية البناء الضوئي.

المفردات الجديدة
عملية لاهوائية
التنفس الهوائي
عملية هوائية
التحلّل السكري
حلقة كربس
التخمر

الفكرة الرئيسة **تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.**

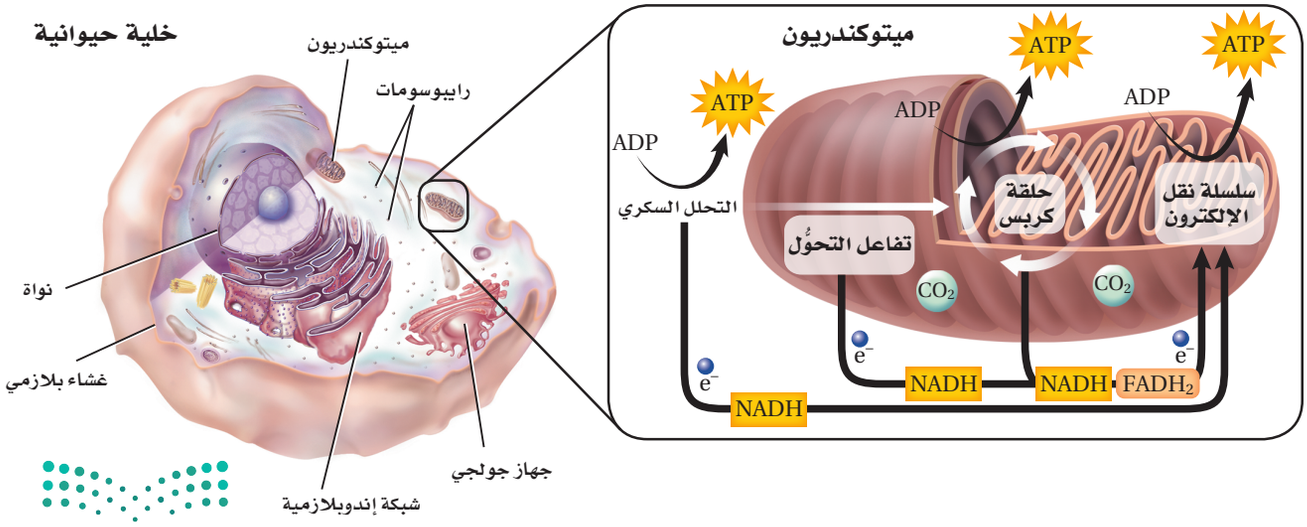
الربط مع الحياة يجب أن تتغذى طيور الخرشنة القزوينية (خرشنة بحر قزوين) *Sterna caspia* باستمرار للتزود بالطاقة لاستمرار حياتها في أثناء هجرتها الشتوية إلى المملكة كل عام. وكذلك الإنسان والمخلوقات الحية الأخرى تحتاج إلى مصادر غذائية متنوعة تزودها بالطاقة الضرورية لبقائها ونموها.

التنفس الخلوي Cellular Respiration

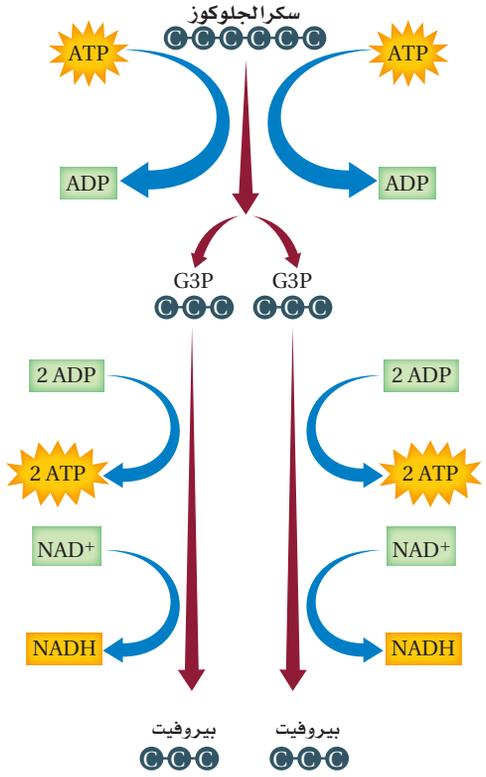
تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بعملية تسمى التنفس الخلوي. وتتمثل وظيفة التنفس الخلوي في جمع الإلكترونات من المركبات الكربونية، مثل الجلوكوز، واستخدام طاقتها في إنتاج جزيء ATP، الذي يزود الخلايا بالطاقة لتؤدي وظائفها. وتمثل المعادلة الآتية التنفس الخلوي:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

لاحظ أن عملية التنفس الخلوي تحدث في عكس اتجاه عملية البناء الضوئي. يحدث التنفس الخلوي في مرحلتين رئيستين، هما: التحلل السكري والتنفس الهوائي. المرحلة الأولى: التحلل السكري **عملية لاهوائية** anaerobic process، لا تتطلب وجود الأكسجين. أما **التنفس الهوائي** aerobic respiration فيشمل حلقة كربس ونقل الإلكترون، وهو **عملية هوائية** aerobic process تتطلب وجود الأكسجين. ويلخص **الشكل 11–2** التنفس الخلوي الهوائي.



الشكل 11–2 يحدث التنفس الخلوي في الميتوكندريا التي تعد مصنع الطاقة في الخلية.



الشكل 12–2 يتحلل الجلوكوز خلال عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا.

لخّص المواد المتفاعلة والناتجة عن عملية التحلل السكري.

التحلّل السكري Glycolysis

يتحلل الجلوكوز في السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري** glycolysis. ويتكون جزيئان من ATP وجزيئان من NADH، عند تحلل جزيء واحد من الجلوكوز. تتبّع **الشكل 12–2** في أثناء قراءتك خطوات التحلل السكري.

أولاً: ترتبط مجموعتا فوسفات مع الجلوكوز بعد انفصالهما عن جزيئين من ATP. لاحظ أن التفاعلات التي تنتج طاقة الخلية تحتاج إلى طاقة بسيطة (جزيئين ATP) لكي تبدأ؛ حيث يتحلل جزيء الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثيي الكربون.

ثانيًا: تضاف مجموعتا فوسفات، ثم تتحد الإلكترونات وأيونات H^+ مع جزيئين من NAD^+ فيتكون جزيئان من NADH. يشبه جزيء NAD^+، جزيء NADP، وهو ناقل إلكترونات يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي.

ثالثًا: تتحول أخيرًا المركبات الثلاثية الكربون إلى جزيئين من بيروفيت، وفي الوقت نفسه يتم إنتاج أربعة جزيئات ATP.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا يكون الناتج النهائي من الطاقة في عملية التحلّل السكري جزيئين فقط من ATP وليس أربعة جزيئات.

المفردات

أصل الكلمة

التحلل السكري Glycolysis

أصل الكلمة من اليونانية:

Glykys– وتعني "حلو".

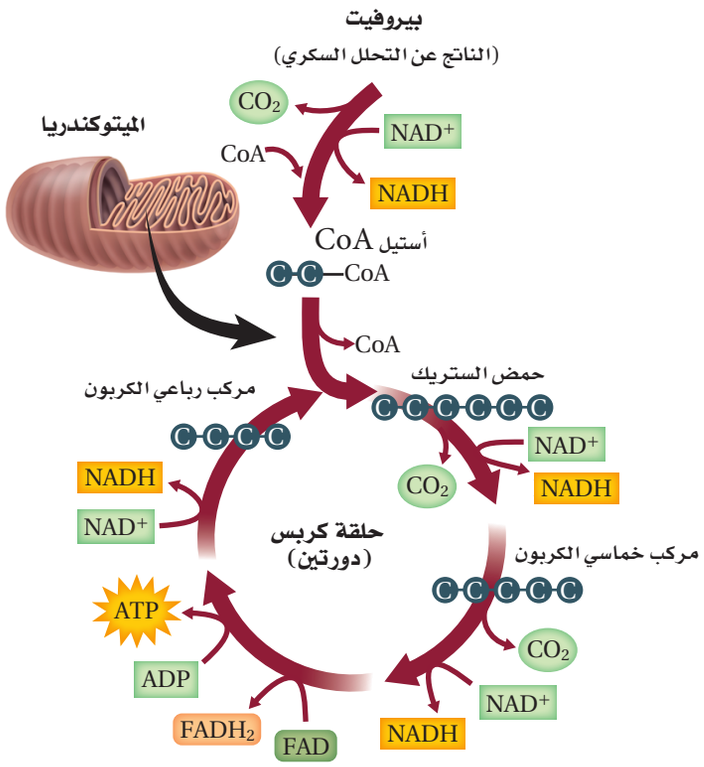
lysis– وتعني "تحلل أو تحطم".

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

حلقة كربس Krebs Cycle

ينتج عن عملية التحلل السكري جزيئا ATP وجزيئان من البيروفيت، ومعظم الطاقة الناتجة عن تحلل سكر الجلوكوز لا تزال مخزنة في جزيئات البيروفيت. ينتقل البيروفيت في وجود الأكسجين، إلى الحشوة في الميتوكندريا؛ حيث يتحول في النهاية إلى CO_2. وتسمى سلسلة التفاعلات التي يتحلل فيها البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون **حلقة كربس** Krebs cycle أو دورة TCA (حمض الكربوكسيل الثلاثي)، ويشار إلى هذه الحلقة أيضًا بحلقة حمض الستريك.



الشكل 13–2 يتحلل البيروفيت داخل الخلايا إلى ثاني أكسيد الكربون خلال حلقة كربس في الميتوكندريا.
تتبّع مسار جزيئات الكربون التي تدخل حلقة كربس وتخرج منها.

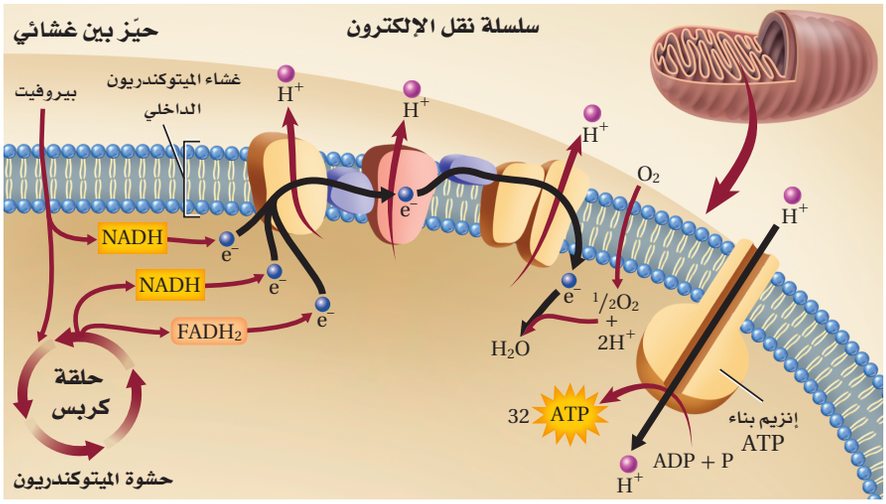
خطوات حلقة كربس Steps of Krebs cycle

قبل أن تبدأ حلقة كربس يتفاعل البيروفيت مع مرافق إنزيم–أ (CO–A)، فينتج مركب وسطي ثنائي الكربون يسمى أستيل مرافق الإنزيم–أ. وفي الوقت نفسه يتحرر غاز CO_2، ويتحول NAD^+ إلى NADH، ثم ينتقل أستيل CoA إلى الحشوة في الميتوكندريا. وينتج عن التفاعل جزيئان من CO_2 وجزيئان من NADH. تتبَّع **الشكل 13–2** في أثناء قراءتك خطوات حلقة كربس.

- تبدأ حلقة كربس بارتباط أستيل CoA مع مركب رباعي الكربون لتكوين مركب سداسي الكربون يسمى حمض الستريك.
- يتحلل حمض الستريك في سلسلة الخطوات اللاحقة من التفاعل، منتجًا جزيئين من CO_2 ومولّدًا جزيئًا واحدًا من ATP، وثلاثة جزيئات NADH وجزيئًا واحدًا من $FADH_2$. ويعد جزيء FAD ناقلًا إلكترونيًّا آخر شبيهًا بجزيء NAD^+ وجزيء $NADP^+$.
- وأخيرًا يتم إعادة تكوين أستيل CoA، وحمض الستريك لكي تستمر الحلقة. تذكر أن جزيئين من البيروفيت يتكونان خلال عملية التحلل السكري، مما ينتج عنهما دورتا كربس –لكل حلقة– من جزيء السكر الواحد. وتكون النواتج النهائية لحلقة كربس على النحو التالي: ستة جزيئات من CO_2، وجزيئي ATP، وثمانية جزيئات NADH وجزيئي $FADH_2$. تنتقل جزيئات NADH و $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًّا في المرحلة التالية من التنفس الهوائي.

إرشادات الدراسة

جملة توضيحية اعمل مع أحد زملائك على قراءة النص ومناقشة الكلمات غير المألوفة والمفاهيم الصعبة. واكتب فقرة توضيحية تلخص فيها حلقة كربس.



■ **الشكل 14–2** تحدث سلسلة نقل الإلكترون على طول غشاء الميتوكندريا.
قارن بين سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport

تعد سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الهوائي الخطوة النهائية من عملية تحلل سكر الجلوكوز، وهي أيضًا النقطة التي يتم فيها إنتاج معظم جزيئات ATP. وتستخدم الإلكترونات العالية الطاقة وأيونات الهيدروجين من جزيئات NADH و $FADH_2$ التي أُنتجت في حلقة كربس لتحويل ADP إلى ATP.

ويمكنك تتبع هذه العملية كما يبين **الشكل 14–2**، والتي تحدث كالتالي:

أولاً: تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الميتوكندريا من بروتين إلى آخر، وعندما تتحرر جزيئات الإلكترونات من نواقل الإلكترون NADH و $FADH_2$ فإنها تتحول إلى NAD^+ و FAD، وتتحرر كذلك أيونات الهيدروجين (H^+) في اتجاه حشوة الميتوكندريا.

ثانيًا: يتم ضخ أيونات H^+ من الحشوة عبر الغشاء الداخلي للميتوكندريا.

ثالثًا: بسبب اختلاف فرق التركيز لأيونات H^+ على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكندريا فإنها تنتشر لتعود مرة أخرى من الحيز بين الغشائي للميتوكندريا (الأكثر تركيزًا من H^+) إلى الحشوة عبر الغشاء الداخلي مرورًا بجزيئات إنزيم بناء ATP بواسطة العملية الأسموزية الكيميائية. تتشابه عمليتا الأسموزية الكيميائية وسلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي مع العمليات التي تحدث في البناء الضوئي. ويعد الأكسجين المستقبِل النهائي للإلكترون في سلسلة نقل الإلكترون في عملية التنفس الخلوي؛ حيث تنتقل البروتونات والإلكترونات إلى الأكسجين لإنتاج الماء.

ينتج عن عملية نقل الإلكترون 24 جزيئًا من ATP. وكل جزيء NADH ينتج ثلاثة جزيئات ATP. ويعطي كل جزيء $FADH_2$ جزيئين من ATP. وفي المخلوقات الحية الحقيقية النواة ينتج عن تحلل كل جزيء من الجلوكوز 38 جزيئًا من ATP، يستهلك منهما الجزيئان اللذان ينتجان عن عملية التحلل السكري عند انتقال البيروفيت إلى حشوة الميتوكندريا.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

التركيز Concentration

الاستعمال العلمي: الكمية النسبية من المادة المذابة في مادة أخرى.

تركيز أيونات الهيدروجين في جانب واحد من الغشاء أكبر من الجانب الآخر.

الاستعمال الشائع : الاهتمام، الانتباه.

كان تركيز الطلاب موجهًا نحو الامتحان.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الطاقة الحيوية

Bioenergeticist باحث يدرس انتقال الطاقة في الخلايا. وبعض علماء الطاقة الحيوية يدرسون الميتوكندريا وعلاقتها بالشيخوخة والمرض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

ينتقـــل البيروفيت إلى الميتوكندريا في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، أما في المخلوقات الحية البدائية النواة فهذه الخطوة غير ضرورية؛ إذ توفر على الخلية البدائية النواة جزيئين من ATP. ليصبح الناتج النهائي من عملية التنفس الخلوي 38 جزيئًا من ATP بدلًا من 36 جزيئًا في الخلايا الحقيقية النواة.

التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

يمكن أن تعمل بعض الخلايا فترة زمنية قصيرة عندما تكون مستويات الأكسجين منخفضة. وبعـــض بدائيات النوى مخلوقـــات لاهوائية، أي تســـتطيع أن تنمو وتتكاثر دون وجود الأكسجين. وتستمر هذه الخلايا في بعض الأحيان في إنتاج ATP عن طريق التحلل الســـكري. ومع ذلك فهناك مشكلات تنتج عن الاعتماد على التحلل الســـكري وحده في الحصول على الطاقة. فالتحلل السكري يزود الخلية بجزيئي ATP فقط لكل جزيء جلوكـــوز. ولأن للخلية كمية محددة من جزيء NAD^+، تتوقف عملية التحلل الســـكري عند اســـتهلاك جميع جزيئات NAD^+، وخصوصًا عند عدم وجود عملية تعـــوض النقص في هذه الجزيئات. فالمســـار اللاهوائي الذي يتبع عملية التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي أو التخمر. ويحدث **التخمـــر** fermentation في الســـيتوبلازم، وهو يعيد تزويد الخلية بجزيئـــات NAD^+، وينتج كمية قليلة من جزيئات ATP. والتخمر نوعان: التخمر اللبني (تخمر حمض اللاكتيك) والتخمر الكحولي.

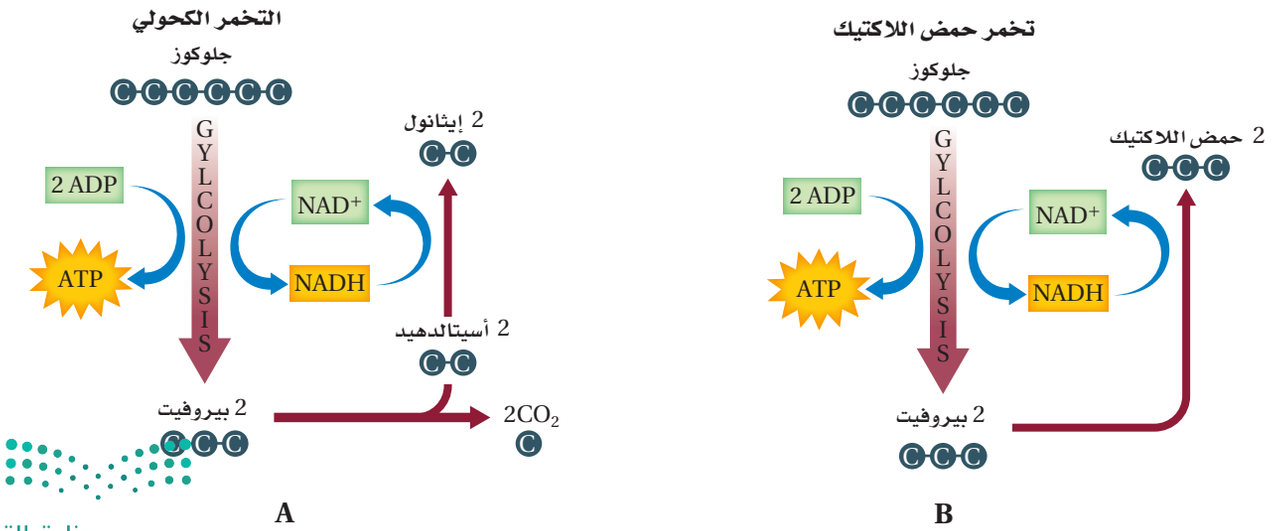
الربط مع الصحة

تخمر حمض اللاكتيك Lactic acid fermentation

عند تخمـــر حمض اللاكتيك تحوِّل الإنزيمات البيروفيت –الذي تكوّن في أثناء عملية التحلل الســـكري – إلى حمـــض اللاكتيك، كما في **الشـــكل B 15–2**. وتضم العملية نقل الإلكترونات العالية الطاقة والبروتونات من NADH. وتنتج العضلات الهيكلية حمـــض اللاكتيك عند عدم وجود الأكســـجين الكافي في الجسم نتيجة القيام بالتمارين الرياضية المجهدة مثلاً.

الشـــكل 15–2 عند وجود الأكسجين بكمية محدودة أو عـــدم وجوده تحدث عملية التخمر.

قارن بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.



وعندما يتجمع حمض اللاكتيك يحدث إجهاد للخلايا العضلية، وتشعر بالألم. كما ينتج حمض اللاكتيك بواسطة العديد من المخلوقات الحية الدقيقة التي تُستخدم في إنتاج أطعمة معينة، مثل الجبن واللبن الرائب (الزبادي) والقشدة الحامضة.

التخمّر الكحولي Alcohol fermentation يحدث التخمر الكحولي في الخميرة، وبعض أنواع البكتيريا. انظر **الشكل A 15–2** الذي يُبين التفاعل الكيميائي الذي يحدث في أثناء التخمر الكحولي؛ حيث يتحول البيروفيت إلى الكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكربون. وتوفر جزيئات NADH الإلكترونات، كما في تخمر حمض اللاكتيك، وتتحول إلى جزيئات NAD^+.

عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي
Photosynthesis and Cellular Respiration

كما تعلمت سابقًا فإن البناء الضوئي والتنفس الخلوي عمليتان مهمتان تستخدمهما الخلايا في الحصول على الطاقة، وهما من المسارات الأيضية التي تُنتِج الكربوهيدرات البسيطة وتحللها. ويبين **الشكل 16–2** الارتباط بين هاتين العمليتين.

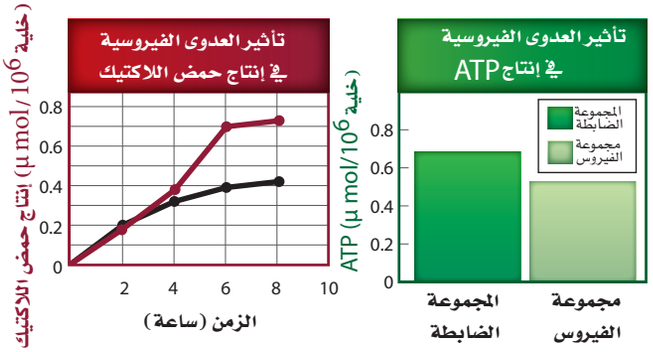
مختبر تحليل البيانات 1-2

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف تؤثر العدوى الفيروسية في التنفس الخلوي؟ يمكن للالتهابات الناجمة عن الفيروسات أن تؤثر في عملية التنفس الخلوي، وفي قدرة الخلايا على إنتاج ATP. ولاختبار أثر الالتهابات الفيروسية في مراحل التنفس الخلوي في الخلايا المصابة بالفيروسات تم قياس كمية حمض اللاكتيك وجزيئات ATP الناتجة.

البيانات والملاحظات

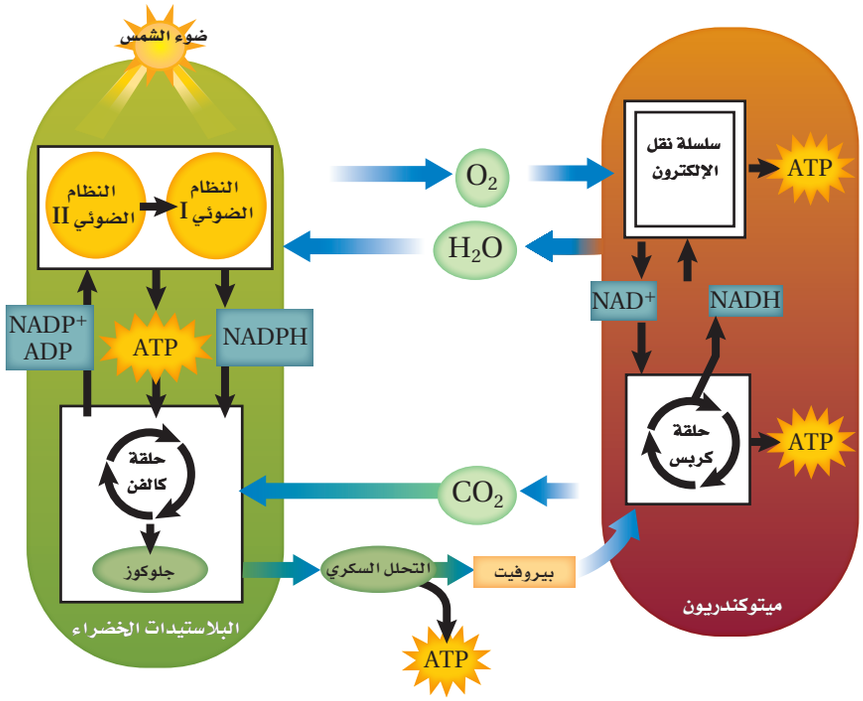


التفكير الناقد

1. **حلّل** كيف يؤثر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك في الخلايا؟
2. **احسب** بعد مرور 8 ساعات، ما نسبة ارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما نسبة انخفاض إنتاج جزيئات ATP؟
3. **استنتج** ما سبب شعور الإنسان المصاب بفيروس الأنفلونزا بالتعب الشديد؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

El– Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme 6– phosphofructo –1– Kinase. *Molecular and Celluar biochemistry*. 266: 191 – 198.



■ **الشكل 16–2** تشكل عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة؛ فالمواد الناتجة عن أحد هذه المسارات الأيضية تشكل مواد متفاعلة للمسار الأيضي الآخر.

تذكر أن المواد الناتجة عن عملية البناء الضوئي هي الأكسجين والجلوكوز، وهي المواد المتفاعلة التي تتطلبها عملية التنفس الخلوي. والمواد الناتجة عن عملية التنفس الخلوي هي ثاني أكسيد الكربون والماء، وهي المواد المتفاعلة اللازمة لعملية البناء الضوئي.

التقويم 2-3

الخلاصة

- تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري وحلقة كربس ونقل الإلكترون.
- NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي.
- تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **سمِّ** الشكل النهائي من الطاقة الكيميائية الناتجة عن الخلايا في أثناء التنفس الخلوي.
2. **حدّد** ما عدد ذرات الكربون من جزيء جلوكوز واحد التي تدخل في دورة كربس واحدة؟
3. **فسِّر** كيف تُستخدم الإلكترونات العالية الطاقة في سلسلة نقل الإلكترون؟
4. **صِفْ** دور التخمر في الحفاظ على مستويات ATP و NAD^+.

التفكير الناقد

5. **الرياضيات في علم الأحياء** ما عدد جزيئات ATP وNADH و$FADH_2$ الناتجة في كل خطوة من خطوات التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة (الفعلية) عن عدد جزيئات ATP الكلية (المتوقعة)؟
6. **قارن** بين نوعي التخمر.

مستجدات في علم الأحياء

البناء الضوئي الاصطناعي Artificial photosynthesis

على مدى عقود، كان تطوير الطاقة المتجددة يركز- إلى حد كبير- على توليد الطاقة الكهربائية. ولكن ما يزيد على 60% من الطاقة في العالم يوفرها الوقود الأحفوري على الرغم من آثاره السلبية على البيئة، خصوصًا ظاهرة الاحتباس الحراري؛ نتيجة للانبعاثات الكربونية إلى الغلاف الجوي الناتجة عن احتراق الكربون. ولكن هل يوجد بديل قابل للتطوير لا ينبعث عنه غازات ضارة؟

هناك تقنية واعدة تقوم على البناء الضوئي الاصطناعي، الذي يستخدم مواد غير حيوية لإنتاج الطاقة من ضوء الشمس مباشرة، حيث تعد الشمس مصدرًا متجددًا من مصادر الطاقة. ويجمع البناء الضوئي الاصطناعي بين هذه الميزات في تقنية قابلة للتطبيق واعدة بأمن الطاقة والاستدامة البيئية والاستقرار الاقتصادي.

وفي حين يزودنا البناء الضوئي الطبيعي في النباتات بالطاقة التي يحولها من ضوء الشمس، فإن حدودًا كبيرة تقيد أداءه. فمن المعروف أن جزءًا بسيطًا من الطاقة الشمسية يستخدم فعليًّا في عملية البناء الضوئي في النباتات، ولا يتجاوز صافي تحويل الطاقة السنوية 1%، كما تستهلك كميات كبيرة من الطاقة داخل خلايا النبات للحفاظ على عملياتها الحيوية، ومنها عملية البناء الضوئي؛ ويخزّن الباقي من الطاقة في أشكال متعددة من المركبات الكربونية. ومع ذلك فإن البناء الضوئي الاصطناعي، المستلهم من البديل الطبيعي، أظهر إمكانية للأداء الفعال؛ حيث يوفر الطاقة في شكل يمكن استخدامه.

فكما يعمل الكلوروفيل على امتصاص الضوء في عملية البناء الضوئي الطبيعية، فإن المواد المناسبة مطلوبة لامتصاص ضوء الشمس اللازم لتكسير جزيئات الماء في الأنظمة الاصطناعية، كما يحتاج النظام أيضًا إلى محفزات لتسهيل الإنتاج الفعّال للوقود. ولا بد أن تكون هذه المحفزات عالية النشاط، ومستقرة.

كيف يمكن أن يبدو نظام البناء الضوئي الاصطناعي؟ الشكل الأساسي لهذا النظام عبارة عن لفافة رقيقة من طبقات تشبه البلاستيك – وهي كالقماش العالي الأداء في سترة المطر– يمكن بسطها وطيها حسب الحاجة. وتمتص الطبقة العلوية منها الماء وثاني أكسيد الكربون من الجو، أما الطبقة التالية فتمتص ضوء الشمس ومن ثم استخدامه في إنتاج الوقود. ومن خلال فصل الوقود عن طريق غشاء فإنه لن يتسرب إلى الهواء بل يمر عبر الجزء السفلي من الطبقات التي تشبه البلاستيك إلى صهريج تجميع لاستخدامه فيما بعد.

ينقسم الماء إلى غازي الهيدروجين والأكسجين بفعل أشعة الشمس. ومن الممكن تحويل غاز الهيدروجين إلى وقود سائل، أو حمله على التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون، أو معالجته لإنتاج وقود سائل يمكن استخدامه في الحياة اليومية. وبدلًا من ذلك فإن المحفزات، كما في أنظمة البناء الضوئي الطبيعية، يمكنها تحويل غاز CO_2 مباشرة إلى ميثانول أو ميثان. لقد زودتنا التطورات الحديثة في علوم النانو والمواد والكيمياء والفيزياء بالأدوات اللازمة لتحقيق تقدم سريع في هذا المجال، لنستخدمها في إنتاج الطاقة النظيفة القادرة على توفير الأساس لمستقبل الطاقة الآمنة المستدامة.

مختبر الأحياء

هل تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي؟

الخلفية النظرية: **تحتاج المخلوقات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمامها. يتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة توجد في الطيف الضوئي المرئي. ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. وفي هذا المختبر تصمم تجربة لاختبار أثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي.**

سؤال: كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدلات حدوث عملية البناء الضوئي؟

المواد والأدوات

اختر المواد التي تراها مناسبة للتجربة التي تصممها.

- أنابيب اختبار سعتها (15 mL).
- مخبار مدرج سعته (10 mL).
- محلول صودا الخبز (0.25 %).
- مصباح مع عاكس ومصباح صغير بقدرة 150 واط.
- دورق زجاجي مخروطي.
- نبات مائي.
- ساعة إيقاف.
- مسطرة مترية.
- ورق سلوفان ملون.
- ورق ألومنيوم.

احتياطات السلامة

خطط ونفذ المختبر

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. توقع كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي في النبات؟
3. صمّم تجربة لاختبار توقعك، واكتب قائمة بالخطوات التي تتبعها، وحدّد المجموعة الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. وضّح كيف تولد ضوءًا بأطوال موجية مختلفة؟ وزوّد النبات بثاني أكسيد الكربون، واحسب كمية الأكسجين التي ينتجها النبات.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل بدء العمل.
7. ابدأ بإجراء تجربتك كما اتفق عليها.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** نظّف جميع الأجهزة بحسب التعليمات، وأعد كل شيء استخدمته إلى مكانه المناسب. وتخلص من النبات بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلل ثم استنتج

1. **حدِّد** المجموعة الضابطة والمتغيرات في تجربتك.
2. **فسِّر** طريقة حسابك لمعدل حدوث عملية البناء الضوئي.
3. **مثِّل** بياناتك بالرسم.
4. **صف** كيف تأثّر معدل حدوث البناء الضوئي بأطوال الموجات الضوئية المختلفة بناءً على بياناتك؟
5. **ناقِش** ما إذا كانت بياناتك تدعم توقعك أم لا.
6. **تحليل الخطأ.** حدّد مصادر الخطأ المحتملة في تصميم التجربة، وخطوات العمل وجمع البيانات.
7. **اقترحْ** كيف يمكنك تقليل مصادر الخطأ هذه إذا كررت التجربة؟

تواصل

مراجعة اعرض بياناتك على زملائك، ثم ناقش ما عرضه زملاؤك، واستخدم ملاحظاتهم في الصف لتحسين أدائك.

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

المطويات **قارن** ما أوجه التشـابه والاختلاف بين عملية نقل الإلكترون في الميتوكندريا وعملية نقل الإلكترون في البلاستيدات الخضراء.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟	
الطاقة الديناميكا الحرارية عملية الأيض عملية البناء الضوئي التنفس الخلوي أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP	**الفكرة الرئيسة** **تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.** • تسـيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية. • تصنّـع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسـها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله. • تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء. • الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.
2–2 البناء الضوئي	
الثايلاكويد الغرانا الحشوة (اللُّحمة) الصبغة ناقل الإلكترون $NADP^+$ حلقة كالفن إنزيم روبيسكو	**الفكرة الرئيسة** **تتحوّل الطاقة الضوئيـة بعد امتصاصها إلى طاقـة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.** • تحتوي النباتات على بلاسـتيدات خضراء وأصباغ تمتص الضـوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. • تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن. • في التفاعـلات الضوئية تمتص المخلوقـات الحية الذاتية التغـذي الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH. • في حلقة كالفن تسـتخدم الطاقة الكيميائيـة المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.
2–3 التنفس الخلوي	
عملية لاهوائية التنفس الهوائي عملية هوائية التحلّل السكري حلقة كربس التخمر	**الفكرة الرئيسة** **تحصل المخلوقـات الحية على الطاقة بتحليـل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.** • تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز. • تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري، حلقة كربس ونقل الإلكترون. • NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي. • تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

الفصل 2 التقويم

2-1

مراجعة المفردات

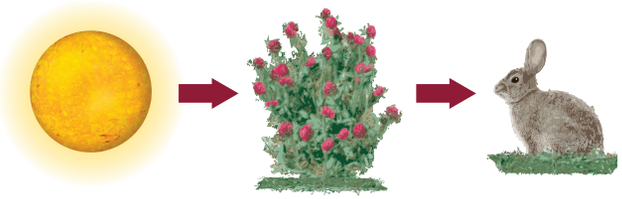
استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

1. الذاتية التغذي جزيء الطاقة في الخلية.
2. تسمى دراسة تدفق الطاقة وتحويلها من شكل إلى آخر الطاقة.
3. توجد الطاقة الحيوية في أشكال كثيرة.
4. تسمى التفاعلات الكيميائية المتنوعة التي تنتج الطاقة في الخلية المخلوقات الحية الذاتية التغذي.
5. تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

6. أيّ مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟
   a. لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله.
   b. القدرة على القيام بالعمل.
   c. توجد بأشكال عدة، منها الكيميائية والضوئية والميكانيكية.
   d. تتغير تلقائيًّا من عشوائية إلى منظمة.
7. أيّ المخلوقات الحية الآتية تعتمد على مصادر خارجية للمركبات العضوية؟
   a. الذاتية التغذي.
   b. غير الذاتية التغذي.
   c. الذاتية التغذي الكيميائية.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 8.



8. أيّ مما يأتي في هذه السلسلة الغذائية يوفر الطاقة لجزء واحد آخر فقط؟
   a. الذاتية التغذي الكيميائية.
   c. الشمس.
   b. غير الذاتية التغذي.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.
9. ما الذي تخزنه الخلايا وتطلقه بوصفه مصدرًا رئيسًا للطاقة الكيميائية؟
   a. ATP.
   c. $NADP^+$.
   b. ADP^+.
   d. NADPH.

أسئلة بنائية

10. **إجابة قصيرة.** فيم تختلف المخلوقات الحية الذاتية التغذي وغير الذاتية التغذي في طريقة حصولها على الطاقة؟
11. **نهاية مفتوحة.** استخدم التشابه في وصف دور جزيء ATP في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

12. **صِف.** كيف تتحرر الطاقة من جزيء ATP؟
13. **اربط** بين تفاعلات الهدم والبناء، ثم وضح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

2 تقويم الفصل

2-2

مراجعة المفردات

اختر المصطلح الصحيح من صفحة دليل مراجعة الفصل، الذي يمثل كلًّا من التعريفات الآتية:

14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية.

15. رزمة من أقراص الثايلاكويد.

16. جزيء ملون يمتص الضوء.

17. عملية يتم فيها تخزين الطاقة في الجزيئات العضوية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم المعادلة الآتية للإجابة عن السؤال 18.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{طاقة}} C_6H_{12}O_6 + ?$$

18. ما ناتج عملية البناء الضوئي الذي يتحرر إلى البيئة؟

a. CO_2 **c.** O_2

b. H_2O **d.** NH_3

19. أيّ مما يأتي يمثل الغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء المنظم في صورة أكياس غشائية مسطحة؟

a. الثايلاكويد.

b. الميتوكندريا.

c. الكيس (الغِمد).

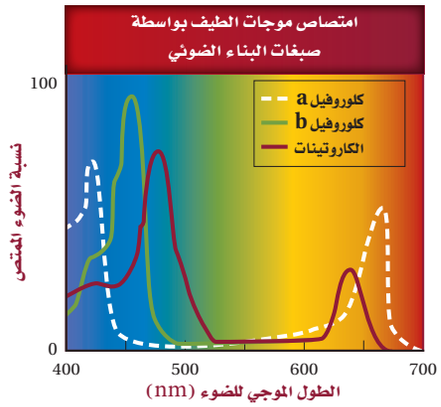
d. الحشوة.

20. ما مصدر الطاقة اللازمة لبناء الكربوهيدرات في أثناء حلقة كالفن؟

a. CO_2 و ATP. **c.** NADPH و H_2O.

b. ATP و NADPH. **d.** H_2O و O_2.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 21.



21. ما الطول الموجي للضوء الذي تمتص عنده أصباغ الكاروتينات أعلى نسبة من الضوء؟

a. 400 **c.** 600

b. 500 **d.** 700

أسئلة بنائية

22. إجابة قصيرة. لخِّص مراحل عملية البناء الضوئي، وصف أين تحدث كل مرحلة في البلاستيدة الخضراء؟

23. إجابة قصيرة. لماذا يعد تحرير أيونات الهيدروجين ضروريًّا لإنتاج ATP في أثناء عملية البناء الضوئي؟

24. إجابة قصيرة. فسّر لماذا تعتمد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية.

التفكير الناقد

25. فسِّر الجملة الآتية: الأكسجين المتحرر من عملية البناء الضوئي مجرد ناتج ثانوي يتكون في أثناء إنتاج جزيئات ATP والكربوهيدرات.

26. توقَّع أثر فقدان الغابات في عملية التنفس الخلوي عند المخلوقات الحية الأخرى.

27. صف مسارين بديلين لعملية البناء الضوئي في النباتات، واقترح كيف يمكن أن تساعد هذه التكيفاتُ النباتاتِ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

2 تقويم الفصل

2-3

مراجعة المفردات

عرّف المفردات الآتية بجملة تامة:

28. حلقة كربس.

29. عمليات التنفس اللاهوائية.

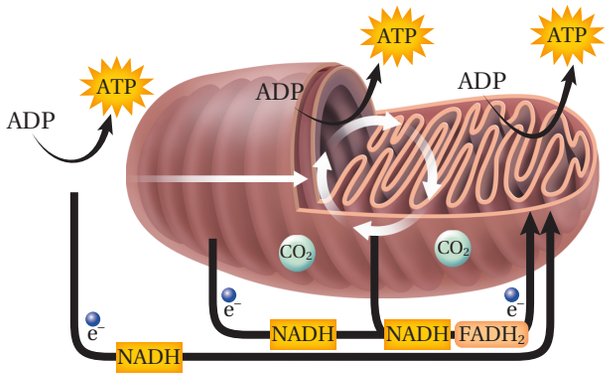
30. التخمُّر.

31. هوائي.

32. التحلّل السكري.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



33. ما العضية التي يوضحها الشكل أعلاه؟

a. جهاز جولجي.
c. النواة.
b. الميتوكندريون.
d. الشبكة الإندوبلازمية.

34. ما العملية التي لا تحدث في العضية في الشكل أعلاه؟

a. التحلّل السكري.
b. حلقة كربس.
c. تحول البيروفيت إلى أستيل CoA.
d. سلسلة نقل الإلكترون.

35. أيّ مما يأتي لا يعد من مراحل التنفس الخلوي؟

a. التحلل السكري.
c. سلسلة نقل الإلكترون .
b. حلقة كربس.
d. تخمر حمض اللاكتيك.

36. ما الذي ينتج عند مغادرة الإلكترونات سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وارتباطها مع المستقبِل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟

a. H_2O
c. CO_2
b. O_2
d. CO

37. في نهاية عملية التحلل السكري، ما الجزيء الذي يتم فيه تخزين معظم الطاقة الناتجة عن الجلوكوز؟

a. البيروفيت.
b. أستيل CoA.
c. ATP.
d. NADH.

أسئلة بنائية

38. إجابة قصيرة. ناقش دور كل من NADH و $FADH_2$ في عملية التنفس الخلوي.

39. إجابة قصيرة. في التنفس الخلوي، ما مصدر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون؟ وما وجهتها النهائية؟

40. إجابة قصيرة. لماذا تشعر بالألم في عضلاتك بعد القيام بتمارين رياضية مرهقة؟

2 تقويم الفصل

التفكير الناقد

41. فسِّر. النواتج النهائية في عملية التنفس الخلوي هي: CO_2 و H_2O. من أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء CO_2؟ ومن أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء H_2O؟

42. استنتج. ما مزايا عمليات الأيض عند وجود الأكسجين (عمليات هوائية) مقارنة بعمليات الأيض عند غياب الأكسجين (عمليات لاهوائية) من حيث إنتاج الطاقة في المخلوقات الحية؟

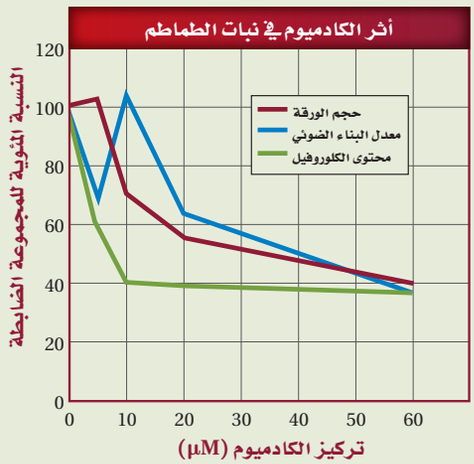
43. قارن بين نقل الإلكترون في عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة توضح أهمية النباتات في نظام بيئي مستخدمًا ما تعرفه عن العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

أسئلة المستندات

الكادميوم من العناصر الثقيلة السامة للإنسان والنباتات والحيوانات. وعادة ما يوجد بوصفه أحد الملوثات في التربة. استخدم البيانات الآتية في الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بتأثير الكادميوم في عملية البناء الضوئي في نبات الطماطم.



45. ما أثر عنصر الكادميوم في حجم الورقة، ومحتوى الكلوروفيل، ومعدل البناء الضوئي؟

46. أيّ تركيز من الكادميوم كان له الأثر الأكبر في حجم الورقة، وفي محتوى الكلوروفيل، وفي معدل عملية البناء الضوئي؟

47. توقع الآثار في عملية التنفس الخلوي إذا تناول حيوانٌ الطماطمَ الملوثة بالكادميوم.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الخطوات الآتية تحدث في حلقة كالفن؟
   a. تكوين جزيئات ATP.
   b. تكوُّن السكريات السداسية الكربون.
   c. تحرير غاز الأكسجين.
   d. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$.

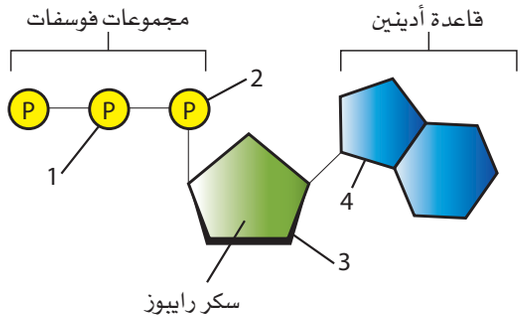
2. أيّ تحـولات الطاقة الآتية يحدث فـي المخلوقات الحية الذاتية التغذي فقط؟
   a. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية.
   b. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية.
   c. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية.
   d. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية .

3. أيّ المركبات التـي تحوي الكربون يتم إنتاجها خلال عملية التحلل السكري؟
   a. أستيل CoA.
   b. الجلوكوز.
   c. حمض اللاكتيك.
   d. البيروفيت.

4. أيّ الجزيئات الكبيرة الآتية يمكن أن تتكون باستخدام السـكريات التي تنتج خلال عمليـة البناء الضوئي في النباتات؟
   a. السيليلوز.
   b. DNA.
   c. الدهون.
   d. البروتين.

5. مـا مصـدر الإلكترونات فـي مرحلة سلسـلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي؟
   a. تكوُّن الأستيل CoA في أثناء حلقة كربس.
   b. إنتاج جزيئـات NADH و $FADH_2$ في أثناء حلقة كربس.
   c. تخمر حمض اللاكتيك.
   d. تكسير الروابط خلال عملية التحلل السكري.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.



6. أيّ المجموعتيـن في جزيء ATP في الشـكل أعلاه يجب أن تتكسر الرابطة بينهما حتى تتحرر الطاقة التي يستخدمها المخلوق الحي؟
   a. 1 و 2
   b. 2 و 3
   c. 2 و 4
   d. 3 و 4

اختبار مقنن

7. أيّ مراحل البناء الضوئي تتطلب وجود الماء لإتمام التفاعل الكيميائي؟

a. عمل إنزيم بناء الطاقة ATP على ADP.

b. تحويل جزيئات GAP إلى RuBP.

c. تحويل $NADP^+$ إلى NADPH.

d. تحويل الطاقة الكيميائية لتكوين جزيئات GAP.

8. أيّ العمليات الخلوية الآتية تختزن الطاقة؟

a. تحلل سلسلة الدهون.

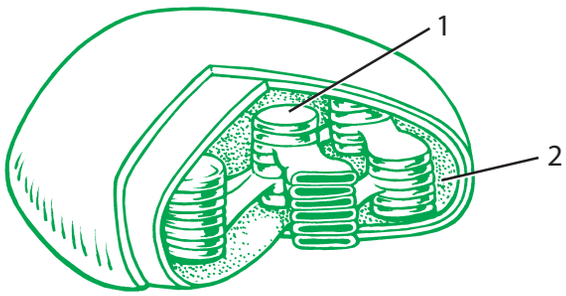
b. تحول ADP إلى ATP.

c. بناء البروتينات من كودونات RNA.

d. نقل الأيونات عبر الغشاء.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 9.



9. سمِّ الجزأين في الشكل أعلاه الذي يمثل بلاستيدة خضراء، وحدّد مراحل البناء الضوئي التي تحدث في كل جزء.

10. اربط بين روابط مجموعات الفوسفات في جزيء ATP وتحرير الطاقة عندما يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP.

11. كيف يمكن أن يكون المخلوق الحي ذاتي وغير ذاتي التغذي في الوقت نفسه؟

12. اذكر إنزيمين مرتبطين مع عملية البناء الضوئي، وصف دوريهما.

13. في أيّ أجزاء النبات تتوقع وجود خلايا تحوي أكبر كمية من البلاستيدات الخضراء؟ فسِّر إجابتك.

14. عادة ما يتحدث عدّاؤو المسافات الطويلة عن التدريب الذي يهدف إلى رفع العتبة اللاهوائية. العتبة اللاهوائية هي النقطة التي لا تحصل فيها عضلات معينة على كمية من الأكسجين تكفيها للقيام بالتنفس الهوائي، لذا تبدأ بالتنفس اللاهوائي. كون فرضية تبين أهمية رفع العتبة اللاهوائية للعدَّائين المتنافسين.

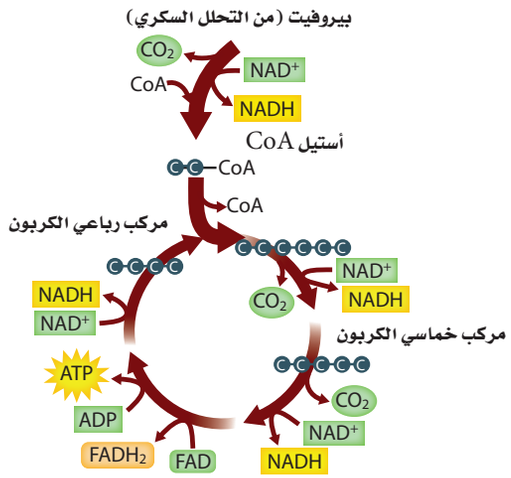
15. افترض أن تركيز CO_2 في بيت زجاجي قد انخفض. فسّر كيف يمكن أن تتأثر عملية البناء الضوئي بهذا التغير، ثم توقع أثر ذلك في النباتات.

16. أيّ العمليات الحيوية تحدث في كل من غشاء الثايلاكويد وغشاء الميتوكندريا؟ أعط سببًا يفسر أهمية هذه العملية أو عدم أهميتها.

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. لخّص خطوات الحلقة في الشكل السابق.

سؤال مقالي

يتفاعل جسم الإنسان بصورة مستمرة مع البيئة؛ فهو يحصل على بعض المواد، ويخرج مواد أخرى. وللعديد من المواد التي يحصل عليها الإنسان دور محدد في المحافظة على العمليات الخلوية الأساسية ومنها التنفس، ونقل الأيونات وبناء الجزيئات الكبيرة المختلفة. كذلك، فإن العديد من المواد التي يخرجها الجسم هي فضلات ناتجة عن هذه العمليات الخلوية.

استخدم المعلومات في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

18. كيف يحصل الإنسان على المواد الضرورية لعملية التنفس الخلوي؟ وكيف يتخلص من فضلات هذه العملية؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الفصل / القسم	2–2	2–1	2–3	2–2	2–3	2–1	2–2	2–1	2–2	2–1	2–1	2–2	2–2	2–3	2–2	2–2	2–3	2–3
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 3

التكاثر الخلوي
Cellular Reproduction

الفكرة العامة تدخل الخلية في دورة حياة تشمل الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم.

3–1 النمو الخلوي

الفكرة الرئيسة تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.

3–2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم

الفكرة الرئيسة تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية حقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.

3–3 تنظيم دورة الخلية

الفكرة الرئيسة تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.

حقائق في علم الأحياء

- تتوقف معظم الحيوانات عن النمو عندما تصل إلى حجم معين، في حين تستمر معظم النباتات في النمو طوال حياتها.
- تحوي جذور النباتات مناطق معينة تنقسم فيها أعداد كبيرة من الخلايا انقسامًا متساويًا في أي وقت.
- يثبّط استعمال المواد الكيميائية أو التغيرات البيئية عملية الانقسام المتساوي في البصل؛ مما يمنع إنباته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

تجربة استهلالية

ما مصدر الخلايا السليمة؟

تتكوّن جميع المخلوقات الحية من خلايا. والطريقة الوحيدة التي يتمكن بها المخلــوق الحي من النمو أو التعويض تتم عن طريــق التكاثر الخلوي. وتقوم الخلايا السليمة بجميع وظائف الحياة وتتكاثر لتنتج خلايا أكثر. وسوف تستقصي في هذه التجربة وجود أنواع مختلفة من الخلايا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ **شـرائح جاهزة لخلايا إنسـان** مسـتخدمًا أعلى قوة تكبير في **المجهر الضوئي المركب**.
3. لاحظ خلايا **قمة الجذر في نبات البصل** بالمجهر.
4. لاحظ **شـرائح جاهـزة** يزودك بها معلمك لأنواع أخرى من الخلايا.
5. ارسـم عينات الخلايـا التي لاحظتهـا، وحدد التراكيب التي لاحظتها وعنونها.

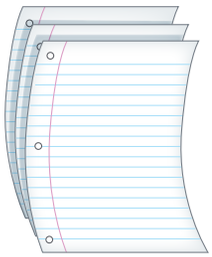
التحليل

1. **قارِن** بين أنواع الخلايا المختلفة التي لاحظتها.
2. **كـوِّن فرضيـة** لمـاذا تختلف أشـكال وتراكيب الخلايا التـي لاحظتها؟ وكيـف يمكنك تعرّف الخلايا المريضة؟

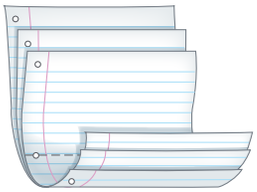
المطويات
منظمات الأفكار

الانقسـام المتساوي وانقسام السيتوبلازم اعمل المطوية الآتية لمسـاعدتك على فهم آلية تكاثر الخلايا بعملية الانقسـام المتساوي التي ينتج عنها خليتان متماثلتان وراثيًّا.

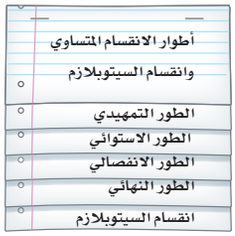
الخطوة 1: ضع ثلاث ورقات بعضها فوق بعض على أن تبعد كل ورقة عن الأخرى 1.5 cm، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأوراق من منتصفها لتكوين سـتة ألسنة بحيث يبعد بعضها عن بعض المسافة نفسها، كما في الشكل الآتي:



الخطـوة 3: ثبـت أوراق المطوية معًـا بالدبابيس على طول خط الثني، واقلـب المطوية حتـى تصبح الطيـة في الأعلى. وعنون الألسنة كما في الشكل الآتي:



المطويات **اسـتعمل هذه المطوية في القسـم 2-3.** سجل – وأنت تقرأ الدرس – ما تعلمته عن أطوار الانقسام المتساوي الأربعة، واكتب وصفًا قصيرًا حول عملية انقسـام السيتوبلازم في الفراغ الموجود على اللسان الخاص به.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-1

النمو الخلوي Cellular Growth

الأهداف

- **تفسّر** لماذا تكون الخلايا متناهية بالصغر.
- **تلخّص** المراحل الأساسية من دورة الخلية.
- **تصِف** مراحل الطور البيني.

مراجعة المفردات

النفاذية الاختيارية: عملية يسمح فيها غشاء بمرور بعض المواد من خلاله، ويُبقي بعضها الآخر خارجه.

المفردات الجديدة

دورة الخلية
الطور البيني
الانقسام المتساوي
انقسام السيتوبلازم
الكروموسوم
الكروماتين

الفكرة الرئيسة **تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.**

الربط مع الحياة إذا شكّلت أنت وزميلك فريقًا في مباراة للتنس الأرضي مقابل لاعبين آخرين فقد تشعران بأنكما قادران على تغطية نصف الملعب الخاص بكما من الملعب. أما إذا كان الملعب كبيرًا جدًّا فستواجهان صعوبة في الوصول إلى الكرات بالشكل المناسب. لذا يجب أن يكون حجم الملعب مناسبًا للعبة، وكذلك يجب أن يكون حجم الخلية محدودًا لضمان تلبية حاجاتها.

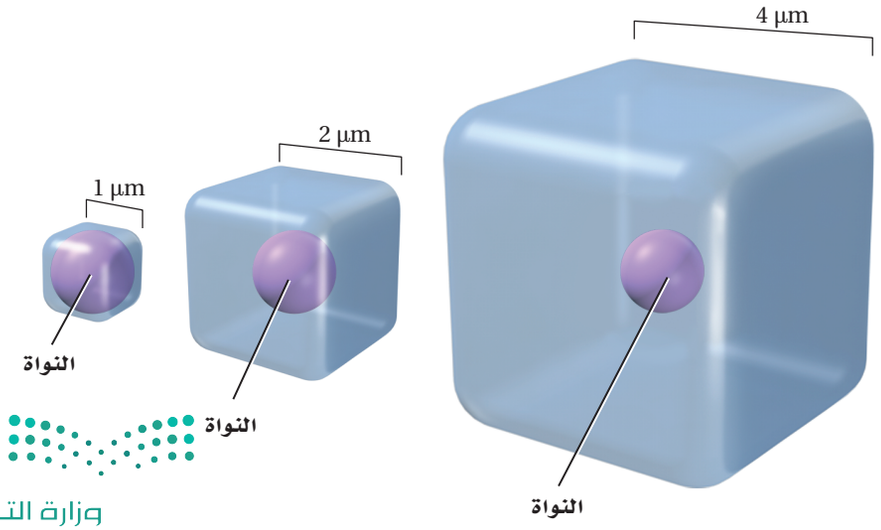
حدود حجم الخلية Cell Size Limitations

يبلغ قطر معظم الخلايا أقل من 100 µm (100×10^{-6} m)، أيْ أصغر كثيرًا من النقطة التي في نهاية هذه الجملة، فلماذا تكون معظم الخلايا صغيرة جدًّا؟ يبحث هذا القسم في العوامل التي تؤثر في حجم الخلية.

نسبة مساحة السطح إلى الحجم Ratio of surface area to volume

العامل الرئيس الذي يحدد حجم الخلية هو نسبة مساحة سطحها إلى حجمها. ومساحة السطح هي المساحة التي يغطيها الغشاء البلازمي.

الربط مع الرياضيات لتوضيح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، لاحظ المكعب الصغير في **الشكل 1–3** الذي يبلغ طول كل ضلع منه 1 µm، وهذا هو حجم الخلية البكتيرية تقريبًا. ولحساب مساحة سطح المكعب نضرب الطول في العرض في عدد أوجه المكعب (1 µm × 1 µm × 6 أوجه)، والتي تساوي 6 μm^2. ولحساب حجم الخلية، نضرب الطول في العرض في الارتفاع (1 µm × 1 µm × 1 µm) والذي يساوي 1 μm^3. إذن فنسبة مساحة السطح إلى الحجم هي 6:1.



الشكل 1–3 تقل نسبة مساحة السطح إلى الحجم كلما ازداد حجم الخلية، ويمثل المكعب الأصغر النسبة 6:1، وهي تمثل المساحة (1 µm × 1 µm × 6 أوجه)، إلى الحجم (1µm × 1µm × 1µm)، في حين أن أكبر مكعب له النسبة 96 وهي المساحة (4 µm × 4 µm × 6 أوجه) إلى 64 وهو الحجم (4 µm × 4 µm × 4 µm)، أيْ بنسبة 2 : 3.

إذا نمـــت الخلية المكعبـــة بمقدار 2 µm من كل جانب، كما في **الشـــكل 1-3**، فستصبح مساحة سطح الخلية $24\ \mu m^2$، والحجم $8\ \mu m^3$. وتصبح نسبة مساحة الســـطح إلى الحجم 3:1، وهي أقل مما كانت عليه عندما كانت الخلية أصغر. أما إذا اســـتمرت الخلية في النمو فستستمر نسبة مساحة السطح إلى الحجم في النقصان، كما هو الحال في المكعب الثالث من **الشـــكل 1-3**. ومع نمو الخلية يزداد حجمها مقارنة بمساحة ســـطحها، وهذا يعني الصعوبة في الحصول على المواد المغذية، أو في التخلص من الفضلات. أما إذا بقيت صغيرة، فتكون نسبة مساحة سطحها إلى حجمها عالية، وبذلك تستطيع الحفاظ على بقائها بسهولة.

ماذا قرأت؟ **فسِّـر** لماذا تعد النســـبة الكبيرة بين مساحة الخلية إلى حجمها ذا فائدة للخلية؟

تجربة علمية

لماذا تنقسم الخلية؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة 1 - 3

استقصِ حجم الخلية

هـل يمكـن أن تنمـو الخلية على نحوٍ كافٍ لتحيط بمدرسـتك؟ ماذا يحدث إذا تضاعف حجم الفيل؟ على مســـتوى المخلوق الحي، لا يمكن أن ينمو الفيل ليصل إلى هذا الحجم؛ بســـبب عدم قدرة قدميه على تحمُّل الزيادة في كتلته. هل تنطبق هذه المبادئ والحدود على المســـتوى الخلوي؟ احسب ذلك رياضيًّا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات يتضمن بيانات مساحة السطح والحجم لخمس خلايا تم افتراضها.

افترض أن الخلية مكعبة الشكل (الأبعاد المعطاة لوجه واحد من المكعب):

الخلية 1 = 0.00002 m (متوسط قطر معظم الخلايا الحقيقية النوى).

الخلية 2 = 0.001 m (قطر خلية عصبية عملاقة في الحبار).

الخلية 3 = 2.5 cm

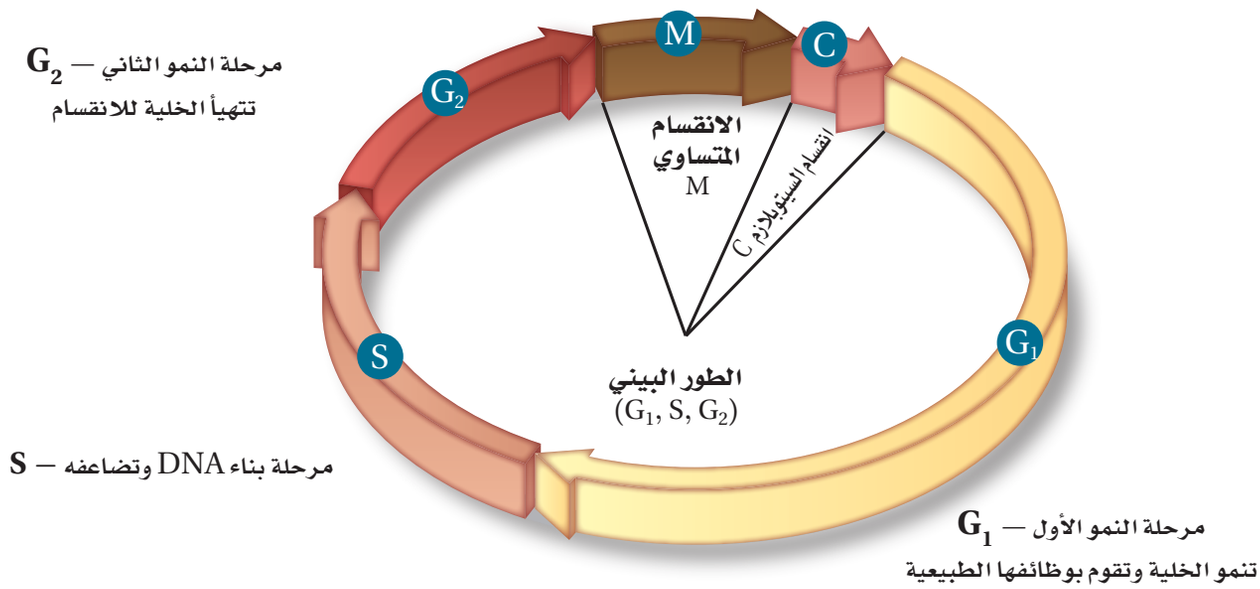
الخلية 4 = 30 cm

الخلية 5 = 15 m

3. احسب مساحة سطح كل خلية باستخدام المعادلة التالية: الطول × العرض × عدد الأوجه (6).
4. احسب حجم كل خلية باستخدام المعادلة التالية : الطول × العرض × الارتفاع.

التحليل

1. **السبب والنتيجة.** بناءً على حساباتك، وضّح لماذا لا تصبح الخلايا كبيرة جدًّا؟
2. **اســـتنتج.** هل ضخامة حجم بعض المخلوقات الحية – مثل الفيلة وشـــجر الخشـــب الأحمر– يعود إلى احتوائها على خلايا ضخمة جدًّا أم أن معظم خلاياها لها حجم عادي؟ فسِّر إجابتك.



الشكل 2–3 تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل، هي: الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية.
كوِّن فرضية. لماذا يُمثّل انقسام السيتوبلازم أقصر فترة في دورة الخلية؟

الاتصال الخلوي Cellular communication هناك عامل آخر يحدد حجم الخلية، وهو حاجة بروتينات التواصل الخلوي للحركة خلال الخلية. وبمعنى آخر، يؤثر الحجم في قدرة الخلية على إيصال التعليمات للقيام بالوظائف الخلوية. فإذا أصبحت الخلية كبيرة جدًّا يصبح من المستحيل القيام بالتواصل الخلوي، الذي يشمل حركة المواد والإشارات المرسلة للعضيات المختلفة، لتقوم بوظائفها على أتمّ وجه. فمثلاً قد لا تصل الإشارات التي تحفز بناء البروتين بسرعة كافية إلى الرايبوسوم حتى يتم بناء البروتين اللازم لبقاء الخلية.

دورة الخلية Cell Cycle

عندما تصل الخلية إلى أقصى حجم لها فإما أن تنقسم أو تتوقف عن النمو. وفي النهاية تنقسم أكثر الخلايا؛ فالانقسام لا يمنع الخلية من زيادة حجمها كثيرًا فقط، بل هو يمثل آلية التكاثر في الخلية. وتتكاثر الخلايا عبر دورة نمو وانقسام، تسمى **دورة الخلية** cell cycle. وتمر الخلية في كل مرة بدورة كاملة لتصبح خليتين، وعند تكرار دورة الخلية باستمرار تكون النتيجة استمرار إنتاج الخلايا الجديدة. ويوضح **الشكل 2–3** دورة الخلية.

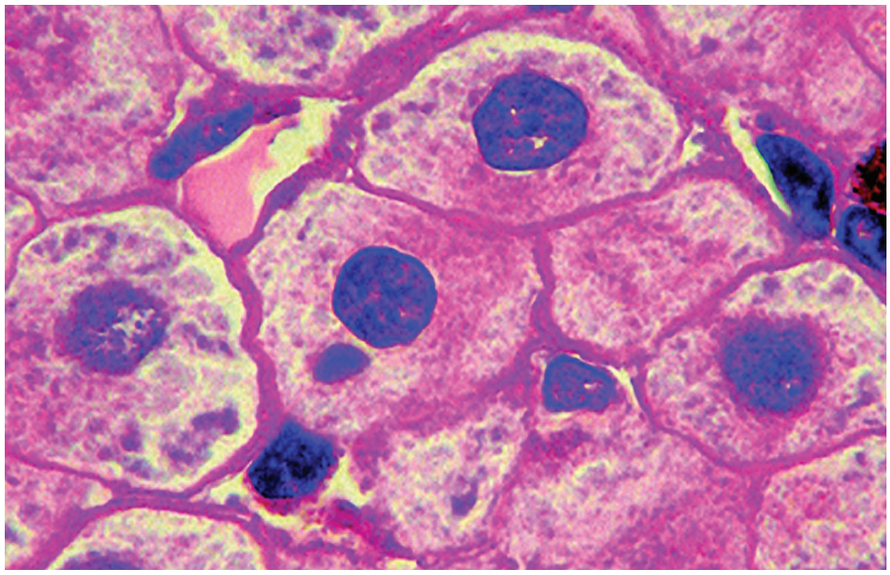
تمر دورة الخلية بثلاث مراحل، هي: **الطور البيني** interphase، ويتضمّن نمو الخلية وقيامها بالوظائف الخلوية وتضاعف مادتها الوراثية DNA استعدادًا للمرحلة التالية من الدورة. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، **الشكل 2–3**. والمرحلة الثانية **الانقسام المتساوي** mitosis، وهو تلك المرحلة من دورة الخلية التي تنقسم فيها نواة الخلية ومادتها النووية، وتُقسم مرحلة الانقسام المتساوي إلى أربعة مراحل فرعية.

أما عملية **انقسام السيتوبلازم** – cytokinesis وهي طريقة ينقسم بها سيتوبلازم الخلية مكوِّنًا خلية جديدة– فتبدأ قبل نهاية الانقسام المتساوي.

المفردات

أصل الكلمة

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis
من الكلمة اليونانية Cyto، وتعني "الوعاء الأجوف"، و kinesis التي تعني "بدء الحركة".



الشكل 3–3 إن سبب المظهر المنقط لهذه النواة في خلية كبد الفأر هو الكروماتين، وهو المادة الوراثية في حالة ارتخاء قبل تكوّن الكروموسومات.

تختلف فترة دورة حياة الخلية، اعتمادًا على الخلية التي تنقسم؛ فبعض الخلايا الحقيقية النوى قد تكمل دورتها في ثماني دقائق، في حين تستغرق خلايا أخرى عامًا كاملاً. إلا أن معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية والنشطة تستغرق 12–24 ساعة تقريبًا لإتمام دورتها. ومن المثير للدهشة أن تعرف أن بعض خلايا جسمك تُتم دورتها في يوم واحد تقريبًا.

مراحل الطور البيني The stages of interphase تنمو الخلية في أثناء الطور البيني لتصبح خلية ناضجة ونشطة، وتتضاعف مادتها الوراثية (DNA) وتستعد للانقسام. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، **الشكل 2–3**، هي: طور النمو الأول G_1، وطور بناء S–DNA، وطور النمو الثاني G_2 .

المرحلة الفرعية الأولى من الطور البيني (G_1)، هي فترة ما بعد انقسام الخلية مباشرة. وفي هذه المرحلة تنمو الخلية، وتقوم بوظائفها الطبيعية، وتتهيأ الخلية لتضاعف DNA. وبعض الخلايا مثل الخلايا العضلية والخلايا العصبية تُنهي دورتها عند هذه المرحلة ولا تنقسم مرة أخرى.

أما المرحلة الفرعية الثانية وهي مرحلة بناء DNA أو مرحلة (S)، فهي الفترة التي تقوم فيها الخلية بنسخ مادتها الوراثية (DNA) استعدادًا لانقسام الخلية. و**الكروموسومات** chromosomes تراكيب تحوي المادة الوراثية (DNA) التي تنتقل من جيل إلى جيل آخر من الخلايا. أما **الكروماتين** chromatin فهو كمية قليلة من المادة الوراثية (DNA)، توجد في نواة الخلية. وعند صبغ الخلية في أثناء الطور البيني، تظهر النواة باللون المرقط، كما في الشكل **3–3**، وذلك نتيجة وجود خيوط فردية من الكروماتين لا تظهر بالمجهر الضوئي المركب دون صبغها.

أمّا طور النمو الثاني G_2 الذي يلي مرحلة البناء فهو الفترة التي تستعد فيها الخلية لانقسام نواتها. وفي هذا الوقت يبدأ بناء البروتين الذي يُنتج الأنيبيبات الدقيقة اللازمة لانقسام الخلية. وفي أثناء مرحلة G_2 تستعد الخلية للدخول في عملية الانقسام المتساوي، وعند إتمام هذه النشاطات تبدأ الخلية المرحلة التالية من دورة الخلية، وهي الانقسام المتساوي.

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم Mitosis and cytokinesis

تحدث مراحل الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم بعد مرحلة الطور البيني مباشرة. ففي الانقسام المتساوي تنقسم المواد النووية في الخلية وتنفصل وتنتقل إلى طرفي الخلية المتقابلين. وتنقسم الخلية في أثناء انقسام السيتوبلازم إلى خليتين جديدتين تحتويان على نوى متطابقة.

انقسام الخلايا بدائية النوى Prokaryotic cell division تمر الخلايا حقيقية النوى بدورة الخلية حتى تتكاثر، أما الخلايا بدائية النوى فتتكاثر بطريقة تسمى الانشطار الثنائي.

التقويم 1-3

الخلاصة

- نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصف مساحة الغشاء البلازمي إلى حجم الخلية.
- يحدد نقلُ المواد وتعليمات التواصل الصادرة عن النواة حجمَ الخلية.
- دورة الخلية هي عملية التكاثر الخلوي.
- تقضي الخلية معظم حياتها في الطور البيني.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اربط** حجم الخلية مع وظائفها، ثم فسّر كيف أن حجم الخلية محدد؟
2. **لخّص** المراحل الرئيسة في دورة الخلية.
3. **صف** ما يحدث للمادة الوراثية DNA في أثناء مرحلة بناء DNA –مرحلة (S) – من الطور البيني.
4. **ارسم** شكلاً تخطيطيًّا لمراحل دورة الخلية، وصف ما يحدث في كل منها.

التفكير الناقد

5. **كوِّن فرضية.** ماذا يحدث إذا تمكنت خلية كبيرة من الانقسام، على الرغم من نموها إلى ما يفوق حجمها المثالي؟
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كان مكعب طول أحد جوانبه 5 µm يمثل خلية فاحسب نسبة مساحة سطحه إلى حجمه، ثم فسر هل يعد هذا الحجم مناسبًا للخلية أم لا؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-2

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم
Mitosis and Cytokinesis

الأهداف
- **تصف** أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
- **تَشرح** عملية انقسام السيتوبلازم.

مراجعة المفردات
دورة الحياة: تسلسل مراحل النمو التي يمر بها المخلوق الحي خلال حياته.

المفردات الجديدة
الطور التمهيدي
الكروماتيد الشقيق
السنترومير
الجهاز المغزلي
الطور الاستوائي
الطور الانفصالي
الطور النهائي

الفكرة الرئيسة **تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية حقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.**

الرَّبط مع الحياة للعديد من الأحداث المألوفة دورة في الطبيعة. ويعد كل من تعاقب الليل والنهار، وتغير الفصول عامًا بعد عام وظهور المذنبات في الفضاء، أمثلة على أحداث دورية. للخلايا أيضًا أحداث دورية تتمثل في دورة نمو وتكاثر.

الانقسام المتساوي Mitosis

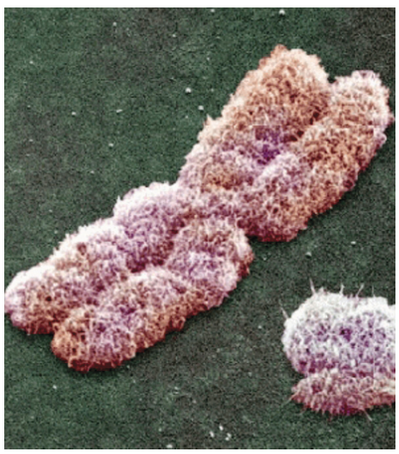
تتضمن دورة الخلية الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وفي أثناء الانقسام المتساوي تنفصل المادة الوراثية المتضاعفة وتصبح الخلية جاهزة للانقسام إلى خليتين. ويعد انفصال مادة DNA المتضاعفة العاملَ الأساسي في الانقسام المتساوي، فهذا يسمح للمعلومات الوراثية في الخلية بالانتقال إلى الخلايا الجديدة المتلاصقة، وينتج خليتين متطابقتين وراثيًا. تستعمل المخلوقات الحية العديدة الخلايا عملية الانقسام المتساوي لزيادة عدد الخلايا خلال نموها، ولتعويض الخلايا التالفة. هل تذكر أنك جرحت يومًا؟ تنقسم خلايا الجلد عند الجرح نتيجة الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم لتكوين خلايا جلد جديدة تملأ الفراغ الذي سبّبه الجرح للجلد.

مراحل الانقسام المتساوي The Stages of Mitosis

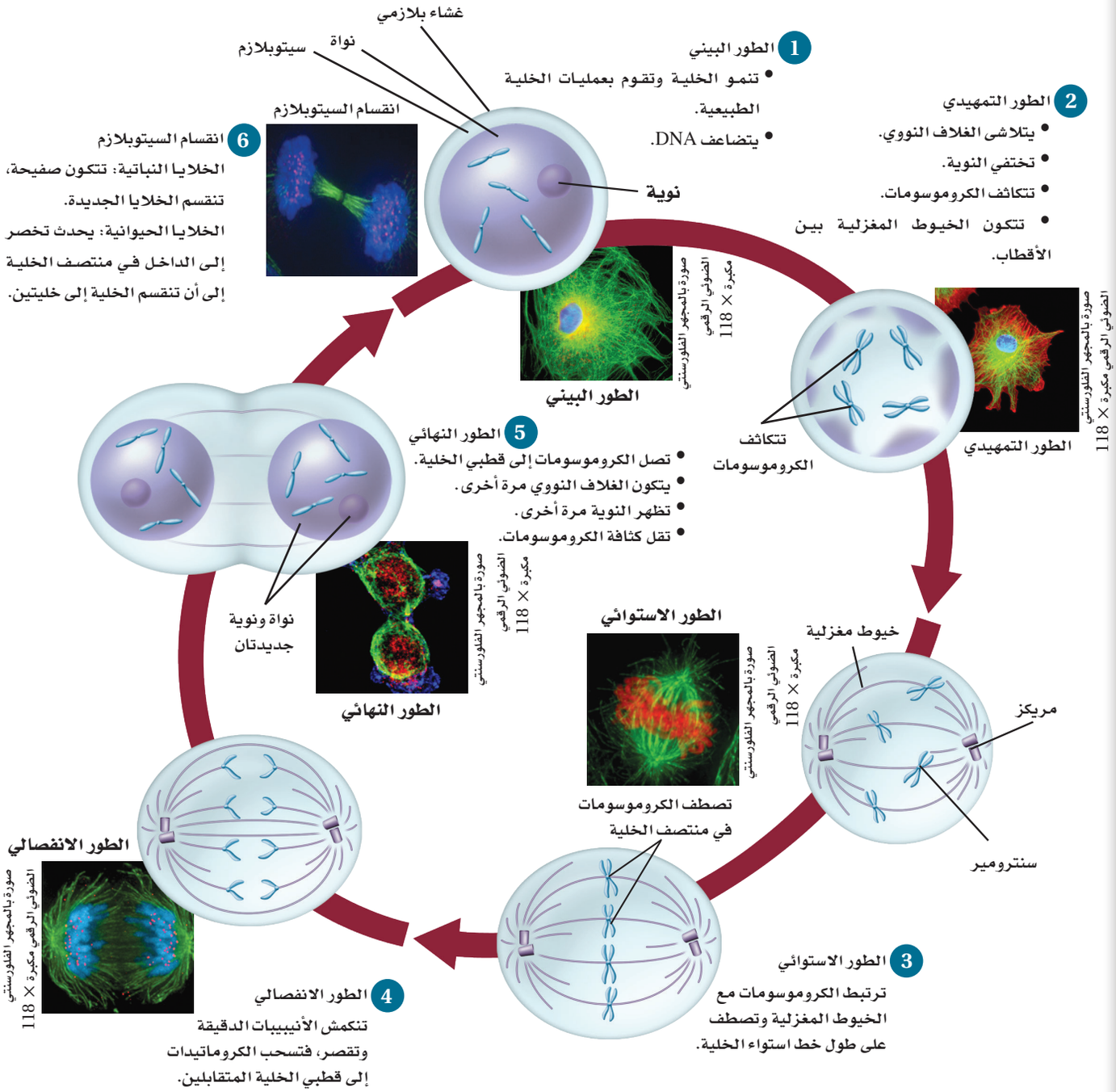
الطور التمهيدي Prophase تسمى المرحلة الأولى من الانقسام المتساوي **الطور التمهيدي** prophase – الطور الأطول. يرتبط كروماتين الخلية بعضه مع بعض في هذا الطور وتتكثف إلى كروموسومات في صورة حرف X، **الشكل 3-3**. وفي هذه الحالة يكون كل كروموسوم على شكل تركيب مفرد يحوي المادة الوراثية التي سبق أن تضاعفت في الطور البيني. وكل نصف من الكروموسوم يسمى الكروماتيد الشقيق. و**الكروماتيدات الشقيقة** sister chromatids تراكيب تحوي نُسخًا متطابقة من DNA. أما التركيب الذي في منتصف الكروموسوم والذي يربط الكروماتيدات الشقيقة بعضها مع بعض فيسمى **السنترومير** centromere ، وهو تركيب مهم؛ لأنه يضمن انتقال نسخة كاملة من DNA المتضاعف إلى الخلايا الجديدة في نهاية دورة الخلية. حدّد الطور التمهيدي في **الشكل 4-3**، ثم تتبع الكروماتيدات خلال دورة الخلية.

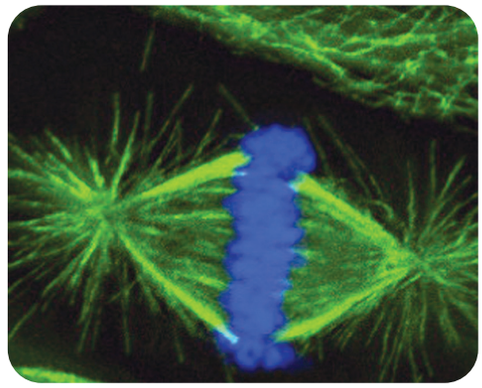
ماذا قرأت؟ **قارن** بين الحدث الرئيس في الطور البيني والحدث الرئيس في الانقسام المتساوي.

■ **الشكل 4-3** الكروموسومات في الطور التمهيدي هي كروماتيدات شقيقة يرتبط بعضها مع بعض في نقطة مركزية تسمى السنترومير.

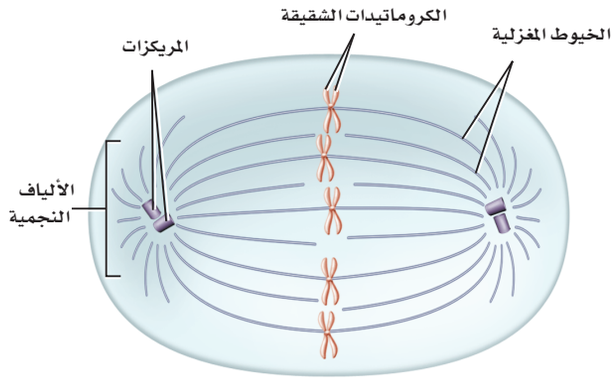


■ **الشـكل 5–3** تبدأ دورة الخلية بالطور البيني، يتبعه الانقسـام المتسـاوي الذي يحدث في أربعة مراحل، هي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي. يتبع الانقسام المتساوي انقسام السيتوبلازم. وتتكرر دورة الخلية مع كل خلية جديدة.





صورة بالمجهر الضوئي المركب: التكبير × 100



مع استمرار الطور التمهيدي تختفي النوية، ويبدأ تكوين تراكيب خاصة من الأنيبيبات الدقيقة في السيتوبلازم تسمى الخيوط المغزلية. ويوجد زوج آخر من الأنيبيبات الدقيقة في الخلايا الحيوانية وبعض خلايا الطلائعيات تسمى المريكزات التي تنتقل إلى قطبي الخلية، ومنها يخرج نوع آخر من الأنيبيبات الدقيقة يسمى الخيوط (الألياف) النجمية التي لها شكل يشبه النجم. ويسمى التركيب الكلي الذي يضم الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية **الجهاز المغزلي** spindle fibers، كما في **الشكل 5–3**. وللجهاز المغزلي أهمية كبرى في حركة الكروموسومات وتنظيمها قبل انقسام الخلية. والمريكزات ليست جزءًا من الجهاز المغزلي في الخلايا النباتية.

يختفي الغلاف النووي عند نهاية الطور التمهيدي. وترتبط الخيوط المغزلية مع الكروماتيدات الشقيقة في كل كروموسوم على جانبي السنترومير من جهة، وبأقطاب الخلية المتقابلة من جهة أخرى، وهذا الترتيب يضمن حصول كل خلية جديدة على نسخة كاملة من المادة الوراثية DNA.

الشكل 6–3 يتكون الجهاز المغزلي في الخلايا الحيوانية من الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية.

المطويات

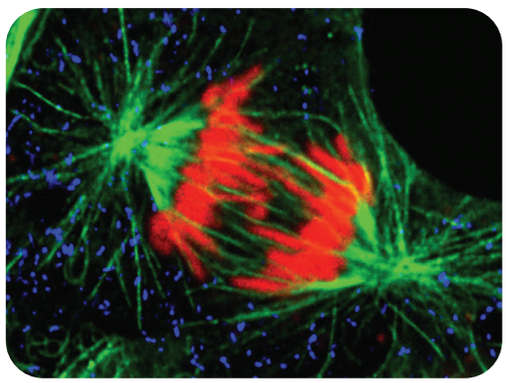
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

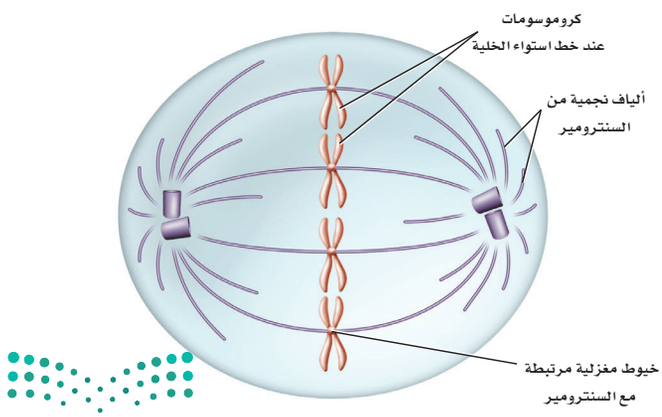
الطور الاستوائي Metaphase خلال **الطور الاستوائي** metaphase ، وهو الطور الثاني من الانقسام المتساوي، يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بواسطة بروتينات حركية على طول الجهاز المغزلي في اتجاه مركز الخلية ثم اصطفافها وترتيبها في الوسط، أو على خط استواء الخلية، كما في **الشكل 6–3**.

الشكل 7–3 خلال الطور الاستوائي تترتب الكروموسومات على طول خط استواء الخلية.

استنتج. لماذا تصطف الكروموسومات على طول خط استواء الخلية؟

صورة بالمجهر الضوئي المركب: التكبير × 450





ويعـد الطور الاسـتوائي من أقصر الأطوار في الانقسـام المتسـاوي، إلا أنه عندما ينتهي بنجاح فإنه يضمن حصول الخلايا الجديدة على نسـخ سـليمة من الكروموسومات.

الطور الانفصالي Anaphase يتم سـحب الكروماتيدات وتباعد بعضها عن بعض في **الطور الانفصالـي** anaphase، أيْ في المرحلة الثالثة من الانقسـام المتسـاوي. وفي هذا الطور تقصر أنيبيبات الجهاز المغزلي الدقيقة، مما يؤدي إلى سـحب الكروماتيدات الشقيقة من منطقة السنترومير، ومن ثم انفصالها إلى كروموسومين متطابقين. تنفصل جميع الكروماتيدات الشقيقة في الوقت نفسه، ولـم يتم التوصل بعد إلى الآلية التي تتحكم في هـذه العملية. وفي نهاية الطور الانفصالي تقوم الأنيبيبات الدقيقة بمسـاعدة البروتينات الحركية على سـحب الكروموسومات في اتجاه أقطاب الخلية.

تجربة علمية

ما المدة الزمنية لكل طور في دورة الخلية؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

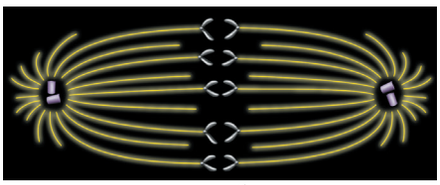
مختبر تحليل البيانات 1-3

بناءً على بيانات حقيقية

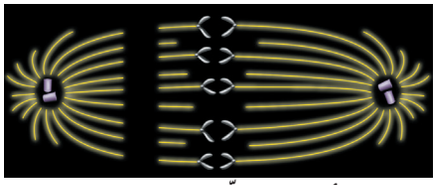
توقع النتائج

مـاذا يحدث للأنيبيبات الدقيقة؟ يجري العلماء تجارب لتتبع الكروموسـومات على طول الأنيبيبات الدقيقة في أثناء الانقسـام المتسـاوي؛ فهم يفترضون تحلل الأنيبيبات الدقيقة وإنتاج وحدات من الأنيبيبات الفرعية خلال حركة الكروموسومات نحو أقطاب الخلية. وفي هذه التجربة، وضعت إشـارة على الأنيبيبات الدقيقة بواسطة صبغة صفراء مشعّة، وتحديد موقع هذه الصبغة بين القطبين والكروموسـومات باستخدام الليزر بإزالة المادة المشعة من المناطق المستهدفة، كما في الشكل.

البيانات والملاحظات



أنيبيبات معلّمة بالفوسفور



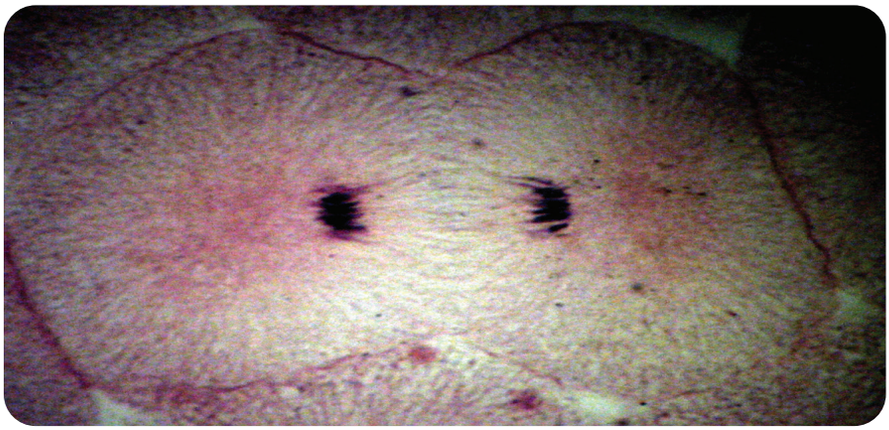
أنيبيبات معلّمة بالليزر

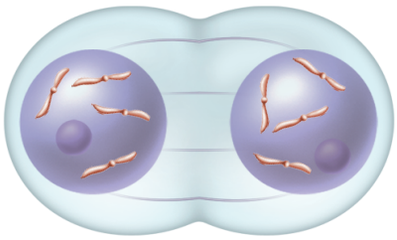
التفكير الناقد

1. **اشرح.** ما الهدف من استخدام الصبغة المشعّة؟
2. **توقّع.** ارسم شكلاً يبين كيف تظهر الخلية في الطور الانفصالي.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Maddox, P., et al. 2003. Direct observation of microtubule dynamics at kineto–chores in *Xenopus* extract spindles: implications for spindle mechanics. The *Journal of Cell Biology* 162: 377–382. Maddox, et al. 2004. Controlled ablations of microtubules using picosecond laser. *Biophysics Journal* 87: 4203–4212.





■ **الشـكل 8–3** في نهاية الطـور النهائي يكتمـل تضاعف المـادة الوراثيـة في الخلية وتقسـيمها إلى كتلتين، ولكن لم تنقسم الخلية تمامًا بعد.

الطور النهائي Telophase تسـمى المرحلة النهائية من الانقسام المتساوي **الطور النهائـي** telophase . وفي أثناء هذا الطور تصل الكروموسـومات إلى أقطاب الخليـة وتصبح أقل كثافة وترتخي، كما في **الشـكل 7–3**، ويبدأ تكوّن غشاءين نوويين جديدين، وتبدأ النويات في الظهور، ويتحلل الجهاز المغزلي، وتُعيـد الخلية تدوير بعض الأنيبيبـات الدقيقة لبناء أجـزاء متنوعة من الهيكل الخلوي. وعلى الرغم من انتهاء المراحل الأربع من الانقسام المتساوي وانقسام المادة النووية، إلا أن عملية انقسام الخلية لم تكتمل بعد.

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis

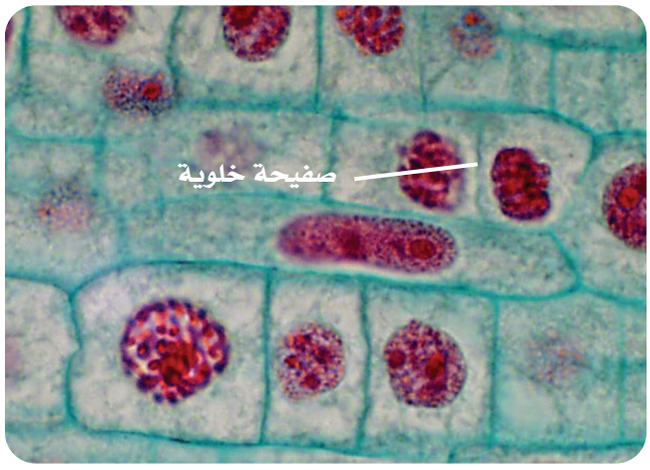
تبدأ الخلية عند انتهاء الانقسام المتساوي عمليةً أخرى تسمى انقسام السيتوبلازم، تؤدي إلى انقسـام السـيتوبلازم، فينتج عن ذلك خليتان تحتويـان على نواتين متطابقتين. في الخلايا الحيوانية يحدث انقسام السيتوبلازم من خلال الأنيبيبات الدقيقة التي تضغط على السيتوبلازم. كما في **الشكل 8–3**، ويسمى مكان ضغط السيتوبلازم التخصُّرَ.

■ **الشكل 9–3**

يمين: في الخلية النباتيـة: تبني الخلايا النباتية صفيحـة خلوية تَقسـم الخليـة إلى خليتين جديدتين.

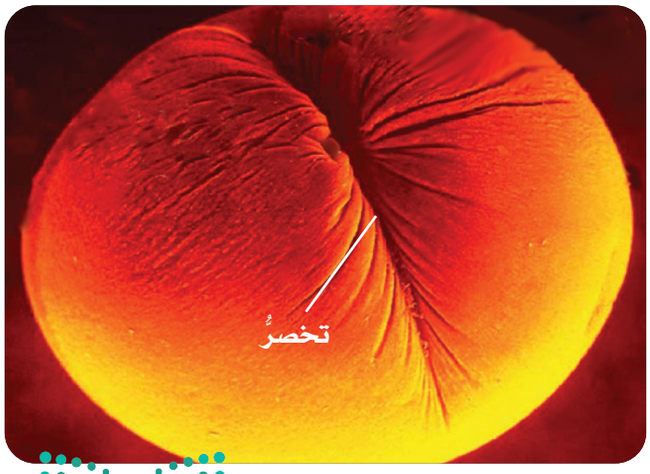
يسـار: في الخليـة الحيوانيـة: يبدأ انقسـام السـيتوبلازم بتخصُّر يفصل الخلية في النهاية إلى خليتين.

خلايا نباتية



صورة بالمجهر المركب مصبوغة: التكبير × 1000

خلية حيوانية



صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح

تتميز الخلايا النباتيــة بوجود جدار صلب يغطي غشــاءها البلازمي. فبدلاً من تخصُّر الخلية تتكون الصفيحة الخلوية (الصفيحة الوســطى)، بين نوى الخلايا الجديدة، **الشكل 9-3**. ثم تتكون الجُدر الخلوية على جانبي الصفيحة الخلوية، وبمجرد اكتمال الجدار الخلوي الجديد تنتج خليتان متطابقتان وراثيًّا.

الخلايا البدائية النواة التي تنقســم بالانشــطار الثنائي، تنقســم بطريقة مختلفة، فعندما تتضاعف مادتها الوراثية تلتصق كلتا النســختين بالغشاء البلازمي، وبعد أن ينمو الغشاء البلازمي يتم ســحب جزيئات DNA الملتصقة به بعيدًا. وعندما يكتمل انشطار الخلية تنتج خليتان جديدتان متطابقتان.

التقويم 3-2

الخلاصة

- تحدث عملية الانقسام المتساوي عندما ينقسم DNA المتضاعف.
- تتضمن مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي، والنهائي.
- ينتج عن عملية انقسام السيتوبلازم خلايا جديدة متطابقة وراثيًّا.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اشرح.** لماذا لا ينتج عن الانقسام المتساوي خلايا جديدة متشابهة في الصفات؟
2. **صِف** أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
3. **ارسم وسمِّ** أجزاء كروموسوم في الطور التمهيدي.
4. **حدّد** مرحلة الانقسام المتساوي التي تقضي فيها الخلية أطول حياتها.
5. **قارن** بين انقسام السيتوبلازم في خلية نباتية وخلية حيوانية.

التفكير الناقد

6. **كوّن فرضية.** ماذا يحدث إذا حقنت خلية بدواءٍ ما يمنع الأنيبيبات الدقيقة من الحركة ولا يؤثر في انقسام السيتوبلازم؟
7. الرياضيات في علم الأحياء إذا أتمت خلية نباتية دورتها في 24 ساعة، فما عدد الخلايا التي تنتجها في أسبوع؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-3

تنظيم دورة الخلية
Cell Cycle Regulation

الأهداف

- **تلخّص** دور البروتينات الحلقية في التحكم في دورة الخلية.
- **تشرح** كيف يرتبط مرض السرطان بدورة الخلية.
- **تصف** أهمية موت الخلية المبرمج.
- **تلخّص** نوعي الخلايا الجذعية واستخداماتهما المحتملة.

مراجعة المفردات

النيوكليوتيد: وحدة أساسية تكوّن جزيئات DNA و RNA.

المفردات الجديدة

البروتين الحلقي
الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي
السرطان
المُسرطن
موت الخلية المبرمج
الخلية الجذعية

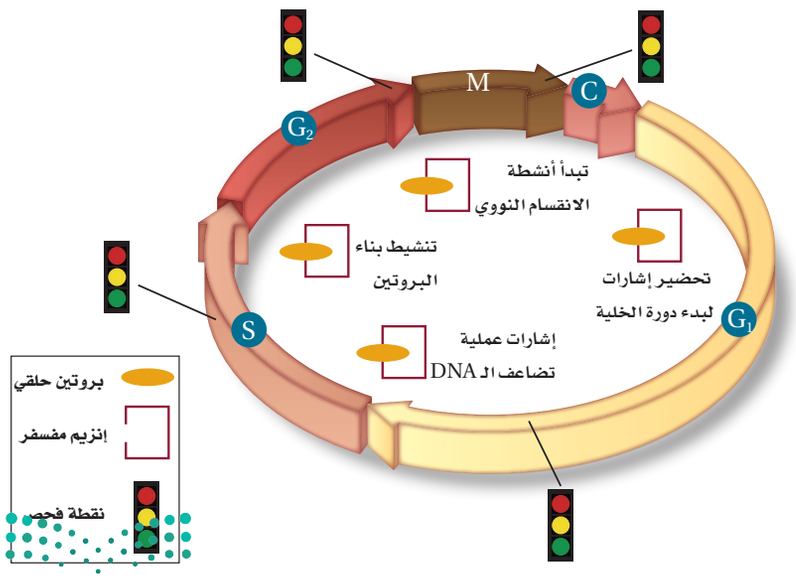
الفكرة الرئيسة **تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.**

الربط مع الحياة قد تتعدد المنازل والبنايات التي تُبنى على تصميم متماثل، إلا أن البنَّاء وفريق العمل الذي يعمل معه يعتمد دائمًا على التعليمات في المخطط أو برنامج العمل، وكذلك الخلايا لديها تعليمات محددة لإكمال دورة الخلية.

دورة الخلية الطبيعية Normal Cell Cycle

إن وقت انقسام الخلية ومعدله ضروريان جدًّا لصحة المخلوق الحي؛ حيث يختلف معدل انقسام الخلية بناءً على نوعها. ويتحكم في دورة الخلية آلية تتضمن بروتينات وإنزيمات خاصة.

دور البروتينات الحلقية (السايكلينات) The role of cyclins لكي تشغّل السيارة تحتاج إلى استعمال المفتاح لِترسل إشارة إلى المحرك لبدء التشغيل. وكذلك دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى؛ حيث يتم تنشيطها بارتباط مادتين ترسلان إشارة لبدء عملية التكاثر الخلوي. ترتبط بروتينات تسمى **البروتينات الحلقية** cyclins مع إنزيم يسمى **الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي** (CDK) cyclin dependent kinase في الطور البيني والانقسام المتساوي لبدء النشاطات المختلفة التي تحدث في دورة الخلية. ويسيطر ارتباط مجموعات مختلفة من البروتين الحلقي وإنزيم CDK على نشاطات متنوعة في مراحل مختلفة من دورة الخلية. ويمثل **الشكل 10–3** نشاط بعض هذه المجموعات المهمة.



الشكل 10–3 تسمح الجزيئات المسؤولة عن إرسال الإشارات المكونة من البروتين الحلقي المرتبط مع إنزيم CDK، ببدء دورة الخلية ثم دخولها في الانقسام المتساوي. وهناك نقاط فحص خاصة تراقب حدوث الأخطاء المحتملة في دورة الخلية وتستطيع إيقاف الدورة في حال حدوث خطأ ما.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

فني ضبط نوعية الأدوية

Pharmaceutical QC Technician

تمر عمليات تصنيع المنتجات الحيوية عبر نقاط سيطرة لضبط النوعية، كما تمر في ذلك دورة الخلية تمامًا. يستخدم فني ضبط النوعية في شركات التصنيع علومًا مختلفة ومهارات رياضية لمراقبة العمليات من أجل ضمان نوعية المنتج.

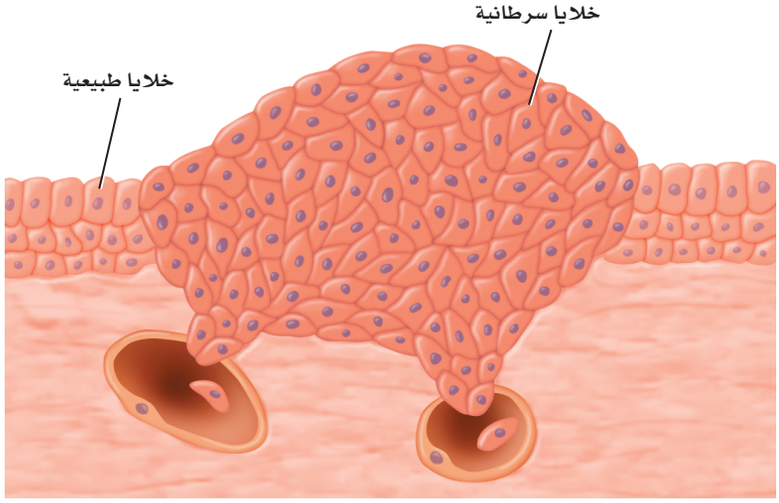
وفي طور النمو الأول (G_1) من الطور البيني ينشأ عن ارتباط البروتين الحلقي و CDK إشارة لبدء دورة الخلية، في حين ينشأ عن أنواع مختلفة من هذه الارتباطات إشارة لبدء أنشطة أخرى تشمل تضاعف DNA، وبناء البروتين والانقسام النووي في أثناء دورة الخلية. وترسل المجموعة نفسها (البروتين الحلقي/ CDK) إشارة أيضًا لإنهاء دورة الخلية.

نقاط السيطرة لضبط النوعية Quality Control Checkpoints

يستخدم العديد من مُصنّعي السيارات رقاقة صغيرة خاصة في المفتاح لضمان تشغيل كل سيارة بمفتاح محدد، وهذا يعد نقطة سيطرة تمنع تعرض السيارة للسرقة. كذلك تحتوي دورة الخلية على نقاط سيطرة تتابع دورة الخلية ويمكن أن توقفها إذا حدث خطأ ما. فمثلاً، نقطة السيطرة الموجودة في نهاية المرحلة G_1 تراقب أي تلف يحدث في DNA، وقد توقف الدورة قبل دخولها مرحلة البناء S من الطور البيني. وهناك نقاط سيطرة أخرى لضبط النوعية في أثناء المرحلة S، وبعد تضاعف DNA في المرحلة G_2، بالإضافة إلى نقطة سيطرة في أثناء تكوين الخيوط المغزلية خلال الانقسام المتساوي. فإذا تم الكشف عن خلل أو فشل في الخيوط المغزلية فقد يتم إيقاف الدورة قبل عملية انقسام السيتوبلازم، انظر **الشكل 10–3**.

دورة الخلية غير الطبيعية: مرض السرطان
Abnormal Cell Cycle: Cancer

الربط مع الصحة على الرغم من وجود نظام نقاط فحص لضبط النوعية في دورة الخلية، وهو نظام معقد إلا أنه قد يفشل أحيانًا. فعندما لا تستجيب الخلايا للآليات التي تسيطر على دورة الخلية الطبيعية ينتج خلل يسمى **السرطان** cancer، وهو نمو الخلايا وانقسامها بشكل غير منتظم – أيْ فشل في تنظيم دورة الخلية. وعدم الكشف عن هذا الخطأ يؤدي بالخلايا السرطانية إلى قتل المخلوق الحي من خلال الضغط على الخلايا الطبيعية ومزاحمتها، وهذا يؤدي إلى فقدان النسيج لوظيفته. تقضي الخلايا السرطانية وقتًا أقل في الطور البيني مقارنة بالخلايا الطبيعية، وهذا يعني أنها تنمو وتنقسم بصورة عشوائية وغير منظمة طوال فترة تزوُّدها بالمواد المغذية الضرورية. ويبين **الشكل 11–3** مزاحمة خلايا سرطانية لخلايا طبيعية.



■ **الشكل 11–3** يمكن للطبيب المختص أن يحدد الخلايا السرطانية نتيجة شكلها غير الطبيعي وغير المنتظم، مقارنة بالخلايا الطبيعية. وإذا لم يتم الكشف عنه، فإن الورم السرطاني ينمو إلى درجة قد تقتل المخلوق الحي.

أسباب مرض السرطان Causes of cancer

لا يحدث السرطان في المخلوقات الحية الضعيفة فقط، بل يحدث أيضًا في المخلوقات الحية اليافعة والنشطة والسليمة أيضًا.

وتعد التغيرات التي تحدث في أثناء تنظيم نمو وانقسام الخلايا السرطانية إلى الطفرات أو التغيرات في قطع من DNA التي تسيطر على إنتاج البروتينات، ومنها البروتينات التي تنظم دورة الخلية. وعادة ما يتم إصلاح التغيرات الجينية أو التلف الذي يحدث، بأنظمة إصلاح مختلفة. ولكن إذا فشل نظام الإصلاح تكون النتيجة تكوُّن الخلايا السرطانية.

وهناك عوامل بيئية مختلفة قد تؤثر في حدوث مرض السرطان. وتسمى المواد والعوامل التي تسبب مرض السرطان **المسرطنات** carcinogens.

على الرغم من عدم قدرتنا على الوقاية من بعض أمراض السرطان أو منعها، إلا أن تجنب التعرض للمواد المسرطنة يساعد على التقليل من خطر الإصابة بهذا المرض. ويتطلب ذلك وضع ملصقات تحذير على المنتجات التي قد تحوي مواد مُسرطنة. كما تحمي القوانين الصناعية الأفراد من التعرض للمواد الكيميائية المسببة للسرطان، مثل الأسبست، في أماكن العمل. وقد أزيل الأسبست مثلًا من مبانٍ قديمة لحماية الذين يعيشون ويعملون فيها. كما أن تجنب التدخين بأنواعه قد يقلل من خطر الإصابة بمرض السرطان.

يصعب تجنب بعض الإشعاعات ومنها الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، على نحوٍ كامل، وهناك علاقة بين كمية الأشعة فوق البنفسجية التي يتعرض لها الإنسان وبين خطر الإصابة بسرطان الجلد.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

تجربة 2 - 3

المقارنة بين المستحضرات الواقية من أشعة الشمس

هل تقي مستحضرات الوقاية فعلاً من أشعة الشمس؟ تحوي المستحضرات الواقية من أشعة الشمس مركبات مختلفة ومتنوعة تمتص الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس؛ حيث ترتبط الأشعة فوق البنفسجية UVB بطفرات الـ DNA التي قد تؤدي إلى حدوث سرطان الجلد. وستعرف مدى فاعلية هذه المستحضرات في الوقاية من أشعة الشمس.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر أحد **مستحضرات الوقاية** التي زودك بها المعلم، وسجل المحتويات الفاعلة ومعامل الحماية من الشمس SPF على ورقة بيانات.
3. احصل على **قطعتين من مادة تغليف بلاستيكية**، وارسم على إحداهما **بقلم التخطيط** دائرتين متباعدتين، ثم ضع نقطة من المستحضر الواقي في منتصف إحدى الدائرتين، ونقطة أخرى من مادة **أكسيد الخارصين** في منتصف الدائرة الثانية.
4. ضع القطعة الأخرى من مادة التغليف فوق الدائرتين، ووزع المادتين بالضغط عليهما بواسطة الكتاب.
5. خذ قطعة من **ورق حساس للشمس** وقطعتي التغليف إلى منطقة مُشمسة، واكشف بسرعة عن الورقة الحساسة، وضع قطعتي التغليف فوقها، ثم عرضها لضوء الشمس.
6. انقل الورقة من المنطقة المشمسة، بعد تعرضها للشمس مدة 5–1 دقائق، وادرس التغيرات فيها بناءً على التعليمات.

التحليل

1. **التفكير الناقد.** لماذا قارنت المستحضر الواقي للشمس بأكسيد الخارصين؟
2. **استخلص النتائج.** بعد فحص الورق الحساس للشمس لجميع زملائك في الصف، تُرى أي المستحضرات الواقية يمنع حدوث طفرات الـ DNA ؟

لذا يُنصح الأشـخاص الذين يتعرضون لأشعة الشمس باستخدام المستحضرات التي تقي من أشـعتها. وتعد الأشعة السينية شكلًا آخر من الإشعاعات التي تسبب السرطان، وتُستخدم في الأغراض الطبية، ومنها الكشف عن عظم مكسور أو نخرٍ في الأسنان. وللحماية من التعرض لهذه الأشعة يجب ارتداء معطف من الرصاص الثقيل عند أخذ الصورة الإشعاعية.

ومن هنا أنشئت الهيئة العامة السـعودية للغذاء والدواء لتحقيق الأهداف الرئيسة الآتية: سـلامة ومأمونية وفاعلية الغذاء والدواء للإنسـان والحيـوان، ومأمونية المستحضرات الحيوية والكيميائية التكميلية ومستحضرات التجميل والمبيدات، وسلامة المنتجات الإلكترونية من التأثير على الصحة العامة، ودقة معايير الأجهزة الطبية والتشخيصية وسـلامتها، ووضع السياسات والإجراءات الواضحة للغذاء والدواء والتخطيط لتحقيق هذه السياسات وتفعيلها، وإجراء البحوث والدراسات التطبيقية لتعرّف المشكلات الصحية وأسـبابها وتحديد آثارها بما في ذلك طرق وتقويم البحوث، فضلاً عن وضع قاعدة علمية يُستفاد منها في الأغراض التثقيفية والخدمات الاستشارية والبرامج التنفيذية في مجالي الغذاء والدواء.

وراثـة السـرطان Cancer genetics يتطلـب تحويـل الخلايا غير الطبيعية إلى خلايا سـرطانية أكثر من تغير واحد في المـادة الوراثية DNA. وبمرور الزمن يصبح من الممكن حدوث تغيرات عدة في DNA، وهذا يفسـر سبب زيادة خطر الإصابة بالسـرطان مع تقدم العمر. وتفسـر حقيقة حدوث تغيرات متعددة سبب تكرار الإصابة بالسـرطان في بعض العائلات. فالفرد الـذي يرث تغيرًا واحدًا أو أكثر من أحد والديه معرض لخطر الإصابة بالسـرطان بنسـبة أعلى من الشخص الذي لا يرث هذه التغيرات.

موت الخلية المبرمج Apoptosis

لا تعيـش كل الخلايا الناتجة عن الانقسـامات؛ حيث تمر بعـض الخلايا بعملية تسمى **موت الخلية المبرمج** apoptosis. تنكمش الخلايا التي تمر بعملية الموت المبرمج، وتتقلـص ضمن عملية منظمـة. وتتم هذه العملية فـي جميع الخلايا الحيوانية والنباتية.

ومن أمثلة الموت المبرمج نمو يد الإنسـان أو قدمه. فعندما تبدأ اليدان أو القدمان فـي النمو تحتل الخلايا الفراغات بين أصابـع اليدين وأصابع القدمين، ويمر هذا النسـيج بعملية الموت المبرمـج طبيعيًّا. ومع موت الخلايا فـي الوقت الملائم لا يتكون النسيج في المخلوق المكتمل النمو.

ومن الأمثلة على الموت المبرمـج للخلية في النباتات موت الخلايا ؛ حيث ينتج عنه تسـاقط أوراق الأشـجار في فصل الخريف، كما يحدث المـوت المبرمج للخلايـا التي تتلف وتصبح غير قابلة للإصـلاح، ومنها الخلايا التي تتلف مادتها الوراثية التي قد تؤدي إلى حدوث السرطان. ويساعد الموت المبرمج للخلية على حماية المخلوقات الحية من نمو الخلايا السرطانية.

الربط مع رؤية 2030
رؤيـة VISION 2030
المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA
وطن طموح
من أهداف الرؤية :
5-2-5 الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة للمواطنين.

King Faisal PRIZE

منح الأستاذ الدكتور ستيفن جاكسون جائزة الملـك فيصل فرع / العلوم عام ١٤٣٧ هـ فـي مجـال علـم الحيـاة، لإسـهاماته المتميزة فـي التعرف على الصلـة بين آليـات اضطـراب الجينوم وعلاقة ذلك بمرض السـرطان، وبصفة خاصة اسـتطاع أن يكتشـف العوامل الجزيئية لإصلاح الحمض النووي.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

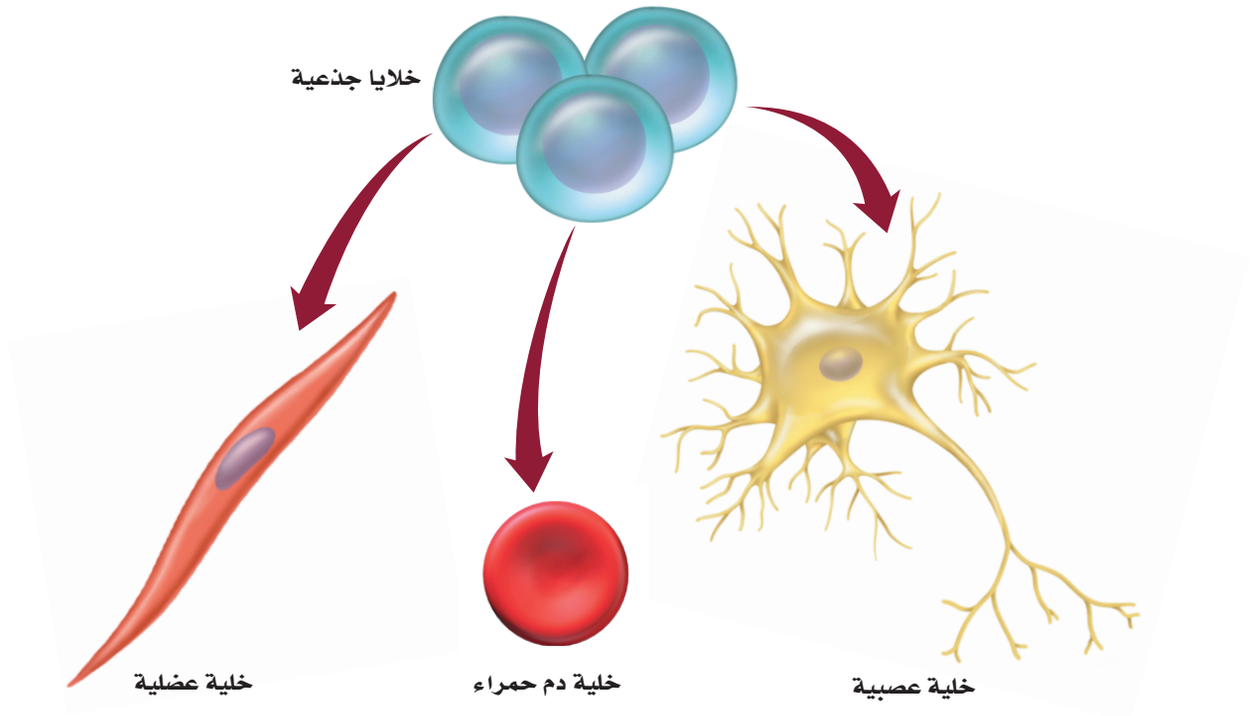
***الوراثة* Inheritance**

الاسـتعمال العلمي انتقـال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسـطة DNA.

تركيـب جسـم الشـخص وملامح وجهه نتيجة لوراثة الصفات.

الاسـتعمال الشـائع إعطـاء ممتلكات المتوفَّى لأفراد العائلة الذين ما زالوا على قيد الحياة.

ورث أحمد البيت عن والده.



الخلايا الجذعية Stem Cells

إن معظم الخلايا في المخلوق الحي العديد الخلايا تؤدي وظائف متخصصة. وقد يكون بعض هذه الخلايا جزءًا من جلدك، وبعضها الآخر جزءًا من قلبك. ففي عام 1998م اكتشف العلماء طريقة لعزل نوع فريد من الخلايا في الإنسان تُسمى **الخلايا الجذعية** stem cells ، وهي خلايا غير متخصصة تنمو لتصبح خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة، **الشكل 12–6**، حيث يمكن للخلايا الجذعية أن تبقى في المخلوق الحي سنوات عديدة وهي تنقسم.

وهناك نوعان رئيسان من الخلايا الجذعية، هما: الخلايا الجذعية الجنينية، والخلايا الجذعية المكتملة النمو.

الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cells بعد تلقيح الحيوان المنوي للبويضة تنقسم كتلة الخلايا الناتجة باستمرار إلى أن يُصبح عددها 150–100 خلية تقريبًا. وهذه الخلايا غير متخصصة وتسمى الخلايا الجذعية الجنينية. وحين تفصل كل واحدة من هذه الخلايا بعضها عن بعض، تكون قادرة على النمو إلى مجموعة كبيرة من الخلايا المتخصصة، وإذا استمر الجنين في الانقسام فإن الخلايا تتخصص إلى أنسجة وأعضاء وأجهزة مختلفة. وقد أثارت أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية الكثير من الجدل بسبب اعتبارات أخلاقية حول مصدر هذه الخلايا.

الخلايا الجذعية المكتملة النمو Adult stem cells يوجد النوع الثاني من الخلايا الجذعية، أو الخلايا الجذعية المكتملة النمو في أنسجة متنوعة من جسم الإنسان، وقد تستخدم في الحفاظ على النسيج الذي توجد فيه أو إصلاحه. وقد يصبح مصطلح الخلايا الجذعية المكتملة النمو مضلِّلاً في بعض الأحيان؛ لأن المولود الجديد لديه خلايا جذعية مكتملة النمو أيضًا.

■ **الشكل 12–6** لما كانت الخلايا الجذعية غير موجهة لأن تصبح نوع محدد من الخلايا فإنها قد تصبح الأساس في علاج العديد من الحالات المرضية والتشوهات الوراثية.

استنتج. كيف تستخدم الخلايا الجذعية في محاولات علاج عصب متضرر؟

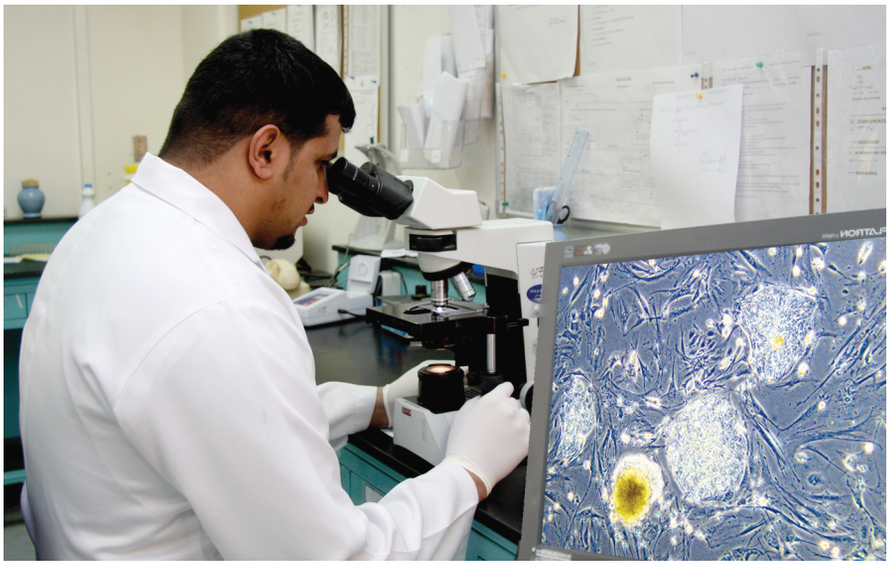
المفردات

مفردات أكاديمية

مكتمل النمو Mature

الوصول إلى نمو طبيعي كامل.

بعد الانقسام المتساوي، يجب أن يكتمل نمو الخلايا الجديدة قبل أن تنقسم مرة أخرى.



الشـكل 13–3 أدت الأبحـاث التي أُجريت على الخلايـا الجذعية إلى تقدم علاج العديد من الإصابات والأمراض.

وكما في الخلايا الجذعية الجنينية فإن بعض أنـواع الخلايا الجذعية المكتملة النمـو يمكن أن تنمو إلى أنـواع مختلفة من الخلايا، فتوفـر علاجًا للعديد من الأمراض والحالات الطبية.

في عام 1999م استخدم باحثون خلايا جذعية عصبية لعلاج نسيج دماغي تالف في الفئران. وفي عام 2000م قام فريق آخر من الباحثين باستخدام خلايا جذعية بنكرياسية لاستعادة وظيفة البنكرياس في فئران مصابة بالسكري. تثير الأبحاث التي تُجرى على الخلايا الجذعية البالغة، **الشـكل 13–3**، جدلاً أقل من الخلايا الجذعية الجنينية بسبب إمكانية الحصول عليها بعد موافقة المتبرعين بها.

التقويم 3-3

الخلاصة

- يتـم تنظيـم دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى بواسطة بروتينات حلقية.
- توجد نقاط فحص في معظم مراحـل دورة الخلية لضمان انقسام صحيح ودقيق للخلية.
- السرطان نمو وانقسام غير منظم وعشوائي للخلايا.
- قد تمر الخلايـا بآلية الموت المبرمج.
- الخلايا الجذعيـة خلايا غير متخصصة يمكن أن تنمو إلى خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **صِف** كيف تنظم البروتينات الحلقية دورة الخلية؟
2. **وضّح** كيف تختلـف دورة الخلية السرطانية عن دورة الخلية الطبيعية؟
3. **حدّد** ثلاث مواد مُسرطنة.
4. **قـارن** بين أوجه الاختلاف لكل من موت الخلية المبرمج والسرطان.
5. **صِفْ** تطبيقًـا محتمـلاً للخلايـا الجذعية.
6. **وضّح** الفرق بيـن الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية المكتملة النمو.

التفكير الناقد

7. **كوّن فرضية.** ما الذي قد يحدث إذا لم تمر الخلايا التي حدث فيها تلف شديد في مادتها الوراثية DNA بآلية الموت المبرمج؟
8. **الكتابـة في علم الأحياء** اكتب إعلانًا تبين فيه للناس المواد المسرطنة. اختر أحد أنواع السـرطان، واكتب حول المواد المسرطنة التي تسببه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

علم الأحياء والمجتمع

الخلايا الجذعية:

علاج الشلل

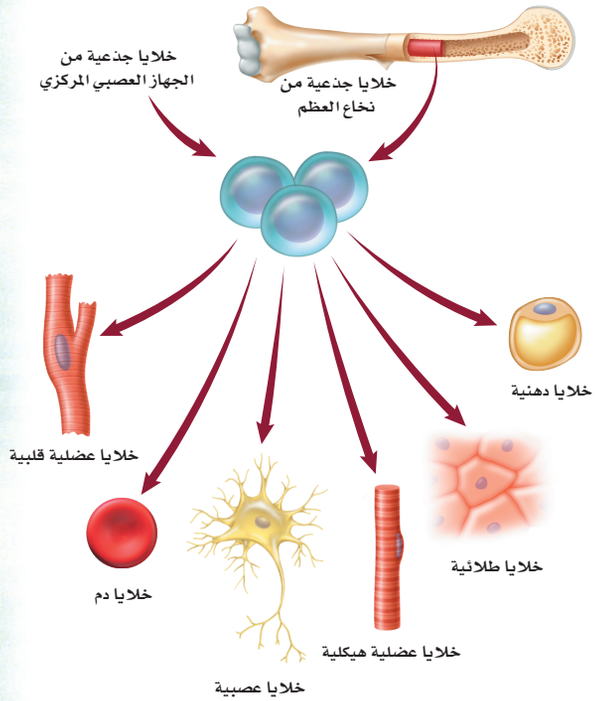
أُصيب متسابق سيارات بالشلل نتيجة تحطم سيارته. كما أُصيب مراهق بالشلل بعد قفزه في مياه ضحله. ومنذ عهد قريب، لم يكن لهؤلاء الأفراد إلا أمل ضئيل في استعادة صحتهم، إلا أن بحثًا جديدًا أُجري على الخلايا الجذعية المكتملة النمو أظهر أملاً في شفاء حالة الشلل هذه.

كيف يمكن استخدام الخلايا الجذعية؟

يحاول العلماء إيجاد طرائق لتنمية الخلايا الجذعية المكتملة النمو في أوساط زراعية وتكثيرها لإنتاج أنواع خلايا متخصصة. فمثلاً، يمكن استخدام الخلايا الجذعية في تعويض نسيج قلبي تالف بعد حدوث سكتة قلبية، وإعادة النظر إلى عين مصابة، وعلاج أمراض منها السكري، أو تعويض التالف من خلايا النخاع الشوكي للشفاء من الشلل.

الخلايا الجذعية والشلل وجد الدكتور كارلوس ليما وفريقه من الباحثين في البرتغال أن أخذ نسيج من التجويف الأنفي يُعدُّ مصدرًا غنيًّا للخلايا الجذعية المكتملة النمو. وقد تصبح هذه الخلايا الجذعية خلايا عصبية عند زراعتها في موقع إصابة الحبل الشوكي؛ حيث تحل الخلايا العصبية الجديدة محلّ الخلايا التي تعرضت للتلف أو الضرر.

وقد خضع أكثر من 40 مريضًا يعانون من الشلل نتيجة حوادث لهذا العلاج، واستعاد جميع المرضى بعض الإحساس في المناطق المشلولة من أجسامهم، واستعاد معظمهم التحكم في الحركة. ومع استمرار العلاج الطبيعي المكثف استطاع نحو 10% من المرضى المشي بمساعدة آلات داعمة مثل آلات دعم المشي والرباط. وتعد هذه أخبارًا واعدة للعديد من الأفراد الذين يواجهون المرض أو الإصابات التي حرمتهم من استخدام أجسامهم بصورة تامة.



يمكن تكثير الخلايا الجذعية التي تؤخذ من نخاع العظم أو الجهاز العصبي المركزي؛ لإنتاج العديد من أنواع الخلايا التي قد يتم زراعتها لعلاج الأمراض أو إعادة تعويض تلف الخلايا الناتج عنها.

الخلايا الجذعية والمستقبل إن العلماء متحمسون لإجراء الأبحاث الضرورية لجعل العلاج بالخلايا الجذعية المكتملة النمو جزءًا منتظمًا من العناية الصحية. فالشلل قد لا يكون مزمنًا؛ فقد تزودنا الخلايا الجذعية بالعلاج والشفاء بإذن الله تعالى.

الكتابة في علم الأحياء

نشرة أعدّ نشرة تصف فيها مزايا أبحاث الخلايا الجذعية المكتملة النمو. على أن تتضمّن النشرة طريقة البحث والعلاج، والأمثلة، وفسيولوجية الخلية، وتاريخ البحث في الخلايا الجذعية المكتملة النمو. وتأكد من تضمين نشرتك أشكالاً توضيحية.

مختبر الأحياء

هل يؤثر ضوء الشمس في عملية الانقسام المتساوي في الخميرة؟

الخلفية النظرية: **الأشعة فوق البنفسجية (UV) إحدى مكونات ضوء الشمس، وتؤدي إلى تلف في DNA، وتعيق دورة الخلية.**

سؤال: هل يمكن للمستحضرات الواقية من الشمس منع تلف الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية؟

المواد والأدوات

اختر المواد المناسبة للتجربة التي تصممها.

- ماصات مُعقمة عدد (10).
- أعواد قطنية معقمة عدد (10).
- محلول مخفف من الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV.
- مستحضر واقٍ من الشمس يحتوي على كميات مختلفة من معامل الحماية من الشمس (SPF).
- رقائق ألومنيوم.
- حامل أنابيب اختبار.
- أطباق آجار عدد (10) تحتوي على مستخلص دكستروز الخميرة.

احتياطات السلامة

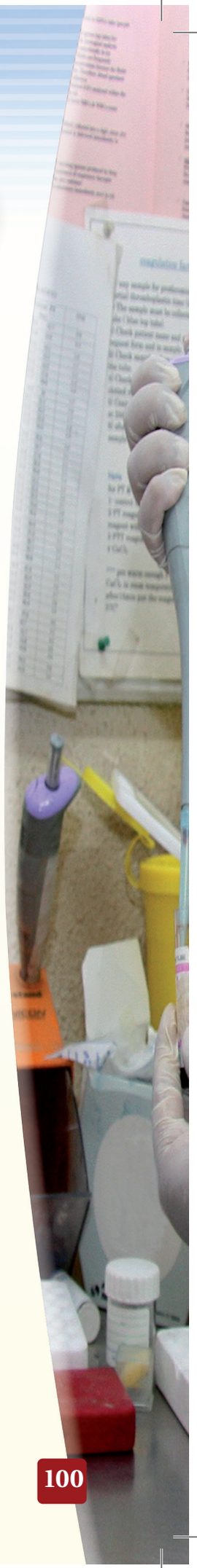
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حضر أنبوب اختبار يحوي محلولًا مخففًا من الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV، وهي خميرة عُدلت وراثيًّا لتتأثر بكميات الضوء فوق البنفسجي.
3. كوِّن فرضية، ثم اختر مستحضرًا واقيًا من الشمس، وتوقع كيف يؤثر في الخميرة عند تعرضها لضوء الشمس.
4. ميِّز 10 أطباق آجار تحوي مستخلص دكستروز الخميرة باسم مجموعتك. وميِّز اثنين منها بوصفهما مجموعة ضابطة لن يتم تعريضها لضوء الشمس. ثم عنون أربعة أطباق تجريبية بـ "من دون واقٍ من الشمس"، وأربعة أطباق أخرى بـ " واقٍ من الشمس".
5. اسكب 0.1 mL من عينة محلول الخميرة المخفف في جميع أطباق الآجار العشرة. وغلف أطباق المجموعة الضابطة برقائق الألومنيوم، وأعطها لمعلمك لوضعها في الحاضنة.
6. قرر المدة الزمنية التي سيبقى فيها كل طبق تحت أشعة الشمس بحسب توجيهات معلمك، وعنون كلًّا منها بناءً على ذلك، وأعدَّ جدولاً لتسجل بياناتك.
7. غلّف الأطباق التي كتب عليها "من دون واقٍ من الشمس" برقائق الألومنيوم، وضع المستحضر الواقي من الشمس على أغطية الأطباق التي كُتب عليها "واقٍ من الشمس"، ثم غلِّفها برقائق الألومنيوم.
8. أزل القليل من ورق القصدير عن كل واحد من الأطباق التجريبية لتكشف عن غطاء الطبق. ثم عرّض الأطباق بحسب المدة الزمنية التي خططت لها، ثم أعد تغطية الأطباق بعد تعرضها للشمس، وسلّمها للمعلم لوضعها في الحاضنة.
9. بعد فترة الحضانة عُدَّ الأطباق، وسجّل عدد مستعمرات الخميرة في كل طبق.
10. **التنظيف والتخلص من الفضلات** اغسل جميع المواد المستخدمة، وأعدها إلى مكانها، وتخلص من أطباق الخميرة التي تحتوي على مستخلص دكستروز الخميرة بحسب تعليمات المعلم. وعقّم منطقة عملك، ثم اغسل يديك بالماء والصابون جيدًا.

حلل ثم استنتج

1. **قدّر.** افترض أن كل واحدة من مستعمرات الخميرة التي على الطبق قد نمت من خلية خميرة واحدة في المحلول المخفف. استخدم عدد مستعمرات الخميرة التي في طبق المجموعة الضابطة لتحديد نسبة الخميرة التي بقيت في كل طبق من الأطباق التي تعرضت للشمس.
2. **مثّل بيانيًا** نسبة بقاء الخميرة على محور الصادات، ووقت التعرُّض للشمس على محور السينات. واستخدم ألوانًا مختلفة في رسم البيانات من الأطباق المعنونة باستخدام المستحضر أو من دونه.
3. **قوّم.** هل دَعمَتْ بياناتك فرضيتك؟ وضّح ذلك.
4. **تحليل الخطأ.** ما مصادر الخطأ المحتملة التي قد تؤثر في النتائج التي حصلت عليها؟

طبق مهارتك كيف يمكن للخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV أن تُستخدم مؤشرًا حيويًّا للكشف عن الزيادة في كميات الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى سطح الأرض.



الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

المطويات **ابحث وتتبع** الأحداث الأساسية في مجال انقسام الخلايا، وضمنها بمعلومات عن اكتشافات أطوار الانقسام الخلوي مع أهمية انقسام السيتوبلازم في الخلايا.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 النمو الخلوي	
دورة الخلية الطور البيني الانقسام المتساوي انقسام السيتوبلازم الكروموسوم الكروماتين	**الفكرة الرئيسة** **تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.** • نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصف مساحة الغشاء البلازمي إلى حجم الخلية. • يحدِّد نقلُ المواد وتعليمات التواصل الصادرة عن النواة حجم الخلية. • دورة الخلية هي عملية التكاثر الخلوي. • تقضي الخلية معظم حياتها في الطور البيني.
3–2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم	
الطور التمهيدي الكروماتيد الشقيق السنترومير الجهاز المغزلي الطور الاستوائي الطور الانفصالي الطور النهائي	**الفكرة الرئيسة** **تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية الحقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.** • تحدث عملية الانقسام المتساوي عندما ينقسم DNA المتضاعف. • تتضمن مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي والنهائي. • ينتج عن عملية انقسام السيتوبلازم خلايا جديدة متطابقة وراثيًّا.
3–3 تنظيم دورة الخلية	
البروتين الحلقي الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي السرطان المُسرطن موت الخلية المبرمج الخلية الجذعية	**الفكرة الرئيسة** **تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.** • يتم تنظيم دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى بواسطة بروتينات حلقية. • توجد نقاط فحص خلال معظم مراحل دورة الخلية لضمان انقسام صحيح ودقيق للخلية. • السرطان نمو وانقسام غير منظم وعشوائي للخلايا. • قد تمر الخلايا بآلية الموت المبرمج. • الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة يمكن أن تنمو إلى خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة.

الفصل 3 التقويم

3-1

مراجعة المفردات

اختر المصطلح المناسب من صفحة دليل مراجعة الفصل، لكل مما يأتي:

1. الفترة التي لا تنقسم فيها الخلية.
2. عملية الانقسام النووي.
3. تسلسل الأحداث في حياة خلية حقيقية النواة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. أيّ مما يأتي ليس سببًا لبقاء الخلية صغيرة الحجم؟

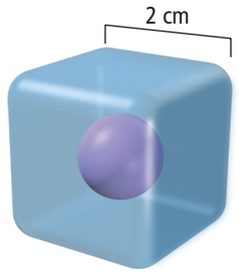
a. تبقى الخلايا صغيرة لتتمكن من التواصل.

b. تواجه الخلايا الكبيرة صعوبة في انتشار المواد المغذية بسرعة كافية.

c. كلما نمت الخلية ازدادت نسبة مساحة السطح إلى الحجم.

d. نقل الفضلات والتخلص منها يصبح مشكلة للخلايا الكبيرة.

استخدم الخلية الافتراضية الآتية في الإجابة عن السؤال 5.



5. ما نسبة مساحة السطح إلى الحجم؟

a. 2:1 **c.** 4:1

b. 3:1 **d.** 6:1

6. بناءً على نسبة مساحة السطح إلى الحجم، ماذا تمثل مساحة السطح في الخلية؟

a. النواة. **c.** الميتوكندريا.

b. الغشاء البلازمي. **d.** السيتوبلازم.

7. أيّ مما يأتي يصف نشاطات الخلية التي تضم النمو الخلوي وانقسام الخلية.

a. الكروماتين. **c.** الانقسام المتساوي.

b. السيتوبلازم. **d.** دورة الخلية.

8. ماذا يحدث لنسبة مساحة سطح الخلية كلما زاد حجم الخلية؟

a. تزداد. **c.** تبقى كما هي.

b. تقل. **d.** تصل إلى حدها الأقصى.

أسئلة بنائية

9. **إجابة قصيرة.** لماذا يعدّ التواصل الخلوي من العوامل التي تحدد حجم الخلية؟

10. **إجابة قصيرة.** لخّص العلاقة بين مساحة السطح والحجم كلما نمت الخلية.

11. **إجابة قصيرة.** ما أنواع الأنشطة التي تحدث في الخلية في أثناء الطور البيني؟

التفكير الناقد

12. **انقد هذه الجملة:** يعد الطور البيني "فترة راحة" للخلية قبل أن تبدأ الانقسام المتساوي.

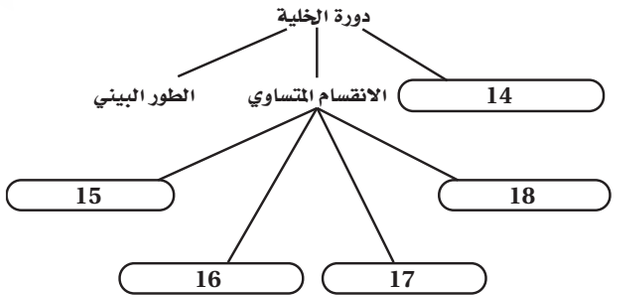
13. **وضّح** العلاقة بين DNA والكروموسوم والكروماتين.

3 تقويم الفصل

3-2

مراجعة المفردات

أكمـــل الخريطة المفاهيمية الآتية باســـتخدام مفردات من صفحة دليل مراجعة الفصل:



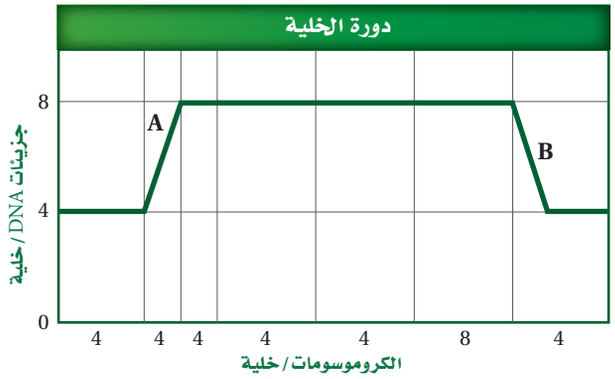
تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. ما عـــدد الخلايا الناتجة إذا بدأنـــا بخلية واحدة مرت بستة انقسامات؟

a. 13 **c.** 48

b. 32 **d.** 64

يبين الرســـم البياني الآتـــي خلية تمر بدورتهـــا الخاصة. استخدم الرسم البياني للإجابة عن السؤالين 20 و21.



20. ما المرحلة التي حدثت في منطقة A؟

a. الطور التمهيدي. **c.** مرحلة S.

b. مرحلة G_1. **d.** مرحلة G_2.

21. ما العملية التي حدثت في المنطقة B؟

a. الطور البيني. **c.** الانقسام المتساوي.

b. انقسام السيتوبلازم. **d.** الأيض.

22. يتداخل دواء الســـرطان فينبلاســـتين مـــع عملية بناء الأنيبيبات الدقيقة في عملية الانقسام المتساوي، لذلك فهو يعيق:

a. تكوين الخيوط المغزلية.

b. تضاعف DNA.

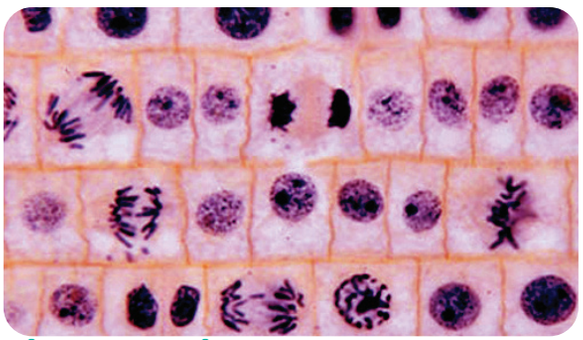
c. بناء الكربوهيدرات.

d. اختفاء الغلاف النووي.

أسئلة بنائية

23. إجابـة قصيـرة. في أثناء دورة الخليـــة، متى يحتوي الكروموسوم على كروماتيدات شقيقة متطابقة؟

24. إجابـة قصيرة. تمثل الصورة أدناه مقطعًا من قمة جذر البصل. حدد الخلية التي تمـــر بالأطوار الآتية: الطور البيني، الطور الاســـتوائي، الطـــور الانفصالي، الطور النهائي.



صورة بالمجهر الضوئي المركب مصبوغة. التكبير ×130

3 تقويم الفصل

25. **إجابة قصيرة.** صف الأحداث التي تحدث في الطور النهائي.

التفكير الناقد

26. **قوّم.** بينما كنت تنظر بالمجهر المركب شاهدت تكوّن الصفيحة الخلوية. ما نوع هذه الخلية؟

27. الرياضيات في علم الأحياء فحص عالم أحياء مجموعة من الخلايا، فوجد أن 90 خلية في الطور البيني و13 خلية في الطور التمهيدي و12 خلية في الطور الاستوائي، و3 خلايا في الطور الانفصالي، وخليتين في الطور النهائي. فإذا احتاج هذا النوع من الخلايا إلى 24 ساعة لإتمام دورته، فما معدل حدوث الانقسام المتساوي؟

3-3

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

28. تمرُّ الخلايا الجذعية بنمو وانقسام غير منظم وغير مقيد بسبب حدوث تغير في جيناتها.

29. السرطان خلية تستجيب لتلف DNA الذي ينتج عن موت الخلية.

30. البروتينات الحلقية مواد تُسبب السرطان.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

31. ما دور البروتينات الحلقية في الخلية؟

a. تُنظم حركة الأنيبيبات الدقيقة.
b. تعطي الإشارة لبدء انقسام الخلية.
c. تحفز تحلل الغلاف النووي.
d. تسبب اختفاء النوية.

32. ما المواد التي تشكل مجموعة الإنزيم – البروتين الحلقي/ CDK – والتي تتحكم في مراحل دورة الخلية؟

a. الدهون والبروتينات.
b. الكربوهيدرات والبروتينات.
c. البروتينات والإنزيمات.
d. الدهون والإنزيمات.

33. أيّ مما يأتي من خصائص الخلايا السرطانية؟

a. انقسام خلوي منظم.
b. تحوي تغيرات عديدة في المادة الوراثية.
c. لا يحدث لها انقسام السيتوبلازم.
d. البروتين الحلقي فيها يقوم بوظائفه.

34. العملية التي ينتج عنها تساقط أوراق الأشجار في فصل الخريف هي:

a. التغير في المادة الوراثية.
b. موت الخلية المبرمج.
c. انفصال الخلايا الجذعية الجنينية.
d. انقسام السيتوبلازم.

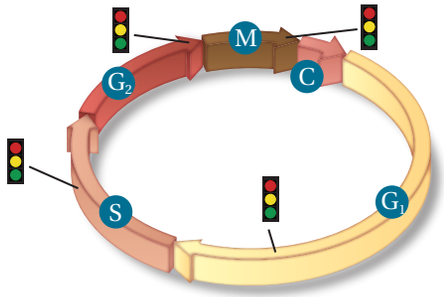
35. لماذا تواجه أبحاث الخلايا الجذعية بعض العراقيل في أثناء دراستها؟

a. لا يمكن إيجادها أو الحصول عليها.
b. بسبب الاعتبارات الأخلاقية في الحصول عليها.
c. لا يوجد استخدامات معروفة للخلايا الجذعية.
d. لا تصبح الخلايا الجذعية خلايا متخصصة.

3 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

ارجع إلى الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 36.



36. إجابة قصيرة. وضّح العلاقة بين الخلايا السرطانية ودورة الخلية.

37. إجابة قصيرة. ميّز بين عملية الانقسام المتساوي وعملية موت الخلية المبرمج.

التفكير الناقد

38. صِفْ. كيف يمكن استخدام الخلايا الجذعية في مساعدة المرضى الذين يعانون من تلف الحبل الشوكي؟

39. توقّع. لماذا قد تتعرض صحة المخلوق الحي للخطر إذا تكررت عملية موت الخلية المبرمج كثيرًا أو قلّت كثيرًا؟

40. طبّق. يتم إنفاق مئات الملايين من النقود في العالم على أبحاث وعلاج السرطان، في حين يُنفق القليل على الوقاية منه. كوِّن خطة قد تساعد الدول على رفع مستوى الوقاية من مرض السرطان.

تقويم إضافي

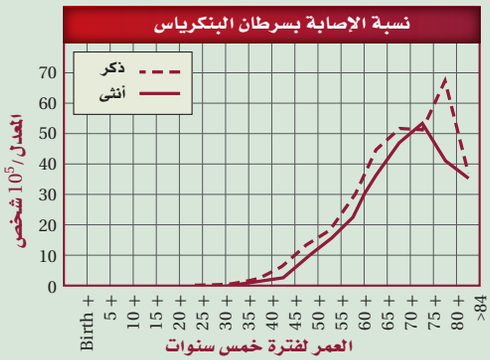
41. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة لتمثيل الانقسام المتوازي، تتضمن أشخاصًا وكل ما يتطلبه توضيح الانقسام.

42. ابحث في المواد الكيميائية المُسرطنة، واكتب كيف تؤدي هذه المواد إلى تلف DNA؟

أسئلة المستندات

قوّم د. تشانغ وزملاؤه خطر سرطان البنكرياس بدراسة حدوثه في مجموعة من الناس. وقد اشتملت البيانات على أعمار المجموعة عند التشخيص. ويبين الرسم البياني الآتي معدلات تشخيص السرطان لعدد من الرجال والنساء.

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة 43،44،45:



43. لخِّص العلاقة بين الإصابة بالسرطان والعمر.

44. من خلال معرفتك بالسرطان ودورة الخلية وضّح لماذا تزيد حالات الإصابة بالسرطان مع التقدم في العمر؟

45. قارن بين أعمار الرجال والنساء الذين تمَّ تشخيصهم بالإصابة بالسرطان.

مراجعة تراكمية

46. ناقش أهمية الإنزيمات في المخلوقات الحية، وضمّن مفهوم التحفيز في إجابتك.

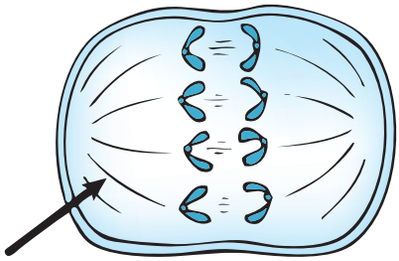
47. صف التركيب الأساسي للغشاء البلازمي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. أيّ مراحل الانقسام المتساوي تظهر في الشكل؟
   a. الطور الانفصالي.
   b. الطور البيني.
   c. الطور الاستوائي.
   d. الطور النهائي.

2. ما التركيب الذي يشير إليه السهم في الشكل؟
   a. السنترومير.
   b. الكروموسوم.
   c. النوية.
   d. الخيوط المغزلية.

3. أيّ العمليات الآتية تقسم نواة الخلية والمادة النووية؟
   a. دورة الخلية.
   b. انقسام السيتوبلازم.
   c. الطور البيني.
   d. الانقسام المتساوي.

4. أيّ مما يأتي يعد أكثر الأسباب احتمالاً لسرطان الرئة؟
   a. التعرُّض لجزيئات الأسبست.
   b. التعرُّض للأبواغ الفطرية.
   c. التعرُّض للأشعة تحت الحمراء.
   d. التعرُّض للأشعة فوق البنفسجية.

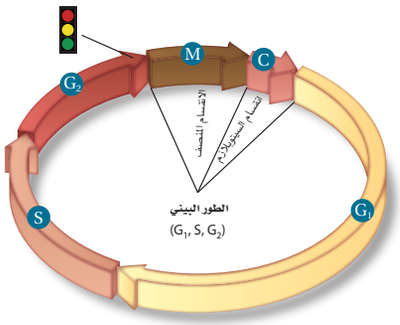
5. أيّ مما يأتي قد يحفز الانقسام المتساوي؟
   a. ملامسة الخلايا بعضها لبعض.
   b. تراكم السايكلين.
   c. انعدام الظروف البيئية.
   d. غياب عوامل النمو.

6. ما الذي يتأثر عندما يكون للخلية مساحة سطح صغيرة بالنسبة إلى حجمها؟
   a. قابلية الأكسجين على الانتشار داخل الخلية.
   b. كمية الطاقة التي تنتجها الخلية.
   c. انتشار البروتينات خلال الخلايا.
   d. معدل بناء البروتينات في الخلية.

7. أيّ مما يأتي يصف عملية انقسام السيتوبلازم؟
   a. تتضاعف الكروموسومات.
   b. تتحلل الشبكة المغزلية.
   c. تختفي النواة.
   d. تتخصَّر الخلية.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 8–10.



8. في الماضي كان الطور البيني يسمى طور "الراحة" في دورة الخلية. وضّح سبب عدم دقة هذه التسمية.

اختبار مقنن

9. وضّح عمل الخلية عند نقطة الفحص التي تمثلها الإشارة الضوئية في الشكل.

10. استخدم الشكل في المقارنة بين المعدلات النسبية عند حدوث الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم.

11. استنتج كيف تستدل على تغير نسبة مساحة السطح إلى الحجم كلما نمت الخلية أكثر؟

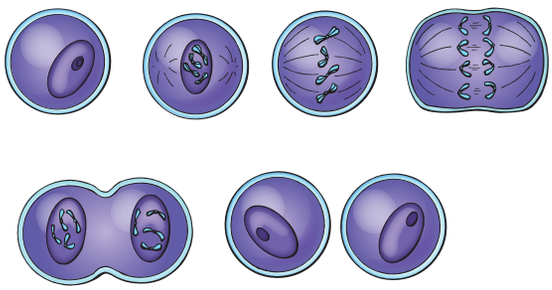
12. صِفْ كيف تتغير الكروموسومات في أثناء المرحلة S من دورة الخلية؟

13. فسّر كيف ينتج الورم السرطاني عن اختلال دورة الخلية.

14. وضِّح كيف يمكن أن تسبب العوامل البيئية الإصابة بمرض السرطان؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.



15. حلّل الشكل، وصف أهمية الخيوط المغزلية للكروماتيدات في أثناء الطور التمهيدي.

16. صِفْ وظيفة السنترومير، وتوقع ما قد يحدث إذا لم تحوِ الخلايا سنترومیرات.

17. قوّم. ما الذي قد يحدث إذا لم تكن عملية الانقسام المتساوي دقيقة جدًّا؟

سؤال مقالي

الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة في أداء وظيفة معينة. وتحتوي الخلايا الجذعية، كسائر الخلايا، على المادة الوراثية جميعها الموجودة في المخلوق الحي. ويمكن للخلايا الجذعية أن تنمو وتتمايز إلى أي نوع من الخلايا المتخصصة. هناك نوعان مختلفان من الخلايا الجذعية، هما الخلايا الجذعية الجنينية الموجودة في الأجنّة، والخلايا الجذعية المكتملة النمو الموجودة بكميات قليلة في الأنسجة المكتملة النمو. وتعد العمليات التي يتم فيها إجراء الأبحاث وخصوصًا حول الخلايا الجذعية الجنينية مثيرة للجدل لأسباب أخلاقية.

أجب عن السؤال الآتي في صورة مقال، مستخدمًا المعلومات في الفقرة السابقة.

18. هل تعتقد أنه يجب السماح للباحثين استخدام الخلايا الجذعية في بحوثهم؟ اذكر مزايا وأخطار هذه الأبحاث؟

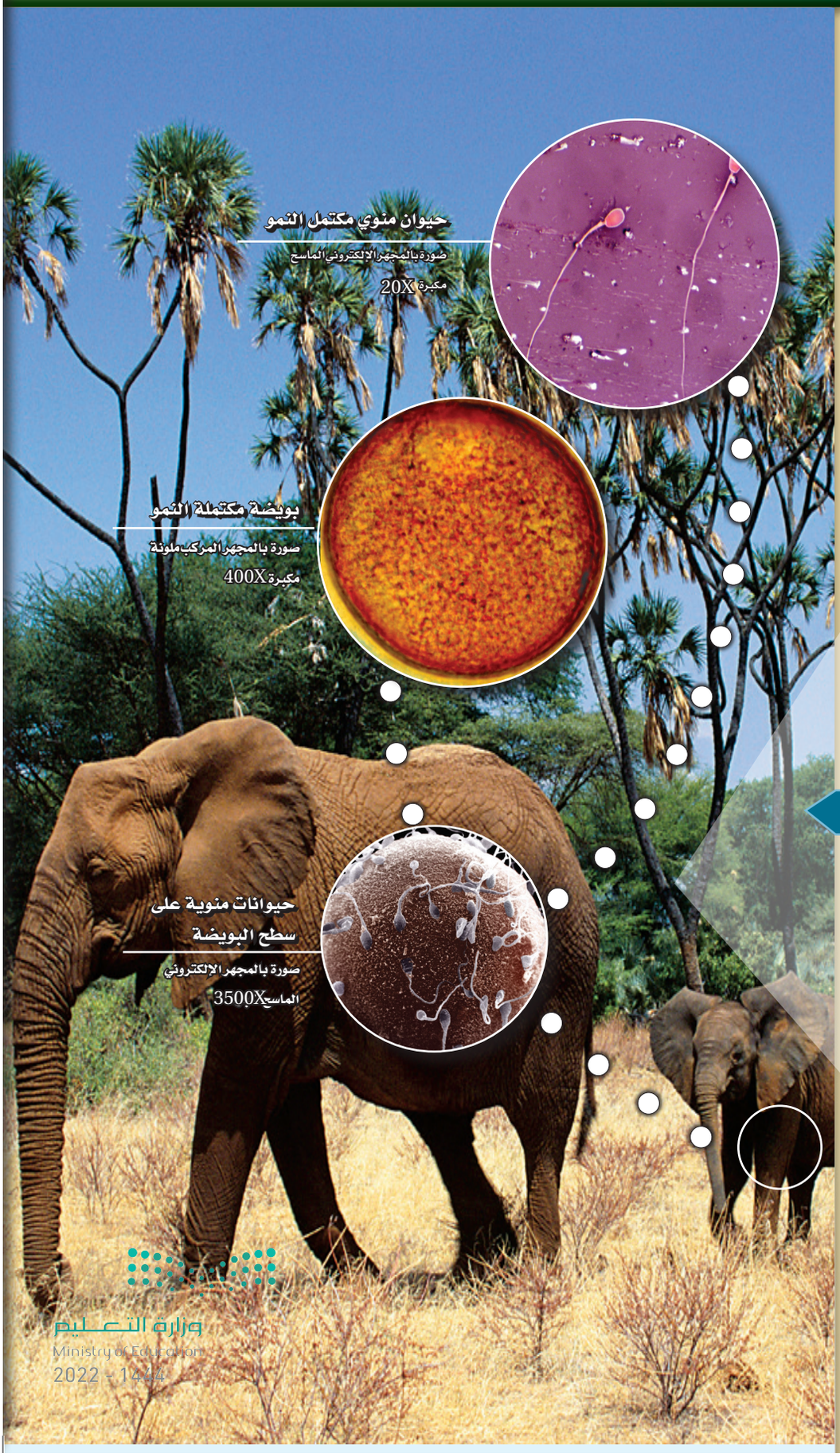
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3
الفصل / القسم	2–2	2–2	2–3	2–2	3–3	2–1	3–1	3–1	3–1	3–1	3–1	3–2	3–1	3–2	3–3	3–2	3–2	3–3
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

الفصل 4

التكاثر الجنسي والوراثة

Sexual Reproduction and Genetics



الفكرة العامة تتكاثر الخلايا التناسلية التي تنقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسطة الانقسام المنصِّف.

4–1 الانقسام المنصِّف

الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

4–2 الوراثة المندلية

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.

4–3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

الفكرة الرئيسة يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.

حقائق في علم الأحياء

- تلد أنثى الفيل بعد مدة حمل تصل إلى 22 شهرًا.
- يبدأ الفيل الصغير بخليةٍ مخصّبة مفردة، و عند الولادة يزن 120 kg.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

تجربة استهلالية

ماذا يحدث من دون الانقسام المنصِّف؟

تندمج الخلايا من كلا الأبوين في التكاثر الجنسي، ويصبح للأبناء العدد نفسه من كروموسومات الأبوين. استكشف ما قد يحدث لعدد الكروموسومات إذا كان الانقسام المتساوي هو النوع الوحيد من انقسام الخلايا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات يتضمن العناوين الآتية: **رقم الدورة، المرحلة، عدد الكروموسومات.**
3. املأ جدول بياناتك بالخطوتين 4–5.
4. اعمل نموذجًا لخلية تحتوي على زوج واحد من الكروموسومات.
5. وضّح مراحل الانقسام المتساوي (دورة الخلية).
6. ادمج إحدى الخلايا التي عملتها مع خلية عملها طالب آخر.
7. أعد الخطوات 4–5 مرتين، ثم سجل نتائج الدورتين الثانية والثالثة.

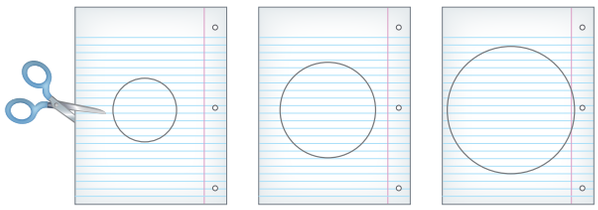
التحليل

1. **لخّص** كيف تغير عدد الكروموسومات في نموذجك مع كل دورة من الانقسام المتساوي والاندماج؟
2. **استنتج** ماذا يجب أن يحدث عندما تندمج الخلايا للمحافظة على عدد الكروموسومات ثابتًا؟

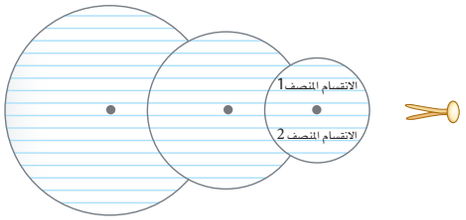
المطويات
منظمات الأفكار

عملية الانقسام المنصِّف اعمل المطوية الآتية لتساعدك على ترتيب أطوار الانقسام المنصِّف وتفسيرها وتوضيحها.

الخطوة 1: ارسم ثلاث دوائر على ثلاث أوراق منفصلة، ثم قصها، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: ثبت الدوائر معًا باستخدام مسمار رفيع لتجعلها حرة الدوران، وعنون النصف العلوي من الدائرة الصغيرة بـ "الانقسام المنصِّف 1"، والنصف السفلي منها بـ "الانقسام المنصِّف 2" كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 1–4.** اكتب المفردات الآتية، على حواف الدائرة الوسطى: الطور التمهيدي 1، الطور الاستوائي 1، الطور الانفصالي 1، الطور النهائي 1، الطور التمهيدي 2، الطور الاستوائي 2، الطور الانفصالي 2، الطور النهائي 2، على أن تكون المسافات بينها متساوية. وارسم على الدائرة الكبيرة أطوار الانقسام المنصِّف، ثم حركها إلى أن يتناسب كل من الانقسام المنصِّف 1 والانقسام المنصِّف 2 مع اسم المرحلة الملائمة وتوضيحها.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-1

الانقسام المنصِّف Meiosis

الأهداف

- **تفسّر** سبب نقص عدد الكروموسومات الذي يحدث في أثناء الانقسام المنصِّف.
- **تميّز وتلخّص** مراحل الانقسام المنصِّف.
- **تحلّل** أهمية الانقسام المنصِّف في التنوع الوراثي.

مراجعة المفردات

الكروموسوم: تركيب خلوي يحتوي على المادة الوراثية DNA.

المفردات الجديدة

الجين
الكروموسوم المتماثل
المشيج
خلية أحادية المجموعة الكروموسومية
الإخصاب
خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية
الانقسام المنصِّف
عملية العبور

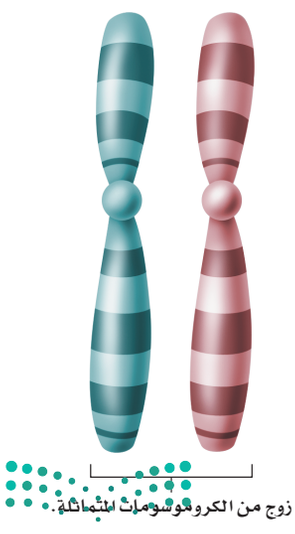
الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

الرَّبط مع الحياة انظر حولك في حصة الأحياء، تلاحظ عدم تشابه زملائك في الصف؛ فقد يختلفون في الطول ولون العيون والشعر ومظاهر أخرى. وينتج هذا التنوع في الخصائص عن اتحاد خليتين جنسيتين خلال التكاثر الجنسي.

الكروموسومات والعدد الكروموسومي
Chromosomes and Chromosome Number

لكل طالب في الصف خصائص انتقلت إليه من والديه. وكل خاصية، مثل لون الشعر أو الطول أو لون العيون تسمى صفة وراثية. وتوجد التعليمات الخاصة بكل صفة وراثية على الكروموسومات الموجودة داخل نوى الخلايا. يترتب DNA (المادة الوراثية) في قطع تسمى **الجينات** genes ، تتحكم في إنتاج البروتينات. ويتكون كل كروموسوم من مئات الجينات، ويؤدي كل جين دورًا مهمًّا في تحديد خصائص الخلية ووظائفها.

الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosomes يحوي خلايا جسم الإنسان 46 كروموسومًا؛ ويسهم كل من الوالدين بـ 23 كروموسومًا، فتكون النتيجة 23 زوجًا من الكروموسومات. وتُسمى الكروموسومات التي تشكل زوجًا، كل منهما من أب ، **الكروموسومات المتماثلة** homologous chromosomes. وكما في **الشكل 1-4**، فإن الكروموسومات المتماثلة في خلايا الجسم، لها نفس الطول وموقع السنترومير، وتحمل الجينات التي تتحكم في الصفات الوراثية نفسها. فمثلاً يقع الجين الذي يتحكم في نوع شحمة الأذن في الموقع نفسه على الكروموسومات المتماثلة.



زوج من الكروموسومات المتماثلة.

الشكل 1-4 تحمل الكروموسومات المتماثلة جينات الصفات الوراثية المختلفة على الموقع نفسه. والجينات التي ترمز إلى نوع شحمة الأذن قد لا ترمز تمامًا إلى نفس الصفة الوراثية لشحمة الأذن.

الخلايا الأحادية والثنائية المجموعة الكروموسومية
Haploid and diploid cells

ينتــج المخلوق الحــي **الأمشــاج** gametes بهدف الحفاظ علــى ثبات عدد الكروموسومات من جيل إلى آخر، والأمشاج خلايا جنسية تحمل نصف العدد من الكروموســومات. ويختلف عدد الكروموســومات من نوع إلى آخر. ففي الإنسان يحمل كل مشيج 23 كروموسومًا. ويمثل الرمز (n) عدد الكروموسومات في المشيج، وتسمى الخلية التي تحمل العدد n من الكروموسومات **خلية أحادية المجموعة الكروموسومية** haploid cell.

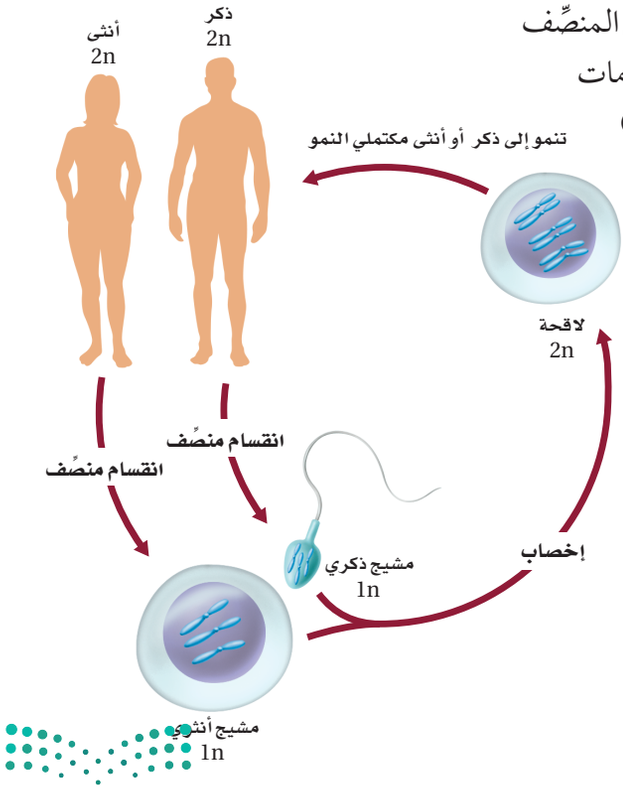
وتسمى العملية التي يتحد فيها مشيج أحادي المجموعة الكروموسومية بمشيج أحادي آخر **الإخصاب** fertilization . ونتيجة للإخصاب أصبحت الخلية الآن تحوي (2n) من الكروموسومات. (n) كروموسومات من الأنثى أو الأم، و(n) كروموســومات من الذكر أو الأب. وتسمى الخلية التي تحوي العدد (2n) من الكروموسومات **خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية** diploid cell.

لاحظ أن العدد n أيضًا يصف عدد أزواج الكروموسومات في المخلوق الحي. فعند اتحاد مشيجين في الإنسان ينتج 23 زوجًا من الكروموسومات المتماثلة.

المطويات
ضمِّن مطويتــك معلومات من هذا القسم.

المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف Meiosis I

تتكون الأمشاج في أثناء عملية **الانقسام المنصِّف** meiosis ، وهو نوع من أنواع الانقســام الخلوي الذي يختزل عدد الكروموســومات، ويحدث في التراكيب الجنسية للمخلوقات الحية التي تتكاثر جنســيًّا. وفي حين يحافظ الانقسام المتساوي على بقاء عدد الكروموسومات ثابتًا يختزل الانقسام المنصِّف عدد الكروموســومات إلى النصف بانفصال الكروموســومات المتماثلة. فالخلية الثنائية المجموعة الكروموســومية (2n) ستكوّن أمشاجًا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) بعد انقسامها انقســامًا منصِّفًا، كما في **الشكل 2–4**، ويتضمن الانقســام المنصِّف مرحلتين متتاليتين من انقسام الخلية، هما: المرحلة الأولى والمرحلة الثانية.



الشــكل 2–4 تتضمــن دورة الحيــاة الجنسية في الإنسان الانقســام المنصِّف الذي يُنتج الأمشــاج. وعند اتحاد الأمشاج بعملية الإخصاب يتم استعادة عدد الكروموسومات الأصلي.

صِفْ. ماذا يحدث لعدد الكروموســومات في أثناء الانقسام المنصِّف؟

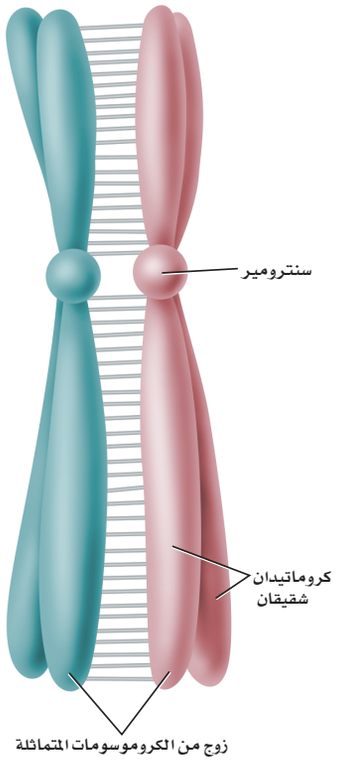
الطور البيني Interphase تمر الخلايا في أثناء الانقسام المنصِّف بالطور البيني بوصفه جزءًا من دورة الخلية. وتقوم الخلايا في الطور البيني بعدد من عمليات الأيض المتنوعة، ومنها تضاعف DNA، وبناء البروتينات.

الطور التمهيدي الأول Prophase I بعد دخول الخلية الطور التمهيدي الأول تصبح الكروموسومات المتضاعفة واضحة. وكما في الانقسام المتساوي، تحوي الكروموسومات المتضاعفة كروماتيدات شقيقة. عندما تتكاثف الكروموسومات المتماثلة تبدأ في تكوين الأزواج بعملية تسمى التصالب أو التشابك؛ حيث يرتبط كل كروموسومين متماثلين على امتداد طوليهما، **الشكل 3–4**، فيحدث تبادل بين الكروموسومات الخضراء والأرجوانية لأجزاء من كل منهما. وتسمى عملية تبادل الأجزاء بين زوج من الكروموسومات المتماثلة **العبور** crossing over، لاحظ **الشكل 4–4**.

تنتقل المريكزات في أثناء الطور التمهيدي الأول إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية، وتتكون الخيوط المغزلية، وترتبط مع الكروماتيدات الشقيقة عند القطعة المركزية (السنترومير).

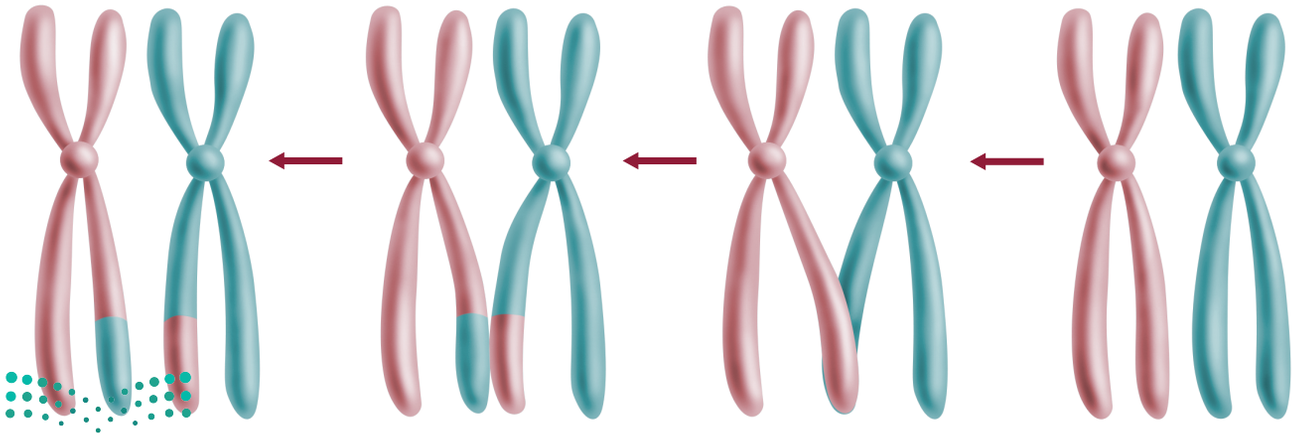
الطور الاستوائي الأول Metaphase I تصطف في المرحلة التالية من الانقسام المنصِّف أزواج الكروموسومات المتماثلة عند خط استواء الخلية، **الشكل 5–4**، ثم ترتبط الخيوط المغزلية مع سنترومير كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة. تذكر أنه في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي تصطف الكروموسومات المفردة التي تحتوي على كروماتيدات شقيقة على طول خط استواء الخلية، في حين تصطف الكروموسومات المتماثلة في الانقسام المنصِّف في صورة أزواج على طول خط استواء الخلية، وهذا واحد من الفروق المهمة بين الانقسام المنصِّف والانقسام المتساوي.

الطور الانفصالي الأول Anaphase I تنفصل الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور الانفصالي الأول، انظر **الشكل 5–4**.



■ **الشكل 3–4** ترتبط الكروموسومات المتماثلة معًا في أثناء عملية التصالب في الطور التمهيدي الأول.

■ **الشكل 4–4** ينتج عن عملية العبور الجيني مجموعات جديدة من الجينات.
حدِّد. أيّ الكروماتيدات يحدث فيها تبادل المادة الوراثية؟



ويتم سحب كل زوج كروموسومي بواسطة الخيوط المغزلية في اتجاه أقطاب الخلية. لذا يصبح عدد المجموعة الكروموسومية (1n) بدلاً من (2n) عند انفصال الكروموسومات المتماثلة. تذكر أنه في الانقسام المتساوي تنفصل الكروماتيدات الشقيقة في أثناء الطور الانفصالي. أما في أثناء الطور الانفصالي الأول من الانقسام المنصِّف فيبقى كل واحد من الكروموسومات المتماثلة مكوَّنًا من كروماتيدين شقيقين.

الطور النهائي الأول Telophase I تصل الكروموسومات المتماثلة – كل منها مكون من كروماتيدين شقيقين– إلى أقطاب الخلية المتقابلة. ويصبح كل قطب من هذه الأقطاب محتويًا على نصف عدد الكروموسومات المتماثلة الأصلية. لاحظ **الشكل 5–4**، حيث يبقى كل كروموسوم مكونًا من كروماتيدين شقيقين مرتبطين معًا بواسطة السنترومير (القطعة المركزية)، وقد لا تكون الكروماتيدات الشقيقة متطابقة بسبب عملية العبور الجيني التي قد تحدث في أثناء عملية التصالب في الطور التمهيدي الأول. في أثناء الطور النهائي الأول تحدث عملية انقسام السيتوبلازم؛ حيث تتخصّر الخلايا الحيوانية، وتتكون صفيحة خلوية في الخلايا النباتية. وبعد انقسام السيتوبلازم قد تمر الخلايا بالطور البيني مرّةً أخرى قبل حدوث مجموعة الانقسامات التالية (المرحلة الثانية). ومع ذلك لا يتضاعف الـ DNA مرة أخرى في أثناء الطور البيني. وفي بعض الأنواع تصبح الكروموسومات بعيدة بعضها عن بعض، ويظهر الغلاف النووي وتتكون النواة مرة أخرى في أثناء الانقسام النهائي الأول.

المرحلة الثانية من الانقسام المنصِّف Meiosis II

لا ينتهي الانقسام المنصِّف بنهاية المرحلة الأولى منه. ففي أثناء الطور التمهيدي الثاني تحدث مجموعة من الأطوار الأخرى تبدأ بتكوّن الجهاز المغزلي، وتتكاثف الكروموسومات. وفي الطور الاستوائي الثاني، تترتب الكروموسومات عند خط استواء الخلية بواسطة الخيوط المغزلية، كما في **الشكل 5–4**. تصطف الكروموسومات الثنائية المجموعة الكروموسومية عند خط استواء الخلية في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، أما في الطور الاستوائي الثاني من الانقسام المنصِّف فتترتب الكروموسومات الأحادية المجموعة الكروموسومية عند خط استواء الخلية. يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة خلال الطور الانفصالي الثاني بعيدًا إلى الأقطاب المتقابلة للخلية بواسطة الخيوط المغزلية، فتصل الكروموسومات الأقطاب خلال الطور النهائي الثاني. تظهر النواة والغلاف النووي مرة أخرى. وفي نهاية المرحلة الثانية من الانقسام المنصِّف ينقسم السيتوبلازم، وينتج عنه أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، كل خلية تحمل العدد (n) من الكروموسومات، انظر **الشكل 5–4**.

ماذا قرأت؟ استنتج ما أهمية مراحل الانقسام المنصِّف في تكوين الأمشاج؟

المفردات

مفردات أكاديمية

خط الاستواء Equator
شريط يقسم سطح جسم ما إلى جزأين متساويين ومتماثلين. تصطف الكروموسومات على خط استواء الخلية.

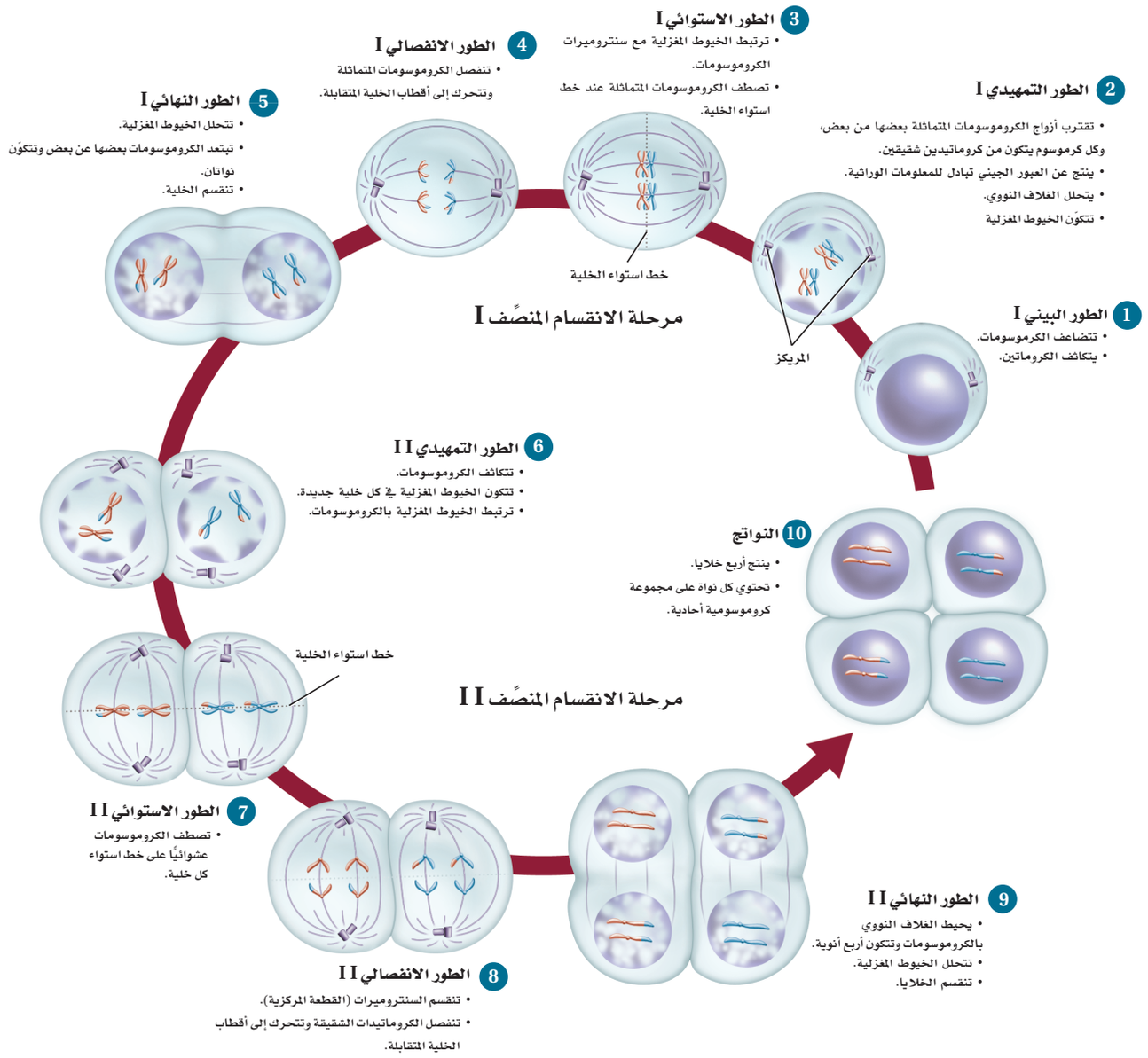
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي الوراثة
Medical Geneticist يبحث في آلية توارث الأمراض، وتشخيص الحالات الوراثية وعلاج الأمراض الوراثية.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الانقسام المنصِّف، كيف تُجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

■ **الشكل 5–4** تتبّع أطوار الانقسام المنصِّف I والانقسام المنصِّف II مبتدئًا بالطور البيني.



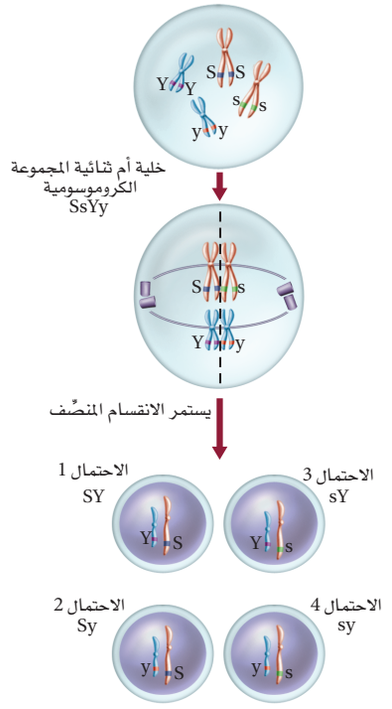
أهمية الانقسام المنصِّف The Importance of Meiosis

يبين **الجدول 1–4** مقارنة بين الانقسام المتساوي والمنصِّف. تذكر أن الانقسام المتساوي يحدث في مرحلة انقسام واحدة ينتج عنها خليتان جديدتان متطابقتان ثنائيتا المجموعة الكروموسومية، في حين يحدث الانقسام المنصِّف في مرحلتين من الانقسامات، وينتج عنه أربع خلايا جديدة غير متطابقة أحادية المجموعة الكروموسومية. والانقسام المنصِّف مهم لأنه يؤدي إلى التنوع الوراثي.

الانقسام المنصِّف والتنوع الوراثي Meiosis and genetic variation

تترتب الكروموسومات المتماثلة على خط استواء الخلية في أثناء الطور الاستوائي I. وكلما كان ترتيب الكروموسومات عشوائيًّا نتجت أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات. وبناءً على طريقة ترتيب الكروموسومات على خط الاستواء ينتج أربعة جاميتات ذات أربع مجموعات كروموسومية مختلفة.

لاحظ أن الاحتمال الأول يُبين أي الكروموسومات توجد على الجانب نفسه من خط الاستواء، ثم تنتقل إلى الأقطاب معًا؛ إذ تصطف أنواع مختلفة من الكروموسومات على الجانب نفسه من خط الاستواء لإنتاج الأمشاج في الاحتمال الثاني. وينتج التنوع الوراثي كذلك في أثناء العبور الجيني وفي أثناء عملية الإخصاب، عندما تتحد الأمشاج معًا بصورة عشوائية **الشكل 6–4**.



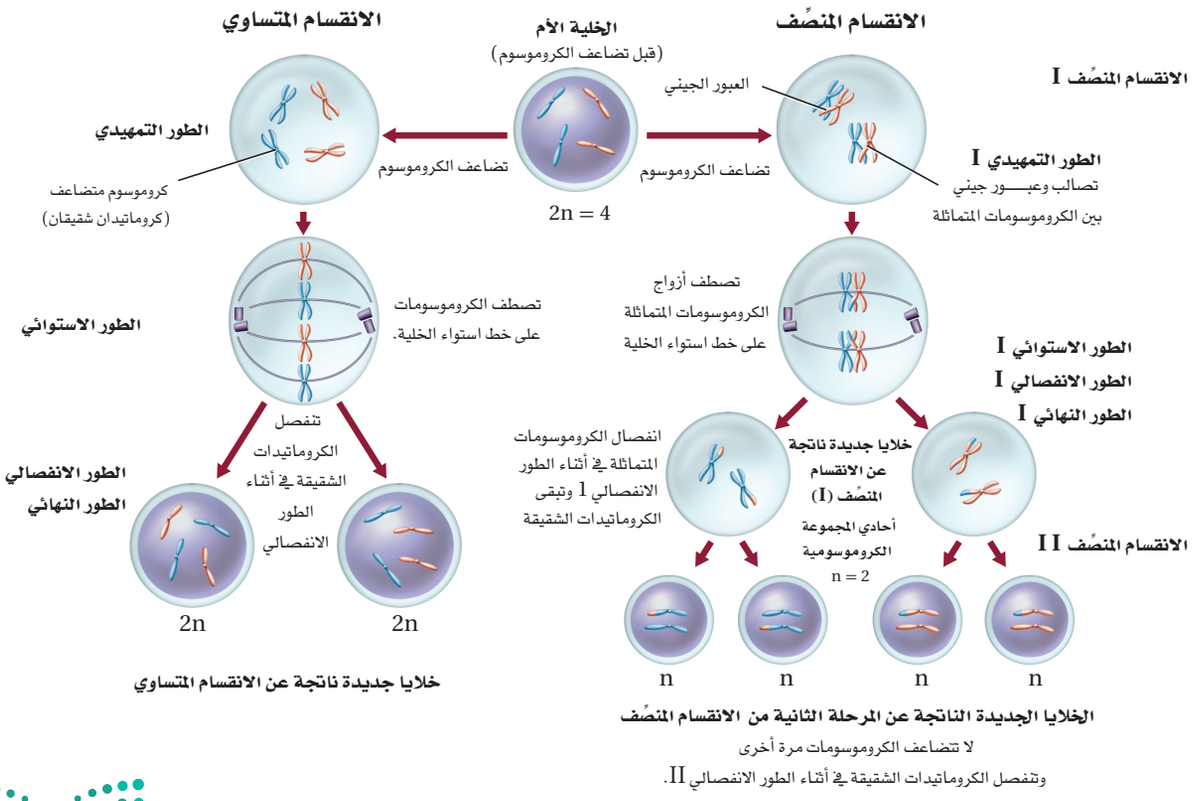
الشكل 6–4 الترتيب الذي تصطف به أزواج الكروموسومات المتماثلة يوضح كيف ينتج التنوع الوراثي في الخلايا الجنسية.

مقارنة بين التكاثر الجنسي واللاجنسي

تتكاثر بعض المخلوقات الحية لاجنسيًّا، في حين يتكاثر بعضها الآخر بالتكاثر الجنسي. وقد يحدث في بعض المخلوقات الحية كلا النوعين من التكاثر الجنسي واللاجنسي، فيرث المخلوق الحي في أثناء التكاثر اللاجنسي جميع الكروموسومات من خلية أم واحدة، فتنتج أفراد جديدة مطابقة للخلية الأم. وتتكاثر البكتيريا لاجنسيًّا، في حين تتكاثر معظم الطلائعيات جنسيًّا ولاجنسيًّا، اعتمادًا على الظروف البيئية. كما تتكاثر معظم النباتات والعديد من الحيوانات البسيطة بكلا النوعين من التكاثر، مقارنة بالحيوانات الأكثر تعقيدًا والتي تتكاثر جنسيًّا فقط. لماذا تتكاثر بعض الأنواع تكاثرًا جنسيًّا في حين يتكاثر بعضها الآخر تكاثرًا لاجنسيًّا؟ أظهرت الدراسات الحديثة على ذبابة الفاكهة أن معدل تراكم الطفرات المفيدة يكون أسرع عندما تتكاثر الأنواع تكاثرًا جنسيًّا، مقارنة بالأنواع التي تتكاثر لاجنسيًّا. أي تتضاعف الجينات المفيدة على نحوٍ أسرع عند حدوث التكاثر الجنسي مقارنة بالتكاثر اللاجنسي.

الجدول 1–4 الانقسام المنصِّف والانقسام المتساوي

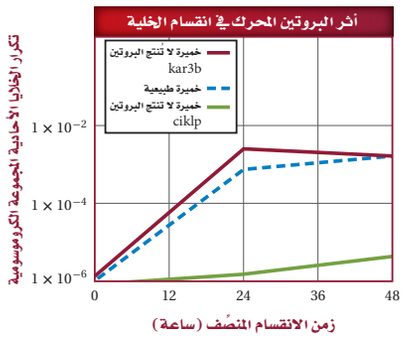
الانقسام المنصِّف	الانقسام المتساوي
تحدث مرحلتان في أثناء الانقسام المنصِّف: المرحلة الأولى والثانية.	تحدث مرحلة واحدة في أثناء الانقسام المتساوي.
يتضاعف DNA مرة واحدة قبل المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف.	يحدث تضاعف DNA في أثناء الطور البيني.
تحدث عملية التصالب بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي I.	لا يحدث تشابك أو تصالب بين الكروموسومات المتماثلة.
ينتج عن الانقسام أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) في كل دورة خلية.	ينتج عن الانقسام خليتان متطابقتان في كل دورة خلية.
الخلايا الجديدة غير متطابقة وراثيًّا بسبب عملية العبور الجيني.	الخلايا الجديدة متطابقة وراثيًّا.
يحدث الانقسام المنصِّف في الخلايا الجنسية.	يحدث الانقسام المتساوي في الخلايا الجسمية فقط.
يدخل الانقسام المنصِّف في إنتاج الأمشاج وتوفير التنوع الوراثي في المخلوقات الحية.	يدخل الانقسام المتساوي في النمو وتعويض الخلايا التالفة.



مختبر تحليل البيانات 1-4

بناءً على بيانات حقيقية

البيانات والملاحظات



استخلص النتائج

كيف تؤثر البروتينات المحركة في انقسام الخلية؟ يعتقد العديد من العلماء أن البروتينات المحرِّكة تؤدي دورًا مهمًّا في حركة الكروموسومات في كلٍّ من الانقسام المتساوي والمنصِّف. ولاختبار هذه الفرضية، قام الباحثون بإنتاج خميرة لا تصنّع البروتين المحرِّك المسمى Kar3p. كما أنتجوا خميرة لا تصنع البروتين المحرِّك Cik1p، الذي يحدد وظيفة البروتين Kar3p. ويبين الرسم البياني المجاور نتائج تجربتهم.

التفكير الناقد

1. **قوّم.** هل يعد وجود Cik1p مهمًّا لعملية الانقسام المنصِّف في الخميرة؟ فسّر إجابتك.
2. **قوّم.** هل يعد وجود Kar3p ضروريًّا لعملية الانقسام المنصِّف في الخميرة؟ فسّر إجابتك.
3. **استنتج.** هل تؤدي جميع البروتينات المحركة دورًا مهمًّا في الانقسام المنصِّف؟ فسّر إجابتك.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Shanks, et al. 2001. The Kar3–Interacting protein Cik1p plays a critical role in passage through meiosis I in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics* 159: 939 – 951.

التقويم 1-4

الخلاصة

- يحدث تضاعف DNA مرة واحدة فقط في أثناء الانقسام المنصِّف الذي ينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.
- يضم الانقسام المنصِّف مرحلتين من الانقسامات.
- ينتج عن الانقسام المنصِّف تنوّع وراثي في الأمشاج.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حلّل.** كيف يُنتج الانقسام المنصِّف الأمشاج الأحادية المجموعة الكروموسومية؟
2. **أشر.** كيف يختلف الطور الاستوائي I في الانقسام المنصِّف عن الطور الاستوائي في الانقسام المتساوي؟
3. **صِف.** كيف تحدث عملية التصالب؟
4. **ارسم** خلية تحوي أربعة كروموسومات وتمر بانقسام منصِّف.
5. **قوّم.** كيف يُسهم الانقسام المنصِّف في التنوع الوراثي، في حين لا يسهم فيه الانقسام المتساوي؟

التفكير الناقد

6. **قارن** بين الانقسام المتساوي والمنصِّف مُستعينًا **بالشكل 5-4** و**الجدول 1-4**، مُستخدمًا شكل ڤن.
7. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالًا يشترك فيه زملاؤك في الصف لتفسير العمليات المختلفة التي تحدث في أثناء الانقسام المنصِّف.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-2

الوراثة المندلية
Mendelian Genetics

الأهداف

- **توضّح** أهمية تجارب مندل في دراسة علم الوراثة.
- **تلخّص** قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر.
- **تتوقّع** احتمالات الأبناء الناتجة عن التزاوج مستخدمًا مربع بانيت.

مراجعة المفردات

انعزال الصفات: انفصال الجينات المتقابلة في أثناء الانقسام المنصِّف.

المفردات الجديدة

الوراثة
الجين المتقابل
الصفة السائدة
الصفة المتنحية
متماثل الجينات
غير متماثل الجينات
الطراز الجيني
الطراز الشكلي
قانون انعزال الصفات
الهجين
قانون التوزيع الحر

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.

الرّبط مع الحياة للحمام أنواع مختلفة، منها المطوق والمرقط والهندي والزاجل وغيرها، وقد يحب الناس سلالة معينة منها؛ إما للونها أو لمظهرها العام أو هديلها. وتنتقل هذه الصفات من جيل إلى جيل.

كيف بدأ علم الوراثة؟ How Genetics Began?

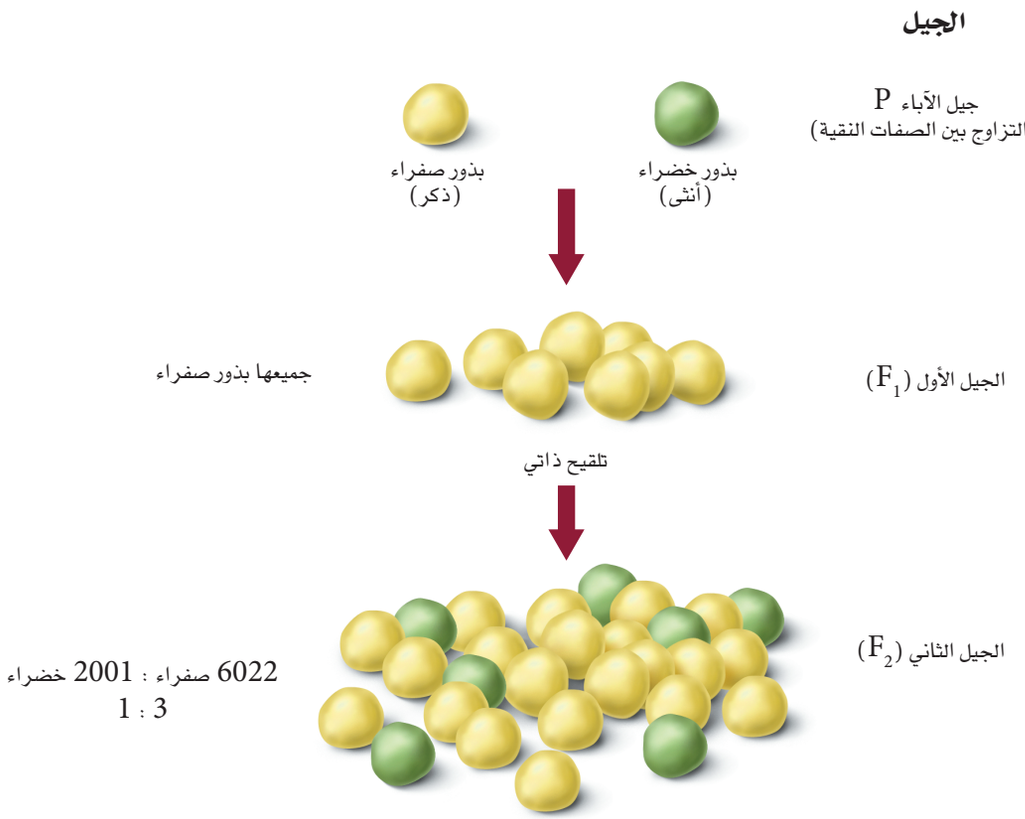
في عام 1866م نجح مندل في حل لغز الوراثة بسبب المخلوق الحي الذي اختاره للدراسة، وهو نبات البازلاء. حيث يمتاز هذا النبات بسهولة زراعته ونموه وإنتاجه المستمر لأفراد تحمل شكلاً واحدًا من الصفة. ويتكاثر نبات البازلاء بالتلقيح الذاتي عادة، كما هو الحال في العديد من النباتات الزهرية. يحدث التلقيح الذاتي عندما يتحد مشيج ذكري مع مشيج أنثوي من الزهرة نفسها. واكتشف مندل إمكانية حدوث التلقيح الخلطي في نبات البازلاء يدويًّا، فتمكّن من نقل مشيج ذكري (حبة لقاح) من زهرة نبات بازلاء إلى عضو التكاثر المؤنث لزهرة نبات بازلاء آخر.

الربط مع التاريخ تتبّع مندل الصفات الوراثية المتنوعة في نباتات البازلاء التي هجَّنها، ثم حلّل النتائج التي حصل عليها، وكوّن فرضية تتعلق بتوارث الصفات. ومن هنا بدأت دراسة الوراثة genetics ، وهي انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل آخر.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا استخدام مندل سلالات نباتات نقية في تجاربه؟

وراثة الصفات The Inheritance of Traits

لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات البازلاء تنتج أشكالاً محددة من الصفة جيلاً بعد جيل؛ فقد لاحظ مثلًا أن بعض السلالات تنتج بذورًا خضراء دائمًا، وبعضها الآخر ينتج بذورًا صفراء دائمًا. ولِفهم آلية توارث هذه الصفات، أجرى تلقيحًا خلطيًّا بنقل الأمشاج الذكرية من زهرة نبات بازلاء أخضر البذور إلى عضو التأنيث في زهرة نبات بازلاء آخر أصفر البذور. وقد أزال مندل أعضاء التذكير من زهرة نبات البازلاء الأصفر البذور تجنبًا لحدوث التلقيح الذاتي، وأطلق مندل على نباتات البازلاء الخضراء والصفراء البذور اسم جيل الآباء، ويرمز إليه بالحرف P.



الجيل الأول والجيل الثاني F_1 and F_2 generations عندما قام مندل بزراعة البذور الناتجة عن تلقيح نبات أصفر البذور مع نبات أخضر البذور كانت جميع الأفراد الناتجة صفراء البذور؛ حيث يسمى الأفراد الناتجون عن هذا التلقيح الجيلَ الأول (F_1). ويبدو أن صفة البذور الخضراء اختفت في الجيل الأول، فقرر مندل أن يتحقق من وجود الصفة التي اختفت أو طمست. قام مندل بزراعة أفراد من الجيلِ الأولِ الأصفرِ البذورِ، ولقّحها ذاتيًّا، ثم فحص البذور الناتجة عن هذا التلقيح، والتي تسمى الجيلَ الثاني (F_2). ويبين **الشكل 7–4** النسل الناتج عن تلقيح الجيل الأول. وقد جمع مندل البذور فوجد 6022 بذرة صفراء و2001 بذرة خضراء، وهي نسبة 1:3 تقريبًا من البذور الصفراء إلى الخضراء.

درس مندل سبع صفات مختلفة، هي لون البذرة، ولون الزهرة، ولون القرن، وشكل البذرة أو ملمسها، وشكل القرن، وطول الساق وموقع الزهرة. فوجد أن جميع أفراد النباتات الناتجة عن تلقيح الجيل الأول الذي يحمل هذه الصفات تظهر بنسبة 1:3.

■ **الشكل 7–4** يبين الشكل نتائج عملية التلقيح الخلطي التي قام بها مندل بين نباتات بازلاء تحمل صفتي البذور الصفراء والخضراء النقية السلالة.

فسّر. لماذا كانت جميع البذور في أفراد الجيل الأول F_1 صفراء اللون؟

المفردات

أصل الكلمة

- متماثل الجينات (Homozygous)

- غير متماثل الجينات (Heterozygous)

الكلمة الأولى مشتقة من الكلمة اليونانية homos وتعني الشيء نفسه، أما الكلمة الثانية فمشتقة من hetero وتعني "الآخر" أو "المختلف". وكلمة zygon تعني yoke، أيْ (يربط).

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

فني مختبر الوراثة

Genetics Laboratory Technician

يُساعد فنيُّ مختبر الوراثة الباحثين على إجراء التجارب والمحافظة على سلامة المختبر.

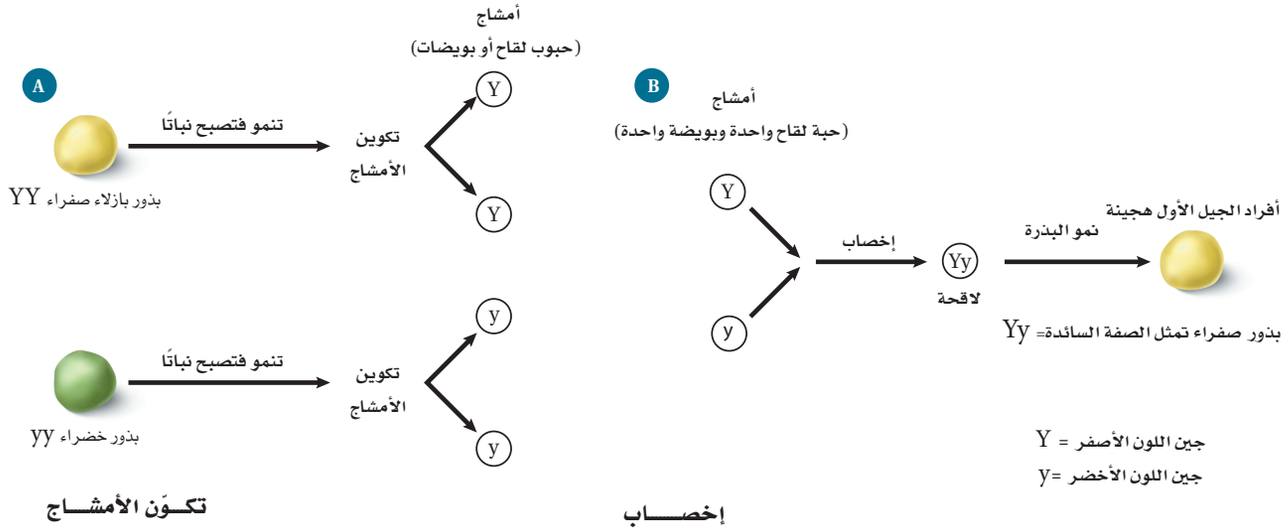
أزواج الجينات Genes in pairs استنتج مندل أنه لا بد من وجود شكلين لصفة البذور في نبات البازلاء، هما: البذور الصفراء والبذور الخضراء، وكل شكل يتحكم فيه عامل يسمى **الجين المتقابل** Allele ، وهو صورة أخرى لجين مفرد ينتقل من جيل إلى آخر، وتتميز الأليلات بأنها تسلسلات مختلفة من DNA تحدد صفة واحدة في المخلوق الحي. لذا فإن جين البذور الصفراء وجين البذور الخضراء هما صورتان مختلفتان لجين واحد هو جين البذور.

كما استنتج مندل أن نسبة 1:3 التي لاحظها في أثناء تجاربه يمكن تفسيرها إذا كانت الجينات المتقابلة موجودة في أزواج في كل نبات. وأطلق على الصفة التي ظهرت في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة السائدة** dominant، والصفة التي لم يظهر تأثيرها في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة المتنحية** recessive . عند تلقيح نباتات صفراء البذور مع نباتات خضراء البذور كانت البذور الصفراء هي الصفة السائدة، في حين كانت البذور الخضراء هي الصفة المتنحية.

السيادة Dominance بيّن مندل- عند قيامه بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول – أن الجين المتنحي في البذور الخضراء لم يختفِ بل مُنع من إظهار صفته. فاستنتج مندل أن صفة البذور الخضراء لم تظهر في أفراد الجيل الأول؛ لأن صفة البذور الصفراء سائدة وتطغى على جين صفة البذور الخضراء وتمنعها من الظهور.

عند عمل نموذج وراثة الصفات، يُرمز إلى جين الصفة السائدة – وهي البذور الصفراء – بحرف كبير (Y)، في حين يرمز إلى جين الصفة المتنحية – وهي البذور الخضراء – بحرف صغير (y). ويُطلق على المخلوق الحي الذي يحمل زوجًا من الجينات المتقابلة المتشابهة لصفة محددة **متماثل الجينات** (نقي الصفات) homozygous، كما في البذور الصفراء المتماثلة الجينات (YY)، والبذور الخضراء (yy). ويطلق على المخلوق الحي الذي يحمل جينين متقابلين مختلفين لهذه الصفة **غير متماثل الجينات** (غير نقي الصفات أو خليط) heterozygous . وفي هذه الحالة يتم تمثيلها بالرموز (Yy). وعند وجود الجينات المتقابلة بصورة غير متماثلة تظهر الصفة السائدة.

الطراز الجيني والطراز الشكلي Genotype and phenotype قد تكون البذور الصفراء متماثلة الجينات أو غير متماثلة الجينات. ولا يشير المظهر الخارجي للمخلوق الحي دائمًا إلى نوع زوج الجينات الموجودة فيه. ويطلق على أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي **الطراز الجيني** genotype، والطراز الجيني في حالة النباتات الصفراء البذور هو (YY) أو (Yy). أما الخصائص والصفات المظهرية الناتجة عن أزواج الجينات المتقابلة فتسمى **الطراز الشكلي** phenotype. فالطراز الشكلي لنبات بازلاء طرازه الجيني (yy) هو البذور الخضراء دائمًا.

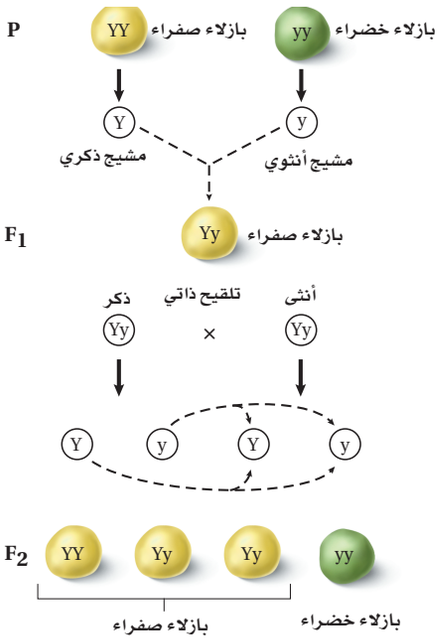


قانـون انعـزال الصفـات Law of segregation اسـتخدم منـدل بـذورًا صفراء وخضـراء متماثلة الجينات عند تلقيح الآبـاء. ويبين الجزء العلوي من **الشـكل (A) 8–4** أن كل مشـيج من نباتات البذور الصفراء يحوي Y واحدة. ولأن عدد الكروموسـومات ينقسم إلى النصف في أثناء الانقسام المنصِّف فإن الأمشاج الناتجة تحوي جينًا واحدًا من زوج جينات لون البذور المتقابلة.

أما الجزء السفلي من **الشـكل (A) 8–4** فيبين أن كل مشيج من النبات الأخضر البذور يحوي جين (y) واحدًا. وينص **قانون انعزال الصفات** law of segregation على أن زوج الجينات المتقابلة المكونة للصفة الواحدة تنفصل في أثناء الانقسام المنصِّف. وفي أثناء الإخصاب تتحد الجينات المتقابلة للصفة مرة أخرى. يبين **الشـكل (B) 8–4** اندماج الجينات المتقابلة في الأمشاج لإنتاج الطراز الجيني (Yy) فـي أثناء الإخصاب. وتحمـل جميع نباتات أفراد الجيـل الأول الطراز الجيني (Yy)، وطرازها الشـكلي هـو بذور صفراء؛ لأن اللون الأصفر سـائد على اللون الأخضر. وتسـمى هذه المخلوقات الحية غيـر المتماثلة الجينات المخلوقات الحية **الهجينة** hybrid.

■ **الشـكل 8–4** تنفصل الجينات المتقابلة في أثناء تكوّن الأمشاج في نبات طرازه الجيني (YY) أو (yy)، فتنتـج أمشـاج تحمل الجين (Y) أو (y). وتتحـد هذه الأمشـاج من كلا الأبوين في أثناء الإخصاب.

التلقيح الأحادي الصفة Monohybrid cross يبين **الشكل 9–4** تجربة مندل عندما قام بتلقيح أفراد النباتات التي تحمل الطراز الجيني (Yy) بالتلقيح الذاتي. وتُسمى عملية التلقيح التي يحدث فيها التزاوج بين جينات صفة واحدة لنباتين التلقيحَ الأحاديَّ monohybrid cross. تنتج النباتات الحاملة للطراز الجيني (Yy) نوعين من الأمشاج، هما: الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية، وكل واحد منهما يحمل الجين (Y) أو (y). وتتحد هذه الأمشاج عشوائيًّا، فينتج عن هذا التلقيح الطرز الجينية التالية: YY, Yy, Yy, yy، **الشكل 9–4**. لاحظ أن الجين السائد يكتب أولاً (Y) سواء أكان من المشيج الذكري أم الأنثوي. وينتج عن تلقيح الجيل الأول ثلاثة طرز جينية محتملة، هي: YY, Yy, yy، ونسبة الطرز الجينية 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية فهي 1:3 صفراء البذور إلى خضراء البذور.

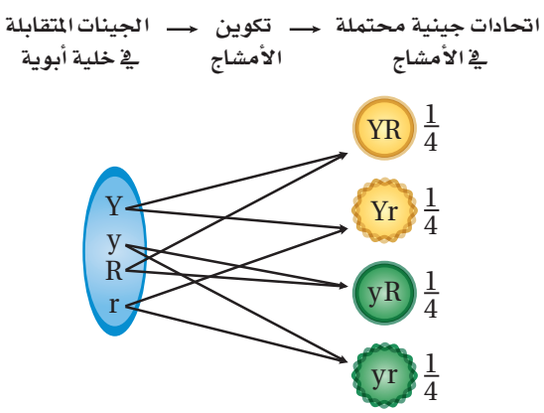


الشكل 9–4 في أثناء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول تُخصّب الأمشاجُ الذكرية الأمشاجَ الأنثوية عشوائيًّا.

التلقيح الثنائي الصفة Dihybrid cross بعد أن أثبت مندل نمط وراثة الصفة الواحدة بدأ يختبر وراثة صفتين أو أكثر في النبات نفسه. وفي نبات البازلاء تعد صفة البذور المستديرة (R) سائدة على البذور المجعدة (r)، وصفة البذور الصفراء (Y) سائدة على البذور الخضراء (y). فإذا قام مندل بتلقيح بذور صفراء مستديرة متماثلة الجينات مع بذور خضراء مجعدة متماثلة الجينات فإنه يمكن تمثيل تزاوج الآباء بالطرز الجينية التالية: yyrr × YYRR، وستكون الطرز الجينية لأفراد الجيل الأول على النحو التالي: YyRr نباتات صفراء البذور مستديرة. ويطلق على نباتات الجيل الأول الثنائية الصفة الهجينةُ؛ لأن جيناتها غير متماثلة لكلتا الصفتين.

قانون التوزيع الحر Law of independent assortment قام مندل بتلقيح أفراد الجيل الأول التي تحمل الطراز الجيني (YyRr) ذاتيًّا في عملية تلقيح ثنائي الصفة، ثم قام بحساب نسبة الطرز الجينية والطرز الشكلية للأبناء في كل من الجيل الأول والجيل الثاني. وتوصل من هذه النتائج إلى **قانون التوزيع الحر** law of independent assortment ، الذي ينص على أن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة يحدث في أثناء تكوّن الأمشاج، حيث تتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر في أثناء عملية الانقسام المنصِّف.

وكما يبين **الشكل 10–4**، ينتج عن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة، أربعة



الشكل 10–4 يتم تمثيل قانون التوزيع الحر في التلقيح الثنائي الذي يوفر فرصة متساوية لكل زوج من الجينات المتقابلة (Yy /Rr) بأن تتحد عشوائيًّا بعضها ببعض. **توقّع. ما عدد أنواع الأمشاج المحتملة الناتجة؟**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

أمشاج محتملة، هي: yR،yr ،Yr ،YR، واحتمالات حدوثها متساوية.

وعندما يتم التلقيح الذاتي للنبات، فهناك احتمال وجود أي من هذه المجموعات الجينية الأربع في المشيج الذكري، وكذلك وجود أي منها في المشيج الأنثوي. واشتمل التلقيح الثنائي الذي قام به مندل على تسعة طرز جينية مختلفة هي: YYRR,YYRr,YYrr,YyRR,YyRr,Yyrr, yyRR, yyRr, yyrr. ولكنه أحصى أربعة طرز شكلية مختلفة هي: 315 صفراء مستديرة، و108 خضراء مستديرة، و110 صفراء مجعدة، و 32 خضراء مجعدة. ومثّلت هذه النتائج نسب الطرز الشكلية التقريبية التالية: 9:3:3:1.

ماذا قرأت؟ **قوّم** كيف يمكن أن تنتج نسبة يمكن توقعها من التوزيع العشوائي للجينات؟

مربع بانيت Punnett Square

يستعمل مربع بانيت – الذي وضعه الدكتور ريجينالد بانيت في بداية عام 1900م– لتوقع الأبناء المحتملين والناتجين عن التلقيح بين طرازين جينيين معروفين للآباء. ولقد سهل مربع بانيت تتبُّع الطرز الجينية المحتملة.

مربع بانيت – التلقيح الأحادي الصفة Punnet Square – monohybrid cross

القدرة على ثني اللسان صفة سائدة، يرمز إليها بالحرف T. افترض أن كلا الوالدين يستطيع ثني لسانه، وهما غير متماثلي الجينات (Tt)، فما الطرز الشكلية المحتملة

تجربة 1 - 4

توقّع الاحتمالات في الوراثة

كيف يمكن توقّع صفات الأبناء؟ يُساعد مربع بانيت على توقع نسب الصفات السائدة إلى الصفات المتنحية في الطرز الجينية للأبناء. وتشمل هذه التجربة أبوين غير متماثلي الجينات لصفة شحمة الأذن الحرة (E) وهي صفة سائدة. أما الصفة المتنحية فهي شحمة الأذن الملتصقة ويُرمز إليها بالحرف (e).

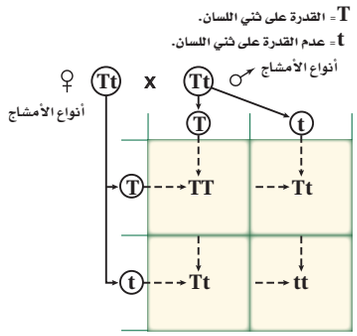
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حدّد الطرز الجينية لأمشاج هذه الصفة التي ينتجها كل من الأبوين.
3. ارسم مربع بانيت بحيث تكون عدد أعمدته وصفوفه مساوية لعدد الجينات المتقابلة التي تنتج في أمشاج كل من الأبوين.
4. اكتب الحرف الذي يرمز إلى كل جين من جينات أحد الأبوين فوق كل عمود في مربع بانيت، وحرف كل جين من جينات الأب الآخر إلى جانب كل صف في مربع بانيت.
5. اكتب – في الصناديق داخل الجدول – الطرز الجينية للأبناء الناتجة عن اتحاد الجينات المتقابلة لكلٍّ من الذكر والأنثى معًا.

التحليل

1. **لخّص** الطرز الشكلية المحتملة للأبناء.
2. **قوّم** ما نسبة الطرز الشكلية والطرز الجينية المحتملة للأبناء؟

الشكل 11–4 تعد قدرة الشخص على ثني لسانه صفة سائدة. ويلخص مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات الخاصة بصفة ثني اللسان.



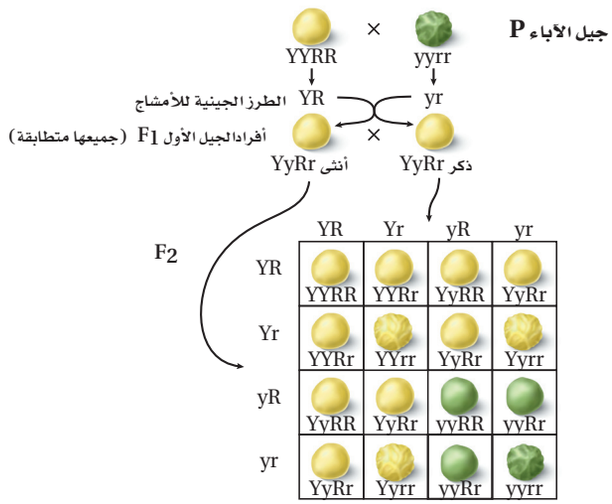
لأبنائهما؟

تفحص مربع بانيت في **الشكل 11–4**، يتحدد عدد المربعات بعدد أنواع الجينات المختلفة، (T) أو (t) التي ينتجها كل واحد من الأبوين. وفي هذه الحالة يتكون مربع بانيت من مربعين × مربعين؛ لأن كل واحد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج. لاحظ أن المشيج الذكري يكتب أفقيًّا، في حين يكتب المشيج الأنثوي عموديًّا. كما تكتب احتمالات ارتباط المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي داخل كل مربع.

ما عدد الطرز الجينية المختلفة التي نجدها في مربع بانيت؟ يوجد في أحد المربعات الطراز الجيني (TT)، والطراز الجيني (Tt) في مربعين آخرين، وفي المربع الأخير يوجد الطراز الجيني (tt)، لذا فإن نسبة الطرز الجينية المحتملة للأبناء هي 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية لصفة القدرة إلى عدم القدرة على ثني اللسان فهي 1:3.

مربع بانيت – التلقيح الثنائي Punnet Square – dihybrid cross

تفحص مربع بانيت في **الشكل 12–4** تلاحظ وجود نوعين من الجينات المتقابلة



الشكل 12–4 يوضّح التلقيح الثنائي الصفة في مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات المتقابلة لكل واحد من الأبوين في نبات البازلاء.

النوع	الطراز الجيني	الطراز الشكلي	العدد	نسبة الطرز الشكلية
جيل الآباء	Y_R_	أصفر مستدير	315	16:9
إعادة الارتباط الجيني	yyR_	أخضر مستدير	108	16:3
إعادة الارتباط الجيني	Y_rr	أصفر مجعد	101	6:3
جيل الآباء	yyrr	أخضر مجعد	32	16:1

فقط في جيل الأبوين في نبات البازلاء.

فعند تلقيح أفراد الجيل الأول تنتج أربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الذكرية، وأربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشـاج الأنثوية، فكانت نسبة الطرز الشكلية الناتجة على النحو التالي: 9:3:3:1؛ صفراء مستديرة إلى خضراء مسـتديرة إلى صفراء مجعـدة إلى خضراء مجعدة. فتطابقـت بيانات مندل مع النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

تجربة علمية

ما الاحتمالات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الاحتمالات في الوراثة Probability

يمكن مقارنة تـوارث الجينات باحتمالات رمي قطعة نقديـة. فاحتمال ظهور الوجه الذي يحمل الصورة هو (1) من (2)، أو ($\frac{1}{2}$) وإذا رميت القطعة مرتين فإن احتمـال ظهور الصورة هو ($\frac{1}{2}$) في كل مرة، أو $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ أو ($\frac{1}{4}$) في المرتين. وقد لا تتطابق البيانات الحقيقية بدقة مع النسب المتوقعة. فأنت تعلم أنك إذا رميت القطعـة النقدية في الهواء فقد لا تحصل على الوجـه الذي يحمل الصورة مرة واحدة من كل مرتين. لذا لم تكن نتائج مندل مساوية تمامًا للنسبة 9:3:3:1؛ ومع ذلك فإن عددًا كبيرًا من الأبناء الناتجين عن التلقيح يطابقون النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

التقويم 2-4

الخلاصة

- أول من درس الوراثة العالم جريجور منـدل، الذي ألقت تجاربـه على نبـات البازلاء الضوءَ على وراثة الصفات.
- وضـع مندل قانـون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقع الأبناء المحتملين من التلقيح.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ارسم.** اسـتخدم مربـع بانيت لتوضـح كيف يمنع الجين السـائد ظهور أثـر الجين المتنحي.
2. **طبّق** قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر بإعطاء مثال على كل منهما.
3. **استخدم مربع بانيت.** صفـة لون العيون الحمراء (R) في ذبابة الفاكهة سائدة على صفة لون العيون الوردية (r). فما نسبة الطرز الشكلية الناتجة عن تلقيح ذكر غير متماثل الجينات لأنثى ذات عيون وردية؟

التفكير الناقد

4. **قـوّم** الفوائد التـي قدمتها تجارب مندل لعلم الوراثة.
5. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمال الحصـول على رقـم 2 عند رمي النرد؟ وما احتمال الحصول على الرقم 2 عند رمـي نردين؟ وكيف تُسـتخدم الاحتمالات في دراسة الوراثة؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-3

الأهداف

- **تلخّص** كيف يؤدي الانقسام المنصِّف إلى تراكيب جينية جديدة.
- **تفسّر** كيف يمكن استخدام ارتباط الجينات في عمل خريطة كروموسومية.
- **تحلّل** أهمية تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

مراجعة المفردات

البروتين: بوليمر معقد كبير ضروري للحياة، يساعد على بناء الأنسجة والأعضاء وقيام الخلايا بوظائفها الأيضية.

المفردات الجديدة

التراكيب الجينية الجديدة

متعدّد المجموعة الكروموسومية

ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

Gene Linkage and Polyploidy

الفكرة الرئيسة **يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.**

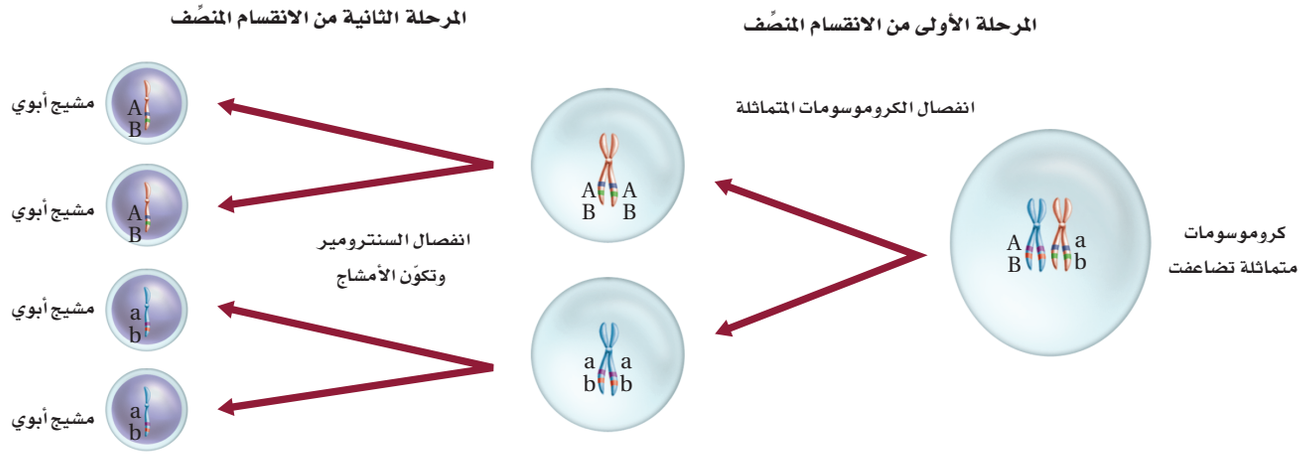
الربط مع الحياة قد تجد أنواعًا مختلفة من النباتات في الحديقة لا يوجد مثلها في الحياة البرية. فمثلاً لا بد أنك قد رأيت أنواعًا مختلفة من الأزهار المتباينة الألوان، كالحمراء والوردية والبيضاء. يستعين مهجنو النباتات بمعرفة العلماء بالجينات لتنويع خصائص معينة بهدف إنتاج أزهار فريدة.

التراكيب الجينية الجديدة Genetic Recombinations

الربط مع الرياضيات يطلق على ارتباط الجينات الجديد الناتج عن العبور الجيني والتوزيع الحر **التراكيب الجينية الجديدة** genetic recombination. والتراكيب الجينية المحتملة للجينات الناتجة عن التوزيع الحر يمكن حسابها باستخدام المعادلة (2^n)، حيث (n) عدد أزواج الكروموسومات. يحوي نبات البازلاء مثلًا سبعة أزواج من الكروموسومات، لذا فإن التراكيب الجينية المحتملة هي (2^7) أو 128 تركيبًا. ولما كان أي مشيج ذكري يحتمل أن يلقح أي مشيج أنثوي آخر فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو (128×128) أو (16,384). أما في الإنسان فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو ($2^{23} \times 2^{23}$)، أيْ أكثر من 70 تريليون. وهذا العدد لا يشمل التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن العبور الجيني، فسبحان الله!

ارتباط الجينات Gene linkage

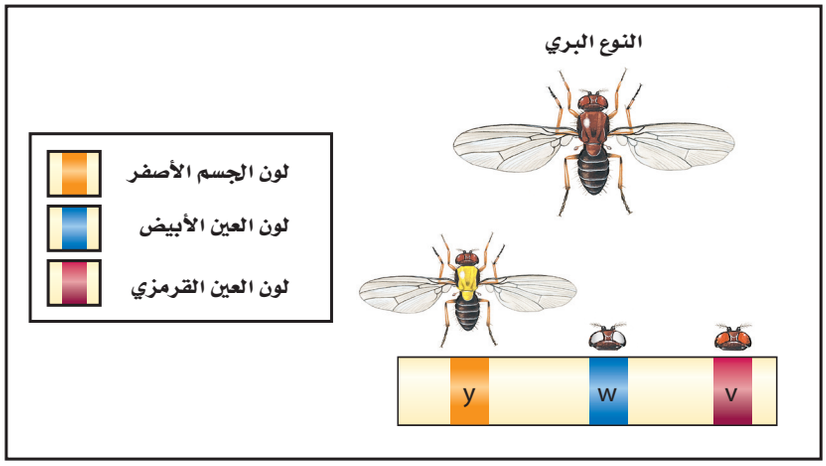
تذكر أن الكروموسومات تحوي جينات متعددة مسؤولة عن بناء البروتينات الخاصة، وتسمى الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه الجينات المرتبطة، وعادة ما تنتقل هذه الجينات معًا (كقطعة واحدة) في أثناء تكوين الأمشاج. تفحص **الشكل 13-4**، ولاحظ أن الجينين B وA يقع أحدهما قرب الآخر على الكروموسوم نفسه، وينتقلان معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. ولا ينطبق قانون مندل الثاني (التوزيع الحر) على ارتباط الجينات على الكروموسوم؛ لأن الجينات المرتبطة لا تنفصل عادة بشكل حر أو مستقل.



تمت دراسة ارتباط الجينات أول مرة باستخدام ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*، وأكدت آلاف عمليات التلقيح أن الجينات المرتبطة تنتقل معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. ومع ذلك كشفت بعض النتائج أن الجينات المرتبطة لا تنتقل دائمًا معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. فاستنتج العلماء أن الجينات المرتبطة يمكن أن تنفصل في أثناء العبور الجيني.

خرائط الكروموسومات Chromosome maps تحدث عملية العبور الجيني في الجينات البعيد بعضها عن بعض أكثر من الجينات القريب بعضها من بعض. ويبين الرسم الذي يسمى خريطة الكروموسومات ترتيب الجينات على الكروموسوم، ويمكن رسمها باستخدام بيانات عملية العبور الجيني. نُشرت أول خريطة كروموسومات عام 1913م باستخدام بيانات من آلاف عمليات التلقيح التي أجريت على ذبابة الفاكهة. لا تمثل نسب خريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم، ولكنها تُمثل المواقع النسبية للجينات. ويبين **الشكل 14–4** أول خريطة كروموسومات لذبابة الفاكهة. لاحظ أنه كلما ازداد تكرار حدوث عملية العبور الجيني أصبحت الجينات أكثر تباعدًا.

■ **الشكل 13–4** تنتقل الجينات التي ترتبط على الكروموسوم نفسه بعضها مع بعض إلى الأمشاج.
احسب عدد التراكيب الجينية المحتملة إذا اندمج اثنان أو ثلاثة من هذه الأمشاج معًا.



■ **الشكل 14–4** تم عمل الخريطة الكروموسومية للكروموسوم X في ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* في عام 1913م.

في أثناء عملية التلقيح، يرتبط تبادل الجينات مباشـرة مع تكرار حدوث عملية العبـور الجينـي بينها. ترتبط هـذه التكرارات بالمسـافات النسـبية بين زوج الجينات. وتسمى وحدة القياس المستخدمة في تقدير المسافة بين موقع جينين على الكروموسـوم الواحد وحدةَ خريطة واحدة، وتسـمح هذه بحدوث نسبة عبـور مقدارها 1%. والجينات المتباعدة أكثر لها تكرارات أكبر لحدوث عملية العبور الجيني. **الشكل 14–4**.

تجربة 2 - 4

خريطة الكروموسومات

أين تقع الجينات على الكروموسـوم؟ ترتبط المسـافة بين جينين على الكروموسوم بتكرار عملية العبور الجيني بينهما. وبمقارنة بيانات عدة أزواج من الجينات يمكن تحديد الموقع التقديري للجين.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على جدول تكرار عبور أزواج الجينات من معلمك.
3. ارسم خطًّا على ورقة، وضع عليه علامات يبعد بعضها عن بعض 1 cm على أن تمثل كل علامة تكرار عبور جيني نسبته 1%.
4. عنون إحدى العلامات بالقرب من منتصف الخط بالحرف A. أوجد تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات B وA على الجدول الذي يزودّك به معلمك، ثم استخدم هذه البيانات في تحديد المسافة الصحيحة (البعد) بين موقع B عن A.
5. استخدم تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات C وA وزوج الجينات C وB لتستنتج موقع الجين C.
6. كرر الخطوتين 5 و4 لكل جين، واضعًا علامة تُحدد مواقعها على الخط.

التحليل

1. **قوّم.** هل يمكن معرفة موقع الجين على الكروموسوم إذا استُخدم جين واحد آخر فقط؟
2. **قوم.** لماذا يفضل استخدام تكرار عبور جيني أكبر من أجل الحصول على خريطة كروموسومية أكثر دقة؟

تعدّد المجموعة الكروموسومية Polyploidy

لمعظم أنواع المخلوقات الحية خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية، وبعضها له خلايا **متعددة المجموعة الكروموسومية** polyploidy وهي وجود مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من الكروموسومات في المخلوق الحي. فالمخلوق الحي الثلاثي المجموعة الكروموسومية، على سبيل المثال، يرمز إليه بـ (3n)، وتعني أنه يحوي ثلاث مجموعات كاملة من الكروموسومات. ونادرًا ما يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية في الحيوانات، ولكنه يحدث أحيانًا في ديدان الأرض والأسماك الذهبية. أما في الإنسان فإن حدوث تعدد المجموعة الكروموسومية يعد قاتلاً. وهناك واحد من كل ثلاثة أنواع من النباتات الزهرية متعدد المجموعة الكروموسومية تقريبًا. ومن الأمثلة عليها نبات القمح (6n)، والشوفان (6n)، وقصب السكر (8n)، ويبين **الشكل 15–4** نباتات متعددة المجموعة الكروموسومية، وهي غالبًا تمتاز بالصلابة والحيوية والحجم الكبير.

الفراولة (8n)

القهوة (4n)

■ **الشكل 15–4** العديد من النباتات المتنوعة – ومنها نبات الفراولة والقهوة – متعددة المجموعة الكروموسومية.

التقويم 4-3

الخلاصة

- تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور الجيني والتوزيع الحر.
- رُسمت الخرائط الكروموسومية الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم.
- يختار المزارعون النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بناءً على خصائصها المرغوب فيها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **حلّل** كيف ترتبط عملية العبور الجيني مع التنوع؟
2. **ارسم.** افترض أن الجينين C وD مرتبطان على الكروموسوم نفسه، والجينين c وd على كروموسوم آخر، مفترضًا عدم حدوث عملية العبور. ارسم الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام المنصِّف مبينًا الكروموسومات ومواقع الجينات.
3. **صِفْ** كيف يُستخدم تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

التفكير الناقد

4. **ارسم** خريطة كروموسومات للجينات A،B،C،D؛ مُستخدمًا بيانات العبور الجيني الآتية:

من D ⟵ A = 25 %

من B ⟵ A = 30 %

من D ⟵ C = 15 %

من D ⟵ B = 5 %

من C ⟵ B = 20 %

5. **قوّم** ما المزايا التي يوفرها تعدد المجموعة الكروموسومية للمزارعين؟
6. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب قصة تصف فيها مجتمعًا يخلو سكانه من التنوع الوراثي.

إثراء علمي

مهن: اختصاصيُّ وراثة النبات

هل من الأفضل أن تحوي النباتات كروموسومات أكثر؟

قارن بين الزهرتين في الصورة أدناه. ما أوجه الاختلاف التي تلاحظها؟ كلتا الزهرتين تنتج عن نبات يُعرف باسم الزنبق النهاري. والزهرة التي عن اليسار لنبات متعدد المجموعة الكروموسومية. فما الذي يجعل هذه النبتة غير عادية؟ تحتوي خلاياها على أكثر من مجموعتين من الكروموسومات.

أثار اختصاصيو وراثة النبات الاهتمام الشديد بتعدد المجموعة الكروموسومية منذ عقود. فوجدوا مجموعات متعددة من الكروموسومات تؤثر بوضوح في شكل النبات ورائحته، ويجذب المستهلكين.

استخدام وراثة النباتات يطبّق اختصاصيو وراثة النبات طرائق الوراثة ومبادئها لتحسين نوعية النباتات وإنتاجها. فهم يطوِّرون أنواعًا أكثر مقاومة للأمراض والحشرات المؤذية والجفاف. وقد أنتجت بعض النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية، ومنها نبات العنب الخالي من البذور، والبطيخ والحمضيات؛ لتفي بمتطلبات المستهلك. ويحاول العديد من اختصاصيي النبات جعل المحاصيل ذات قيمة غذائية أكثر.

إن إنتاج الأنواع الجديدة من النباتات التي تشمل الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية يفيد الإنسان من نواحٍ عدة. ففي تايلاند مثلاً قام باحثون بإنتاج نبات أرز متعدد المجموعة الكروموسومية له قدرة عالية على تحمل الملوحة.

هذه النباتات قد تنمو في مناطق تحتوي تربتها على نسبة عالية من الأملاح ولا تصلح للزراعة في مناطق أخرى، مما يوفر الدخل للمزارعين في المناطق الفقيرة اقتصاديًّا.

كيف يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية؟ يقوم اختصاصيو وراثة النبات بإنتاج النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بنقع بذور أو براعم نباتات معينة في مادة كيميائية تسمى الكولشيسين. ويتداخل هذا المركب مع عملية انقسام الخلية فيؤدي إلى بقاء جميع الكروموسومات في خلية واحدة في أثناء تكوين الأمشاج وعدم انقسامها. ويتضاعف في أثناء التلقيح عدد الكروموسومات، وينتج عنها نبات متعدد المجموعة الكروموسومية. ويفترض العلماء أن تعدد المجموعة الكروموسومية الطبيعي ينتج غالبًا عن طفرات تحدث في أثناء انقسام الخلية.

مزايا تعدد المجموعة الكروموسومية يؤدي وجود أكثر من مجموعة كروموسومية واحدة في النباتات إلى عدة مزايا؛ فالنباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية عادة ما تكون أكبر حجمًا وأقوى، وتكوّن نظامًا جذريًّا أفضل، وتنتج أزهارًا وفاكهة أكبر.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء تخيل أنك مختص في وراثة نبات في مرصد نباتي (مكان تزرع فيه الأشجار لأغراض علمية أو تعليمية)، ثم طُلب إليك كتابة وصف وظيفي لهذه المهنة. اكتب قائمة بالمهارات والمعارف التي تتطلبها هذه المهنة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

مختبر الأحياء

صمم بنفسك

كيف تُساعد الطرز الشكلية للأبناء على تحديد الطرز الجينية للآباء؟

الخلفية النظرية: **إن لصفات معظم النباتات جينات سائدة وأخرى متنحية. وقد يكون تحليل صفات نباتات تنمو من البذور مؤشرًا جيدًا على الطرز الجينية المتوقعة في الأبناء، وكذلك الطرز الشكلية والجينية في النباتات الآباء.**

سؤال: هل يمكن تحديد الطرز الجينية والطرز الشكلية للآباء باستخدام الطرز الشكلية للأبناء؟

المواد والأدوات

اختر موادَّ مناسبة لهذه التجربة.

- مجموعتان من بذور النباتات.
- تربة للزراعة.
- أصص لزراعة البذور.
- وعاء لرش الماء.
- معول صغير.

احتياطات السلامة

خطط ونفذ المختبر

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. كوّن فرضية تبين إمكانية استخدام الطرز الشكلية للأبناء لاستنتاج الطرز الجينية للآباء.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.
4. قرّر نوع البيانات التي تحتاج إلى جمعها.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
6. تأكد من موافقة مُعلمك على تجربتك قبل بدئها.
7. نفّذ تجربتك.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلص بصورة مناسبة من البذور أو النباتات التي يحتمل أن تصبح نباتات دخيلة في منطقتك. ولا تطرح الأنواع الضارة في البيئة، بل في مكابّ النفايات.

حلل ثم استنتج

1. **اجمع البيانات ونظّمها.** عُدَّ النباتات الصغيرة ذات الطرز الشكلية المختلفة لكل مجموعة من النباتات.
2. **احسب** نسبة النباتات المختلفة في كل واحدة من مجموعات البذور الخاصة بك.
3. **حدّد** نوعين أو أكثر من عمليات التلقيح المحتملة.
4. **حلّل.** استخدم مربع بانيت لكل تلقيح حددته في الخطوة (3). حدد هل جمعت البيانات الناتجة عن كل تلقيح محتمل؟
5. **قوّم.** كيف تؤثر البيانات التي جمعتها من مجموعتي البذور، في نسبة النباتات الصغيرة (البادرات)؟
6. **استخلص النتائج.** بناءً على البيانات من مجموعتي البذور الخاصة بك، اعمل قائمة بالطرز الجينية والطرز الشكلية للآباء.
7. **تحليل الخطأ.** قارن النسب التي حصلت عليها بنسب زملائك. وصِف أي اختلافات إن وجدت، ثم اجمع بياناتك مع بيانات مجموعة أخرى، واستنتج كيف أن زيادة عدد البذور يؤثر في نتائج التجربة.

تواصَل

عمل ملصق اعمل ملصقًا يصف التجربة التي نفذتها، واعرض البيانات التي جمعتها. ثم نظم جلسة صفية عند اكتمال الملصق، لتناقش في أثنائها نتائج زملائك وتقارنها بنتائجك.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المطويات **استنتج** على الوجه الخلفي لمطويتك، كيف يؤدي الانقسام المنصِّف والتراكيب الجينية الجديدة معًا إلى التنوع الوراثي؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 الانقسام المنصِّف	
الجين الكروموسوم المتماثل المشيج خلية أحادية المجموعة الكروموسومية الإخصاب خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية الانقسام المنصِّف عملية العبور	**الفكرة الرئيسة** **ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.** • يحدث تضاعف DNA مرة واحدة فقط في أثناء الانقسام المنصِّف الذي ينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية. • يضم الانقسام المنصِّف مرحلتين من الانقسامات. • ينتج عن الانقسام المنصِّف تنوّع وراثي في الأمشاج.
4–2 الوراثة المندلية	
الوراثة الجين المتقابل الصفة السائدة الصفة المتنحية متماثل الجينات غير متماثل الجينات الطراز الجيني الطراز الشكلي قانون انعزال الصفات الهجين قانون التوزيع الحر	**الفكرة الرئيسة** **وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.** • أول من درس الوراثة العالم جريجور مندل، الذي ألقت تجاربه على نبات البازلاء الضوءَ على وراثة الصفات. • وضع مندل قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر. • يساعد مربع بانيت على توقع الأبناء المحتملين من التلقيح.
4–3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية	
التراكيب الجينية الجديدة متعدّد المجموعة الكروموسومية	**الفكرة الرئيسة** **يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.** • تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور الجيني والتوزيع الحر. • رُسمت الخرائط الكروموسومية الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم. • يختار المزارعون النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بناءً على خصائصها المرغوب فيها.

الفصل 4 التقويم

4-1

مراجعة المفردات

اختر المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل للإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. عندما تندمج خليتان تحملان العدد (n) من الكروموسومات، فما نوع الخلية الناتجة؟
2. في أي عملية تتكون الأمشاج؟
3. ما اسم العملية التي ينتج عنها تبادل الجينات بين الكروموسومات المتماثلة؟

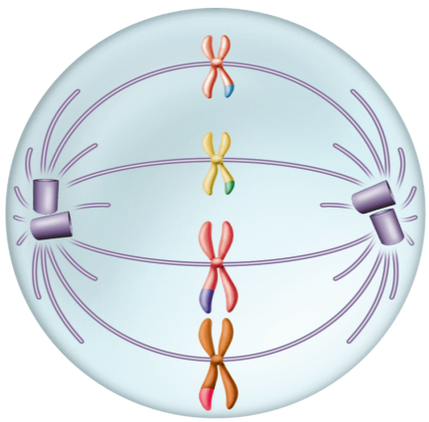
تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ما عدد الكروموسومات في خلية تمر بالطور الاستوائي الأول من الانقسام المنصِّف إذا كانت تحوي 12 كروموسومًا في أثناء الطور البيني؟

a. 6 **c.** 24

b. 12 **d.** 36

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. أيّ مراحل الانقسام المنصِّف يمثلها الشكل السابق؟
   - **a.** الطور التمهيدي الأول.
   - **b.** الطور التمهيدي الثاني.
   - **c.** الطور الاستوائي الأول.
   - **d.** الطور الاستوائي الثاني.
6. ما الخطوة الآتية للكروموسومات في الشكل السابق؟
   - **a.** تمر بعملية التضاعف.
   - **b.** تمر بعملية الإخصاب.
   - **c.** ينخفض عددها إلى النصف في الخلية.
   - **d.** تنقسم إلى كروماتيدات شقيقة.
7. أيّ مما يأتي **لا يعد** من خصائص الكروموسومات المتماثلة؟
   - **a.** لها الطول نفسه.
   - **b.** لها موقع السنترومير نفسه.
   - **c.** لها نوع الجينات المتقابلة نفسها على الموقع نفسه.
   - **d.** تصبح في صورة أزواج في أثناء المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف.

أسئلة بنائية

8. **إجابة قصيرة.** اكتب جملة واحدة أو اثنتين للربط بين المصطلحات الآتية: الانقسام المنصِّف، الأمشاج، الإخصاب.
9. **إجابة قصيرة.** لا تحتوي الخلايا النباتية على مريكزات. كوّن فرضية تفسر سبب عدم حاجة الخلايا النباتية إلى مريكزات في عملية الانقسام المتساوي أو المنصِّف.

4 تقويم الفصل

التفكير الناقد

10. حلّل. للفرس 64 كروموسومًا وللحمار 62 كروموسومًا. باستخدام معرفتك عن الانقسام المنصِّف، قوّم لماذا يؤدّي التزاوج بين الفرس والحمار إلى إنجاب البغل الذي يكون عقيمًا عادة؟

11. كوّن فرضية. في مملكة النحل، تكون الملكة ثنائية المجموعة الكروموسومية، في حين يكون ذكر النحل أحادي المجموعة الكروموسومية. وينمو البيض المخصب ليصبح إناث نحل، في حين ينمو البيض غير المخصب ليصبح ذكورًا. كيف يمكن أن يختلف إنتاج الأمشاج في ذكر النحل عن إنتاجها بعملية الانقسام المنصِّف الطبيعية؟

4-2

مراجعة المفردات

وضّح الفرق بين كل المفردات الآتية:

12. السائد، المتنحي.

13. الطراز الجيني، الطراز الشكلي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

14. ما نسبة الطرز الشكلية الناتجة عن تزاوج أرنب أسود (Bb) مع أرنب أبيض (bb)؟

a. 0 أسود: 1 أبيض

b. 1 أسود: 0 أبيض

c. 1 أسود: 1 أبيض

d. 3 أسود: 1 أبيض

15. صفة الأزهار الأرجوانية (P) في نبات البازلاء سائدة على صفة الأزهار البيضاء (p)، وكذلك النباتات الطويلة (T) سائدة على النباتات القصيرة (t). عند تزاوج نبات طويل أرجواني الأزهار (PpTt) مع نبات قصير أبيض الأزهار (pptt). فما نسبة الطرز الشكلية الناتجة؟

a. 1 أرجواني طويل: 1 أرجواني قصير: 1 أبيض طويل: 1 أبيض قصير.

b. 3 أرجواني طويل: 2 أرجواني قصير.

c. 9 أرجواني طويل: 3 أرجواني قصير: 3 أبيض طويل: 1 أبيض قصير.

d. جميعها أرجوانية طويلة.

4 تقويم الفصل

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 16 و17.

16. عند تــزاوج قطة مجعدة الأذنين كما في الصورة أعلاه مع قط غير مجعد الأذنين كانت جميع القططة الصغيرة التــي ولدت غير مجعدة الأذنيــن. وعند تزاوج الأبناء معًا كانت نسبة الطرز الشكلية 3 غير مجعدة: 1 مجعدة الأذنين. لذا تعد صفة الأذن المجعدة:

a. ناتجة عن عملية العبور الجيني.

b. سائدة.

c. متنحية.

d. بحاجة إلى إجراء عدد كبير من التزاوجات لتحديد آلية توارث هذه الصفة.

أسئلة بنائية

17. إجابــة قصيــرة. ماذا يحدث في الجيــل الثالث (F_3) للقط المجعــد الأذنين المبين في الشــكل أعلاه، إذا تزاوج جميع أفــراد الجيل الثانــي (F_2) مع قططة غير مجعدة الأذنين؟

18. إجابــة قصيــرة. إذا وُلد لعائلة خمسة أطفال ذكور دون إناث، فهل يزيد هذا من احتمال إنجاب العائلة لمولود سادس أنثى؟ فسّر إجابتك.

التفكير الناقد

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 19.

19. توقّع. هناك نوعــان من الكلاب في الصورة، أحدهما بدون شعر والآخر له شعر، وصفة وجود الشعر تُحدد وراثيًّــا. بعض الكلاب التي لها شــعر تنتج فقط أفرادًا صغيرة لها شــعر، في حين ينتج بعضهــا الآخر أفرادًا صغيرة ليس لها شعر. فسّر كيف يمكن حدوث هذا؟

20. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمــال إنجاب زوجين لخمس إناث على التوالي؟

4 تقويم الفصل

4-3

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلحَ الصحيحَ من صفحة دليل مراجعة الفصل فيما يأتي:

21. يستخدم هرمون النمو في الإنسان في الزراعة لزيادة حجم الأزهار.

22. يُسهم كل من الانقسام المنصِّف وعملية العبور الجيني في كمية الكروموسومات في أنواع محددة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

23. أيّ مما يأتي لا يُسهم في التنوع الوراثي؟

a. عدد الكروموسومات.

b. العبور الجيني.

c. الانقسام المنصِّف.

d. التزاوج العشوائي.

24. أيّ المفاهيم الآتية لاينطبق عليه قانون مندل الثاني (التوزيع الحر)؟

a. العبور الجيني.

b. ارتباط الجينات.

c. تعدد المجموعة الكروموسومية.

d. قانون انعزال الصفات.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 25 و26.

25. إذا كان لذبابة المنزل في الصورة أعلاه ستة أزواج من الكروموسومات، فإذا تزاوج ذبابتان معًا، وحدث اصطفاف عشوائي لأزواج الكروموسومات، فما عدد أنواع البيوض المخصّبة المحتملة الناتجة؟

a. 256

b. 1024

c. 4096

d. 16,384

26. لذبابة المنزل ستة أزواج من الكروموسومات. ما عدد ارتباطات الأمشاج المحتملة التي يمكن أن تنتج عن الاصطفاف العشوائي لهذه الأزواج في أثناء الانقسام المنصِّف؟

a. 32

b. 48

c. 64

d. 120

4 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

27. **إجابة قصيرة.** ما العمليات الثلاث التي تزيد من التنوع الوراثي؟

28. **إجابة قصيرة.** كوّن فرضية حول كيفية إنتاج المزارعين لنباتات متعددة المجموعة الكروموسومية.

29. **إجابة قصيرة.** لماذا لا ينطبق قانون التوزيع الحر على ارتباط الجينات على الكروموسوم؟

التفكير الناقد

30. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** يقوم علماء البستنة بتنمية آلاف النباتات المتطابقة وراثيًّا باستخدام الأشتال التي لا تتكاثر جنسيًّا. ناقش مزايا استخدام الأشتال في تكثير نوعٍ معين من النباتات.

31. **كوّن فرضية.** توفر عملية العبور الجيني التنوّع الوراثي، الذي يغير في النهاية من جينات الجماعات الحيوية. ومع ذلك، فبعض المخلوقات الحية التي تتكاثر جنسيًّا لا يظهر فيها آليات التراكيب الجينية الجديدة. فما المزايا التي تحصل عليها المخلوقات الحية عندما تقوم بتقليل التراكيب الجينية الجديدة؟

تقويم إضافي

32. **الكتابة في علم الأحياء** تعد صفة الصوف الأبيض في الأغنام صفة سائدة على صفة الصوف الأسود المتنحية. افترض أن بعض الأغنام من قطيع معين غير متماثلة الجينات للون الصوف، اكتب خطة تبين كيفية تحسين صفات قطيع أغنام يحمل صفة الصوف الأبيض.

أسئلة المستندات

أُخذت الفقرات التالية من منشورات مندل.

"يجب حماية النباتات المهجنة في أثناء موسم الأزهار من تأثير حبوب اللقاح الغريبة إذا لم تكن هذه النباتات قادرة على توفير هذه الحماية ".

33. وضع مندل القاعدة أعلاه لنباتاته التجريبية. لخّص أهمية هذه القاعدة لنجاح تجاربه.

"إن الهدف من التجربة هو ملاحظة التنوع في حالة كل زوج من الخصائص المميزة والاستدلال على القانون الذي يظهر نتائجه في الأجيال المتعاقبة. وتحلّل التجربة نفسها إلى العديد من التجارب المنفصلة. فهناك صفات مميزة تظهر بثبات في النباتات التجريبية".

34. صف هدف مندل من إجراء تجاربه على تهجين النباتات.

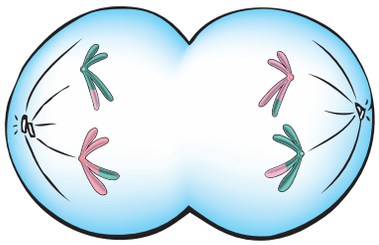
اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

1. في أثناء الانقسام المنصِّف للخلية، أيّ المراحل الآتية تنفصل فيها الكروماتيدات الشقيقة بعضها عن بعض؟
   a. الطور الانفصالي الأول.
   b. الطور الانفصالي الثاني.
   c. الطور النهائي الأول.
   d. الطور النهائي الثاني.

2. أيّ مما يأتي يمثّل مخلوقًا حيًّا متعدد المجموعة الكروموسومية؟
   a. $\frac{1}{2}$ n
   b. $1\frac{1}{2}$ n
   c. 2 n
   d. 3 n

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3 و4.

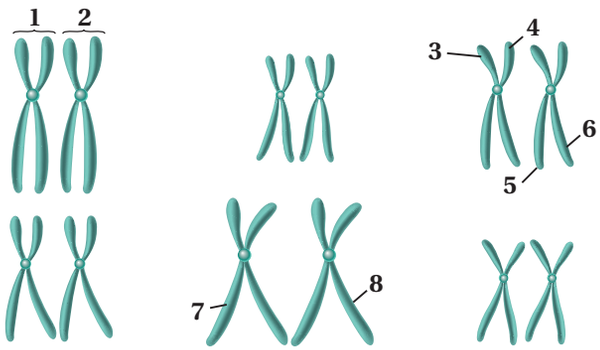


3. أيّ مراحل الانقسام المنصِّف ممثَّلة في الشكل؟
   a. الطور الانفصالي الأول.
   b. الطور الانفصالي الثاني.
   c. الطور الاستوائي الأول.
   d. الطور الاستوائي الثاني.

4. أيّ العمليات الآتية يمكن أن تحدث للخلية بعد المرحلة المبينة في الشكل خلال عملية الانقسام المنصِّف؟
   a. تتحول إلى ثنائية العدد الكروموسومي.
   b. العبور الجيني.
   c. انقسام السيتوبلازم.
   d. تضاعف DNA.

5. ما عدد الجينات المتقابلة التي توجد في كل خلية، عندما يكون المخلوق الحي ثلاثي المجموعة الكروموسومية؟
   a. 1
   b. 3
   c. 6
   d. 9

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن الأسئلة 6 – 8.



6. أيّ التراكيب المرقمة تمثل زوجًا متماثلاً؟
   a. 1 و 2
   b. 3 و 4
   c. 3 و 6
   d. 7 و 8

7. أيّ أجزاء الكروموسومات المبينة قد تظهر في أمشاج هذا المخلوق؟
   a. 1 و2
   b. 3 و 6
   c. 3 و 7
   d. 2 و 6

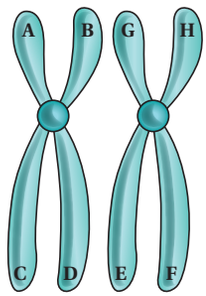
8. إذا كان الشكل يُبين كل الكروموسومات الموجودة في الخلايا الجسمية فما عدد الكروموسومات في مشيج هذا المخلوق في نهاية الانقسام المنصِّف الأول؟
   a. 3
   b. 6
   c. 9
   d. 12

9. ما العملية التي تلعب دورًا في التنوع الوراثي؟
   a. التكاثر اللاجنسي.
   b. انقسام السيتوبلازم.
   c. التوزيع الحر.
   d. الانقسام المتساوي.

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 10 و11.



10. يبين الشكل أعلاه زوجًا من الكروموسومات ذات مواقع مختلفة أشير إليها بأحرف. وضِّح أين يمكن أن يحدث العبور الجيني على زوج الكروموسومات هذا؟

11. متى يمكن أن يحدث العبور الجيني؟

12. لون البذور الصفراء في نباتات البازلاء صفة سائدة على صفة لون البذور الخضراء المتنحية. استعمل مربع بانيت لتوضح نتائج تزاوج نبات أصفر البذور غير متماثل الجينات مع نبات أخضر البذور (استخدم الرموز المناسبة).

13. اعتمادًا على نتائجك في السؤال (12)، ما نسبة الأفراد التي لها طراز جيني غير متماثل؟ فسّر إجابتك.

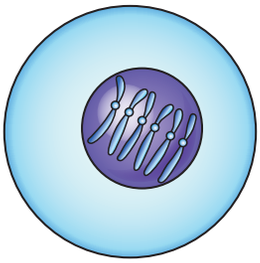
14. كيف تحفز عملية الانقسام المنصِّف التنوع الوراثي في الأنواع المختلفة من المخلوقات الحية؟

15. افترض أنك أجريت تزاوجًا بين مخلوقين حيين كلاهما يحمل الطراز الجيني RrYy. ما نسبة الأفراد الناتجين الذين سيكونون متماثلي الجينات لكلتا الصفتين؟ فسّر إجابتك.

16. كوّن فرضية حول سبب حدوث الانقسام المنصِّف في المرحلتين: الأولى والثانية.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 17.



17. يبين الشكل أعلاه الكروموسومات الموجودة في خلايا جنسية لمخلوق حي معين. صف بناءً على هذا الشكل ما يحدث في أثناء عملية الإخصاب في هذا النوع.

سؤال مقالي

نوع نبات البازلاء الذي درسه مندل له أزهار بنفسجية أو أزهار بيضاء. أحد لونَيْ هذه الأزهار سائد، واللون الآخر متنحٍّ.

بناءً على المعلومات الواردة في الفقرة السابقة، أجب عن السؤال الآتي مقاليًّا.

18. وضّح. ما التزاوجات التي يحتمل أن يكون قد أجراها مندل لتحديد اللون السائد؟

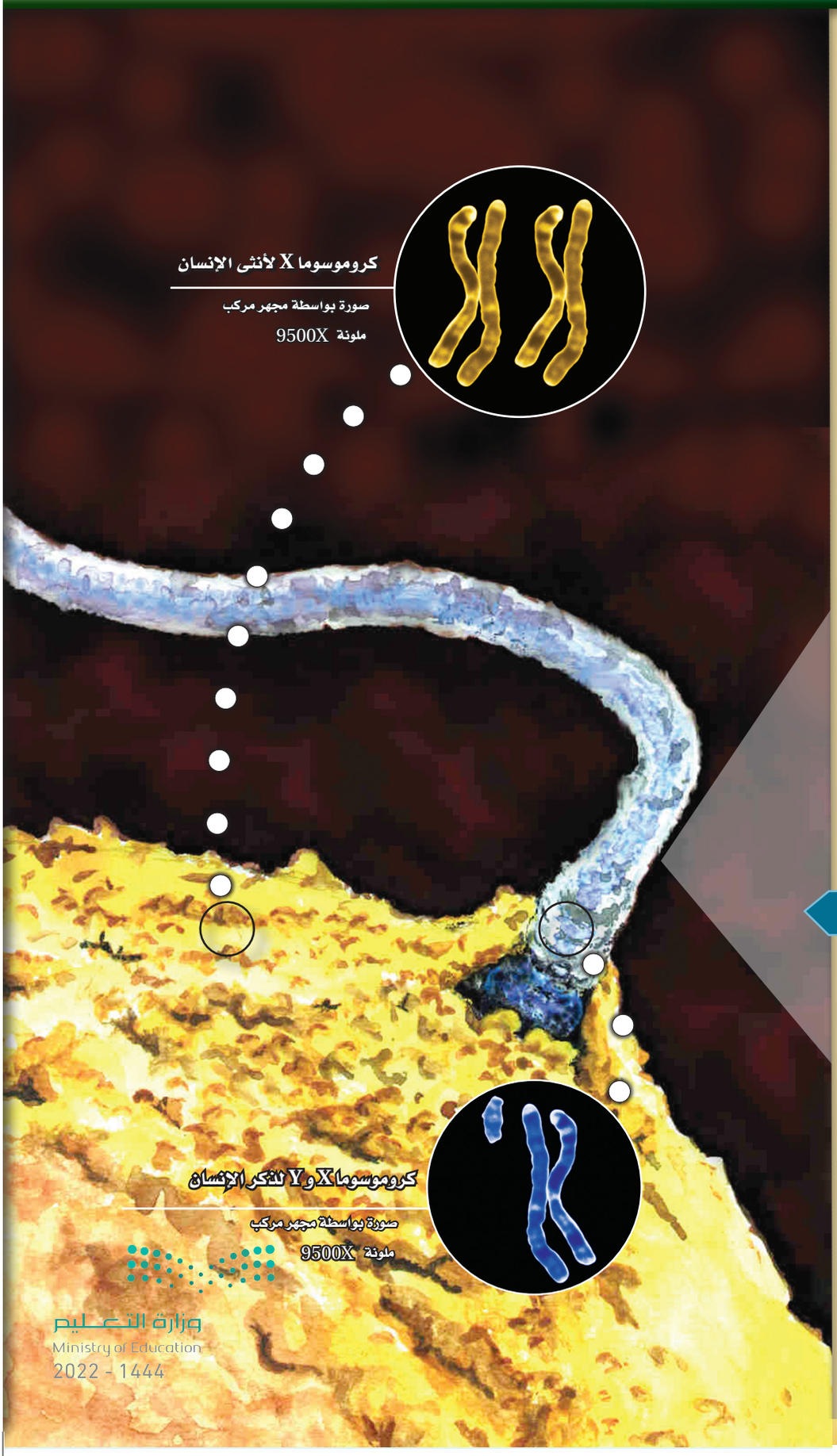
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الفصل / القسم	4–1	4–3	4–1	4–1	4–3	4–1	4–1	4–1	4–3	4–1	4–1	4–2	4–1	4–2	4–1	4–1	4–1	4–2
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 5

الوراثة المعقدة والوراثة البشرية

Complex Inheritance & Human Heredity



الفكرة العامة لا تنطبق قوانين مندل على الوراثة في الإنسان دائمًا.

5–1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان

الفكرة الرئيسة يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.

5–2 الأنماط الوراثية المعقدة

الفكرة الرئيسة لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.

5–3 الكروموسومات ووراثة الإنسان

الفكرة الرئيسة يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.

حقائق في علم الأحياء

- يمكن تمييز تنوع البشر في بعض الأحيان بالصفات الشكلية مثل لون الجلد، ولون الشعر، وطي الجلد عند زاوية العين.
- قد تكون الاختلافات الوراثية لأفراد ينتمون للعرق نفسه أكبر من الاختلافات الوراثية بين الأفراد الذين ينتمون إلى أعراق أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

تجربة استهلالية

ما الذي تعرفه عن وراثة الإنسان؟

كلما زادت المعرفة بالوراثة لدى الإنسان وفهمها تطلب الأمر إعادة النظر في الأفكار الشائعة منذ أمد طويل، تلك المتعلقة بحقائق الوراثة لدى الإنسان. فقبول الأفكار أو رفضها مرهون بالدليل، وبما تقدمه الاكتشافات الحديثة؛ والتي قد تتغير في المستقبل.

خطوات العمل

1. اقرأ العبارات الآتية بدقة، وقرر ما إذا كانت صحيحة أم خاطئة:
   a. الأب هو الذي يحدد جنس الجنين.
   b. يمكن أن ينقل الآباء صفات لا تظهر لديهم إلى أبنائهم.
   c. التوائم المتطابقة دائمًا تكون من الجنس نفسه.
2. ناقش زملاءك ومعلمك في إجاباتك.

التحليل

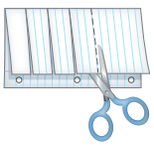
1. **قوّم.** ما السؤال الذي أجاب عنه الصف كله بطريقة غير صحيحة؟ ناقش أسباب ذلك.
2. **حلّل.** ما فائدة فهم الوراثة لدى الإنسان؟

المطويات
منظمات الأفكار

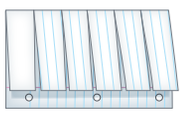
الاختلالات الوراثية اعمل هذه المطوية لتساعدك على فهم كيف يرتبط التنوع في تسلسل ترتيب النيوكليوتيدات مع الاختلالات الوراثية.

الخطوة 1: اطوِ ورقة طوليًّا، تاركًا مسافة 2.25 cm بين طرفيها كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: أدر الورقة، وقصّ الطبقة العلوية لعمل ستة ألسنة متساوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: عنون كل لسان من المطوية باختلال وراثي مختلف، وصف كل اختلال تحت كل لسان على الوجه الخلفي للورقة:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1–5**، وسجل وأنت تقرأ الدرس كيفية تتبع الاختلالات الوراثية باستخدام مخطط السلالة.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-1

الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان
Basic Patterns of Human Inheritance

الأهداف

- **تحلل** الأنماط الوراثية لتحدد أيها سائد وأيها متنحٍّ.
- **تلخص** أمثلة على الاختلالات السائدة والمتنحية.
- **تنشئ** مخطط سلالة للإنسان بناءً على معلومات وراثية.

مراجعة المفردات

الجينات: قطع من DNA تتحكم في إنتاج البروتينات.

المفردات الجديدة

حامل الصفة
مخطط السلالة

الفكرة الرئيسة **يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.**

الربط مع الحياة يفيد تتبع الأثر في الاستدلال على صاحبه. وكذلك فإن تتبع الوراثة لدى الإنسان يمكن أن يبين كيفية انتقال صفةٍ ما من جيل إلى آخر.

اختلالات وراثية متنحية Recessive Genetic Disorders

الربط مع التاريخ في بداية عام 1900م بدأ العلماء يهتمون بالوراثة بعد أن أهملت نتائج مندل لأكثر من 30 سنة. وفي هذا الوقت اهتم الطبيب البريطاني آرتشيبالد جارود باختلال مرتبط بنقص إنزيم يسمى الكابتونيوريا ينجم عن إفراز الحمض في البول، وينتج عنه بول أسود. لاحظ د. جارود أن الحالة تظهر عند الولادة وتستمر خلال حياة المريض، وتؤثر في النهاية في العظام والمفاصل. وقد لاحظ أن الكابتونيوريا ينتقل بين العائلات. وقد حدد جارود بمساعدة عالم آخر أن الكابتونيوريا اختلال وراثي متنحٍّ.

ويستمر التقدم اليوم ليساعدنا على فهم الاختلالات الوراثية. ادرس **الجدول 1–5**، وتذكر أن الصفة المتنحية تظهر عندما يكون الفرد متماثل الجينات المتنحية لتلك الصفة. لذا فالأفراد الذين لديهم جين سائد واحد على الأقل لا تظهر عليهم الصفة المتنحية. والفرد الذي يكون غير متماثل الجينات لاختلال وراثي متنحٍّ يسمى **حاملًا للصفة** carrier.

الجدول 1–5 مراجعة المصطلحات

المصطلح	مثال	التعريف
صفة وراثية نقية (متماثل الجينات) Homozygous	نباتات بازلاء نقية صفرو البذور طرازها الجيني YY، وأخرى خضراء البذور طرازها الجيني yy.	مخلوق حي لديه جينان متقابلان متشابهان لصفة معينة يسمى نقي الصفة الوراثية (متماثل الجينات لهذه الصفة).
صفة وراثية غيرنقية (غيرمتماثل الجينات) Heterozygous	نبات طرازه الجيني Yy يكوِّن نبات بازلاء أصفر البذور	مخلوق حي لديه جينان متقابلان مختلفان لصفة معينة يسمى غير نقي لتلك الصفة الوراثية (خليط الصفة، غير متماثل)، عندما تكون الجينات المتقابلة غير نقية تظهر الصفة السائدة.

الجدول 2–5	اختلالات وراثية متنحية في الإنسان			
الاختلال الوراثي	معدل الإصابة	السبب	الأثر	العلاج / الشفاء
التليف الكيسي **Cystic fibrosis**	1 لكل 3500	تعطل الجين المسؤول عن إنتاج بروتين غشائي.	• إفراز مخاط كثيف. • فشل هضمي وتنفسي.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • تنظيف يومي للمخاط من الرئتين. • أدوية تقليل المخاط. • متممات إنزيم البنكرياس.
المهاق **Albinism**	1 لكل 17,000	لا تنتج الجينات كميات كافية من صبغة الميلانين.	• لا يوجد لون في الجلد، والعيون والشعر. • الجلد معرّض لتلف بسبب الأشعة فوق البنفسجية. • مشكلات في الرؤية.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • وقاية الجلد من الشمس والعوامل البيئية الأخرى. • إعادة تأهيل الرؤية.
مرض تاي - ساكس **Tay—sachs disease**	1 لكل 2500	غياب الإنزيم الضروري لتحليل الأحماض الدهنية.	• تراكم أجسام دهنية في الدماغ. • إعاقة عقلية.	• لا علاج ولا شفاء منه إلا بإذن الله. • الوفاة عند سن 5 سنوات.
الجلاكتوسيميا **Galactosemia**	1 لكل 50,000–70,000	غياب جين ينتج الإنزيم المسؤول عن تحليل الجلاكتوز.	• إعاقة عقلية. • تضخم الكبد. • فشل كلوي.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • تناول وجبات خالية من اللاكتوز/ الجلاكتوز.

التليف الكيسي Cystic fibrosis أحد أشهر الاختلالات الوراثية المتنحية، الذي يؤثر في الغدد المنتجة للمخاط، والإنزيمات الهاضمة، والغدد العرقية؛ إذ لا يتم امتصاص أيونات الكلور إلى داخل خلايا جسم الشخص المصاب بالتليف الكيسي، ولكن يتم إفرازها مع العرق. ولا ينتشر الماء إلى خارج الخلايا دون وجود أيونات كلور كافية في الخلايا. ويسبب هذا إفراز مخاطًا كثيفًا يؤثر في مناطق مختلفة من الجسم، فيغلق قنوات البنكرياس، ويعيق الهضم، ويغلق الممرات التنفسية الدقيقة في الرئتين. ويتعرض مرضى التليف الكيسي للعدوى أكثر؛ بسبب المخاط المتراكم في رئاتهم.

ويتضمن علاج التليف الكيسي حاليًّا العلاج الفيزيائي (الجسمي)، والأدوية، والغذاء الخاص، وتناول بدائل لإنزيمات الهضم. وتتوافر فحوص وراثية لتحديد ما إذا كان الشخص حاملاً للجين المتنحي.

المهاق Albinism ينجم المهاق في البشر عن اختلال جيني، يؤدي إلى غياب صبغة الميلانين في الجلد والشعر والعينين. ويوجد الميلانين في حيوانات أخرى أيضًا.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المفردات

المفردات الأكاديمية

التردي Decline

الفقدان التدريجي أو التدهور.

زادت حالته الصحية تدهورًا بسبب إصابته بالمرض.

والشخص المصاب بالمهاق شعره أبيض، وجلده شاحبٌ جدًّا، وبؤبؤ عينه ورديّ. وقد يؤدي نقص الميلانين في العيون إلى مشكلات في الرؤية. وعلى الرغم من أن علينا جميعًا أن نحمي أنفسنا من أشعة الشمس فوق البنفسجية فإن المصابين بالمهاق يجب أن يحموا أجسامهم أكثر.

مرض تاي – ساكس Tay– Sachs disease مرض ينتج عن اختلال وراثي متنحٍّ، والجين المسؤول عنه موجود على الكروموسوم 15. ويتم تحديد هذا المرض بوجود بقعة حمراء في مؤخرة العين، ويبدو أن مرض تاي ساكس ينتشر كثيرًا بين اليهود من أصول شرق أوروبية.

وينجم مرض تاي – ساكس عن نقص إنزيمات مسؤولة عن تحليل أحماض دهنية تسمى جانجليوسايدز gangliosides – تتكون بصورة طبيعية، ثم تذوب عند نمو الدماغ. وتتراكم أحماض جانجليوسايدز في الأشخاص المصابين بمرض تاي– ساكس، مسببة تضخمًا في الخلايا العصبية الدماغية وتلفًا دماغيًّا.

الجلاكتوسيميا Galactosemia اختلال وراثي ينتج عنه عدم قدرة الجسم على هضم الجلاكتوز. خلال الهضم يتحلل اللاكتوز من الحليب إلى جلوكوز وجلاكتوز. والجلوكوز هو السكر الذي يستخدمه الجسم مصدرًا للطاقة وينتقل مع الدم. يجب أن يتحلل الجلاكتوز إلى جلوكوز بإنزيم (GALT) Galactose–1–Phosphate Uridyltransferase أو الناقل للجلاكتوز المفسفر. والأشخاص الذين يفتقرون إلى وجود إنزيم GALT أو أنه غير نشط في أجسامهم، لا يمكنهم هضم الجلاكتوز. ويتعين على المصابين بمرض جلاكتوسيميا أن يتجنبوا منتجات الحليب، ارجع إلى **الجدول 2–5**.

اختلالات وراثية سائدة Dominant Genetic Disorders

ليست الاختلالات الوراثية كلها ناجمة عن الوراثة المتنحية، بل إن بعض الاختلالات، مثل مرض هنتنجتون النادر، كما في **الجدول 3–5**، سببها جينات سائدة؛ مما يعني أن الأشخاص الذين ليس لديهم اختلالات تكون جيناتهم متنحية متماثلة لهذه الصفة.

الجدول 3–5 اختلالات وراثية سائدة في الإنسان

الاختلال	نسب الإصابة	السبب	الأثر	العلاج/الشفاء
مرض هنتنجتون	1 لكل 10,000	اختلال في أحد الجينات يؤثر في الوظيفة العصبية.	• تدهور في الوظائف العصبية والعقلية. • ضعف في القدرة على الحركة.	لا يوجد شفاء أو علاج إلا بإذن الله.
عدم نمو الغضروف	1 لكل 25,000	اختلال في الجين الذي يؤثر في نمو العظام.	• أذرع وسيقان قصيرة. • رأس كبير.	لا يوجد شفاء إلا بإذن الله.

مرض هنتنجتون Huntington's disease يؤثر في الجهاز العصبي، وتظهر أعراض هذا المرض أولاً في الأشخاص المصابين بين سن 30–50 سنة. وتشمل هذه الأعراض الفقدان التدريجي لوظائف الدماغ، والحركات غير المسيطر عليها، واضطرابات عاطفية. تتوافر اختبارات وراثية للكشف عن هذا الجين السائد. ويواجه المصاب معضلة كبيرة؛ بسبب عدم توافر علاج واقٍ أو دواء لهذا المرض في الوقت الحالي.

عدم نمو الغضروف (القمأة) Achondroplasia الفرد المصاب بهذه الحالة الوراثية السائدة له جسم صغير الحجم وأطراف قصيرة بصورة واضحة. ويُعد عدم نمو الغضروف أكثر أشكال التقزم انتشارًا، ويبلغ طول الشخص المصاب 1.30 m تقريبًا عند البلوغ، ويعيش حياة عادية طوال فترة حياته.

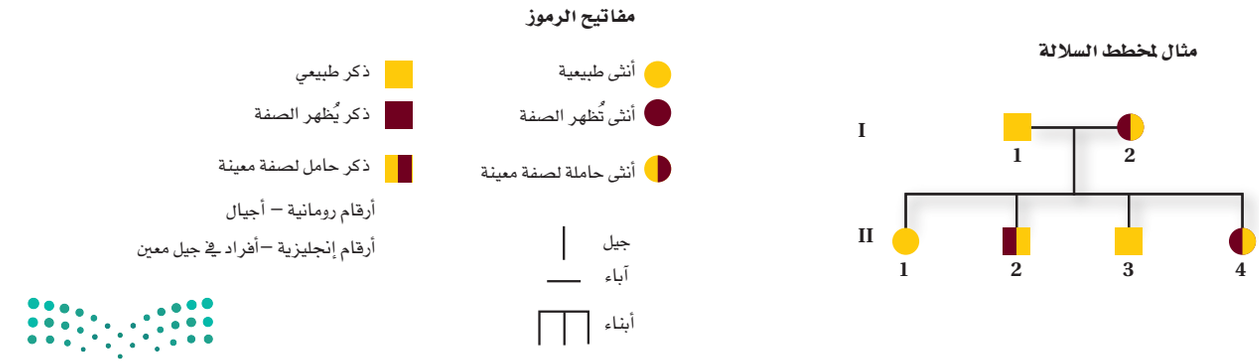
ومن المثير للاهتمام أن 75% من الأفراد المصابين بهذا الاختلال يولدون لأبوين متوسطي الطول. وتنجم هذه الحالة للأطفال عن طفرة جديدة أو تغيّر وراثي.

ماذا قرأت؟ **حدّد** فرص وراثة اختلال وراثي سائد أو متنحٍّ إذا كان أحد الأبوين مصابًا به.

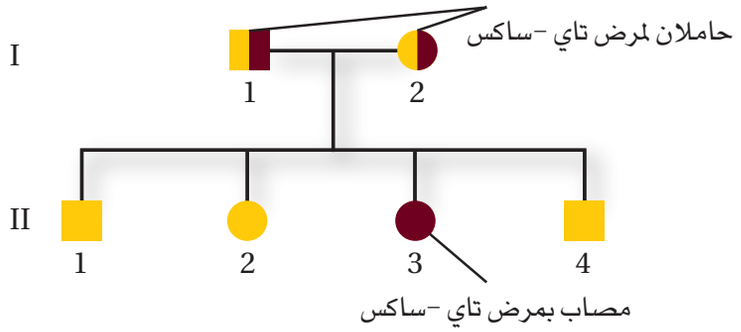
مخطط السلالة Pedigrees

يمكن للعلماء إجراء تزاوجات لدراسة العلاقات الوراثية في المخلوقات الحية، مثل البازلاء وذبابة الفاكهة. وفي حالة الإنسان، يدرس العلماء تاريخ العائلة باستخدام **مخطط السلالة** pedigree ، وهو شكل يتتبع وراثة صفة معينة خلال عدة أجيال. ويستخدم مخطط السلالة رموزًا لتوضيح وراثة الصفة. حيث يُمثّل الذكور بالمربعات، وتُمثل الإناث بالدوائر، كما يبين **الشكل 1–5**. والأفراد الذين تظهر لديهم الصفة يتم تمثيلهم بدائرة أو مربع مظلل باللون الغامق، بحسب جنسهم. أما الأفراد الذين لا تظهر لديهم الصفة فيمثلون بدوائر أو مربعات غير مظللة باللون الغامق.

ويشير الخط الأفقي بين الرموز إلى أن هؤلاء آباء للأبناء الذين أسفلهم. ويترتب الأبناء بحسب ترتيب الولادة من اليمين إلى اليسار، ويكون بعضهم مرتبطًا مع بعض وكذلك مع آبائهم.



الشكل 1–5 يستعمل مخطط السلالة رموزًا معيارية للإشارة إلى ما هو معروف عن الصفة التي يتم دراستها.



■ **الشكل 2-5** يوضح مخطط السلالة وراثة الاختلال الوراثي المتنحي (مرض تاي -ساكس). لاحظ أن الأبوين غير المتأثرين (I 1 و I 2) يمكن أن ينجبا طفلًا واحدًا مصابًا (II 3).

يستعمل مخطط السلالة نظام الترقيم؛ حيث تمثل الأرقام الرومانية الأجيال، وترقم الأفراد بحسب الولادة بالأرقام العربية. فعلى سبيل المثال، الفرد (II 1)، في الشكل **1-5** أنثى، وهي المولودة الأولى للجيل (II).

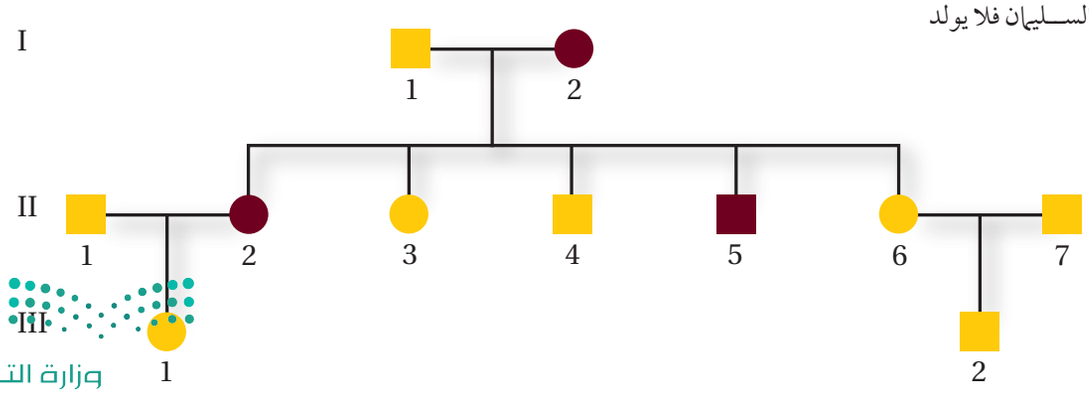
تحليل مخطط السلالة Analyzing Pedigree

يبين **الشكل 2-5** مخطط سلالة لمرض تاي – ساكس. ومرض تاي- ساكس، كما في **الجدول 2-5**، اضطراب وراثي متنحٍّ ينتج عن نقص في إنزيم يدخل في أيض الدهون. فينتج عنه تراكم الدهون في الجهاز العصبي المركزي، وقد يؤدي إلى الموت. تفحص المخطط في **الشكل 2-5**، تلاحظ أن الأبوين السليمين (I1) و (I2) يولد لهما طفل مصاب (II3)، وهذا يدل على أن كل أب لديه جين متنحٍّ واحد، وكلاهما غير متماثل الجينات (غير نقي الصفات) حامل للصفة. وتعني كل من الدائرة والمربع نصفَي المظللين أن كلا الأبوين يحمل الصفة.

يُبين مخطط السلالة في **الشكل 3-5** وراثة اختلال وراثي سائد، وهو تعدد الأصابع. فالأشخاص المصابون بهذا الاختلال لديهم زيادة في عدد أصابع الأيدي وأصابع القدمين. وتظهر الصفة في الوراثة السائدة عندما يوجد جين واحد سائد فقط. فإذا كان أحد الآباء غير مصاب والآخر مصابًا بتعدد الأصابع فإن الابن يمكن أن يكون غير نقي الصفة أو متنحيًا (متماثلًا).

فعلى سبيل المثال، في **الشكل 3-5**، الأنثى (I 2) المشار إليها بدائرة غامقة اللون مصابة بتعدد الأصابع. ولما كانت الصفة تظهر في هذه الأنثى، فقد تكون سائدة (نقية الصفات سائدة أو غير نقية الصفات).

■ **الشكل 3-5** يوضح مخطط السلالة هذا وراثة اختلال وراثي سائد. لاحظ أن أحد الأبوين المصابين يمكن أن تنتقل جيناته (II 5، II 2)، أما الأبوان السليمان فلا يولد لهما طفل مصاب (III 2).



ويمكن استنتاج أنها غير متماثلة (غير نقية) الجينات، أيْ أن لديها جينًا سائدًا، وآخر متنحيًا ؛ لأن الأفراد (II 3) و(II 4) لا يظهر لديهم هذا الاختلال. لاحظ أن (II 6) و (II 7) أبوان غير مصابين، وكذلك أبناؤهما غير مصابين – (III 2). فما الذي تستنتجه عن الجينات للأنثى (II 2)، بناءً على الطراز الشكلي لأبويها وأبنائها؟

استنتاج الطرز الجينية Inferring genotypes تستعمل مخططات السلالة لاستنتاج الطرز الجينية بملاحظة الطرز الشكلية. فيمكن للمستشار الوراثي، عن طريق معرفة الصفات الجسدية تحديد أي الجينات يحتمل وجودها في فرد ما؛ إذ يتم تحليل الطرز الشكلية للعائلات بصورة كاملة لتحديد الطرز الجينية للعائلة، كما في **الشكل 3-5**.

تساعد مخططات السلالة مستشاري الوراثة على تحديد ما إذا كانت أنماط الوراثة سائدة أم متنحية. وعندما يتم تحديد هذه الأنماط يمكن الكشف عن الطرز الجينية للأفراد من خلال تحليل مخطط السلالة. ولكي يحلَّل مخطط السلالة يتم عادة دراسة صفة واحدة محددة، وتحديد ما إذا كانت صفة سائدة أم متنحية. والصفات السائدة أكثر تمييزًا من الصفات المتنحية؛ لأنها تظهر في الطراز الشكلي.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

المستشار الوراثي Genealogist يدرس ويتتبع وراثة بعض الصفات في الأفراد أو العائلات ويحدد الأمراض الوراثية إن وجدت.

تجربة 1 - 5

استقصِ مخطط سلالة للإنسان

أين التفرع في مخطط سلالة العائلة؟ يتكاثر الإنسان ببطء، على عكس بعض المخلوقات الحية الأخرى، وينتج القليل من الأبناء في المرة الواحدة. ومن الطرائق التي تستعمل في دراسة صفات الإنسان تحليل مخطط السلالة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. تخيل أنك اختصاصي وراثة تقابل شخصًا مهتمًّا بحالةٍ ما في عائلته، هي وجود الشعر على شحمة الأذن.
3. صمّم مخططًا من النص التالي، واستعمل الرموز والأشكال المناسبة:

"اسمي سليم، وكان لجدي الأول محمود شعر على شحمة الأذن، أما جدتي الأولى سميرة فلم يكن لها شعر على شحمة أذنها. أنجب محمود وسميرة ثلاثة أطفال، هم زياد وسلوى وعادل؛ كان للطفل الأكبر (زياد) شعر على شحمة أذنه، وكذلك الابنة الوسطى سلوى؛ ولكن الابن الأصغر (عادل) لم يكن لديه شعر على شحمة أذنه. ولم يتزوج عادل أبدًا ولم يكن له أبناء. في حين تزوج زياد بمنى، فأنجبا ابنة واحدة هي رقية. وكان زياد هو الذكر الوحيد في العائلة الذي له شعر على شحمة أذنه. وتزوجت سلوى بباسم، وأنجبا روان وإسراء. ولم يكن لباسم شعر على شحمة أذنه، في حين كان لابنتيه شعر على شحمة الأذن".

التحليل

1. **قوّم** أبسط الطرائق التي تستخدم في عمل مخططات توضح توارث هذه الصفة.
2. **التفكير الناقد.** بالاعتماد على هذه التجربة بوصفها مرجعًا، كيف يمكن أن نستفيد من مخططات سلالة العائلة و**تحليلها بصورة عملية**؟

لن تظهر الصفة المتنحية إلا إذا كان الشخص يحمل الجينات المتماثلة المتنحية لتلك الصفة. وهذا يعني أن جينًا متنحيًا واحدًا انتقل من كل أب. وعندما تظهر الصفات المتنحية يتم تتبع أسلاف الشخص الذي تظهر فيه الصفة لعدة أجيال لتحديد أيهم كان حاملاً للجين المتنحي.

توقع الاختلالات Predicting disorders إذا تم الاحتفاظ بسجلات جيدة للعائلات فإن الاختلالات الوراثية المستقبلية للأجيال يمكن توقعها. ويمكن الحصول على المزيد من الدقة إذا تم تحديد حالة عدة أفراد من العائلة. إن دراسة الوراثة في البشر صعبة؛ لأن العلماء مقيدون بالوقت والدين والظروف. فعلى سبيل المثال تتطلب دراسة كل جيل عقودًا حتى تكتمل. لذا فحفظ سجل جيد يساعد العلماء على استعمال تحليل مخطط السلالة لدراسة أنماط الوراثة، وتحديد الطرز الشكلية والطرز الجينية في عائلة ما.

التقويم 5-1

الخلاصة

- يمكن أن تنتج الاختلالات الوراثية عن جينات سائدة أو متنحية.
- التليف الكيسي اختلال وراثي يؤثر في إفراز المخاط والعرق.
- يفتقر الأفراد المصابون بالمهاق إلى صبغة ميلانين في الجلد والشعر والعيون.
- مرض هنتنجتون يؤثر في الجهاز العصبي.
- يسمى عدم نمو الغضروف بالقماءة.
- يستعمل مخطط سلالة العائلة في دراسة أنماط الوراثة في الإنسان.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اعمل** مخطط سلالة عائلة لأبوين سليمين ابنهما مصاب بالتليف الكيسي.
2. **فسر** نوع الوراثة المرتبط بمرض هنتنجتون ومرض عدم نمو الغضروف.
3. **فسر.** هل يمكن لأبوين مصابين بالمهاق أن ينجبا ابنًا سليمًا؟ فسر إجابتك.
4. **ارسم.** افترض أن أبوين يستطيعان ثني لسانيهما، أما ابنهما فلا يستطيع ذلك، ارسم مخطط سلالة عائلة يبين هذه الصفة، وعنون كل طراز جيني بالرمز المناسب.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء الفينيل كيتونيوريا (PKU) اختلال وراثي متنحٍّ. إذا كان الأبوان حاملين له فما احتمال أن ينجبا طفلاً مصابًا؟ وما احتمال أن ينجبا طفلين مصابين؟
6. **حدّد.** عندما يطلب زوجان فحصًا للتليف الكيسي فما الأسئلة التي قد يسألها الطبيب قبل عمل هذه الفحوص؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-2

الأنماط الوراثية المعقدة
Complex Patterns of Inheritance

الأهداف

- **تميز** بين أنماط الوراثة المعقدة المختلفة.
- **تحلل** أنماط الوراثة المرتبطة مع الجنس.
- **تفسر** كيف تؤثر البيئة في الطراز الشكلي لمخلوق حي.

مراجعة المفردات

المشيج: خلية جنسية (حيوان منوي أو بويضة) مكتملة النمو أحادية المجموعة الكروموسومية.

المفردات الجديدة

السيادة غير التامة
السيادة المشتركة
الجينات المتعددة المتقابلة
التفوق الجيني
الكروموسوم الجنسي
الكروموسوم الجسمي
الصفة المرتبطة مع الجنس
الصفات المتعددة الجينات

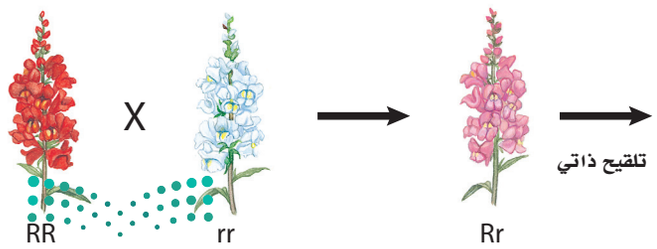
الفكرة الرئيسة **لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.**

الربط مع الحياة تخيل مصابًا بعمى اللونين الأحمر والأخضر؛ حيث لا يظهر اللون الأحمر بوضوح في الإضاءة الخافتة، أما في الليل فيبدو اللون الأخضر كاللون الأبيض المستخدم في إنارة الشوارع. ولمساعدة المصابين بهذا الاختلال صممت إشارات المرور بألوان تَتبعُ النمط نفسه دائمًا؛ وعلى كل حال، لا يتبع عمى اللونين الأحمر والأخضر نمط الوراثة نفسه الذي وصفه مندل.

السيادة غير التامة Incomplete Dominance

عندما يكون الفرد غير متماثل الجينات (غير نقي) لصفة ما يكون طرازه الشكلي ما تمثله الصفة السائدة. فعلى سبيل المثال، إذا كان الطراز الجيني لنبات البازلاء هو Tt (حيث T= الطراز الجيني لصفة "طول الساق" السائدة) فإن الطراز الشكلي لهذا النبات سيكون طويل الساق. وعند تزاوج نباتات شب الليل الحمراء الأزهار (RR) مع نباتات شب الليل البيضاء الأزهار (rr) فإن نباتات الجيل الناتج تحمل صفة الأزهار الوردية غير المتماثلة الجينات (Rr)، كما في **الشكل 4-5**. وهذا مثال على **السيادة غير التامة** incomplete dominance؛ حيث يشكل فيها الطراز الشكلي غير المتماثل الجينات صفة وسطية بين الطرازين الشكليين المتماثلي الجينات الخاصة بالآباء. وعندما يتزاوج أفراد الجيل الأول غير المتماثلين الجينات ذاتيًّا ينتج عنها أزهار حمراء ووردية وبيضاء بنسبة 1 :2 :1 على التوالي، كما في **الشكل 4-5**.

الشكل 4-5 ينتج لون أزهار نبات شب الليل عن السيادة غير التامة. عندما يتزاوج نبات يحمل صفة الأزهار البيضاء النقية مع نبات يحمل صفة الأزهار الحمراء النقية تظهر صفة الأزهار الوردية في F_1. وعند تلقيح أفراد F_1 ذاتيًّا تنتج نباتات حمراء الأزهار، ووردية، وبيضاء.
توقع. **ماذا يحدث إذا لقحت نباتًا وردي الأزهار مع نبات أبيض الأزهار؟**



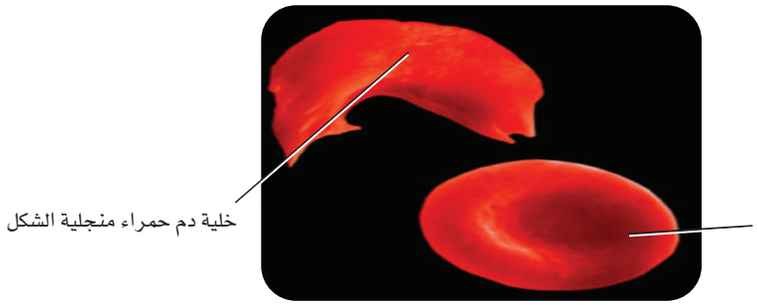
	R	r
R	RR أحمر	Rr وردي
r	Rr وردي	rr أبيض

نسبة الطرز الشكلية 1:2:1

الشكل 5-5

يمين: يزيد جين مرض أنيميا الخلايا المنجلية من المقاومة لمرض الملاريا.

يسار: خلايا الدم الحمراء الطبيعية منبسطة وقرصية الشكل. أما الخلايا المنجلية فهي طولية وتشبه حرف C. ويمكنها أن تتراكم وتغلق الدورة الدموية في الأوعية الدموية الصغيرة.



السيادة المشتركة Codominance

تذكر أنه عندما يكون المخلوق الحي غير متماثل الجينات لصفة محددة فإن الطراز الشكلي الذي يعبر عنه الجين السائد هو الذي يظهر. أما في أنماط الوراثة المعقدة –ومنها **السيادة المشتركة** codominance– فيظهر أثر كلا الجينين عندما يكون الطراز الجيني لصفة ما غير متماثل الجينات. فعلى سبيل المثال يتبع مرض أنيميا الخلايا المنجلية وراثة السيادة المشتركة.

مرض أنيميا الخلايا المنجلية Sickle–cell disease الجين المسؤول عن مرض أنيميا الخلايا المنجلية شائع، وهو محمول على الكروموسومات الجسمية، وخصوصًا في الأشخاص ذوي الأصول الإفريقية، وينتقل مرض أنيميا الخلايا المنجلية عندما يجتمع جينان متنحيان من الأبوين. ويؤثر مرض أنيميا الخلايا المنجلية في خلايا الدم الحمراء وقدرتها على نقل الأكسجين. يبين **الشكل 5-5** خلايا الدم في فردٍ غير متماثل الجينات لصفة مرض أنيميا الخلايا المنجلية. ينتج عن تغيرات في الهيموجلوبين – خاصة البروتين الموجود في خلايا الدم الحمراء– تغُير شكل خلايا الدم الحمراء– تغيرُ خلايا الدم إلى شكل منجلي، أو شكل حرف C. لا تنقل الخلايا المنجلية الأكسجين بفاعلية؛ لأنها توقف الدورة الدموية في الأوعية الدموية الصغيرة. والأشخاص غير المتماثلي الجينات لهذه الصفة لديهم خلايا طبيعية وخلايا منجلية في الوقت نفسه. وهؤلاء الأفراد يمكن أن يعيشوا حياة طبيعية؛ حيث إن الخلايا الطبيعية تعوّض الخلل الناتج عن الخلايا المنجلية.

ينتشر مرض الأنيميا المنجلية في بعض مناطق المملكة العربية السعودية. ومن الإجراءات التي تتّبعها الجهات المعنيّة في المملكة للتقليل من انتشار المرض وانتقاله من الآباء إلى الأبناء الالتزام بإجراء الفحص الطبي الشامل قبل الزواج؛ حيث تكشف هذه التحاليل الطبية الإصابة بالمرض، وتمكِّن المستشار الوراثي من تحديد نسبة أو احتمال وراثة الأبناء للمرض من آباء مصابين، كما تحدد احتمال ظهور المرض على الأبناء من آباء لم تظهر عليهم الأعراض المرضية لأنهم حاملون للمرض فقط.

مرض أنيميا الخلايا المنجلية والملاريا
Sickle–cell disease and malaria

يوضح **الشكل 5-5** توزيع مرضى الخلايا المنجلية والملاريا في إفريقيا. لاحظ تداخل بعض المناطق التي ينتشر فيها مرض أنيميا الخلايا المنجلية مع مناطق الملاريا الواسعة الانتشار.

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

من أهداف الرؤية:

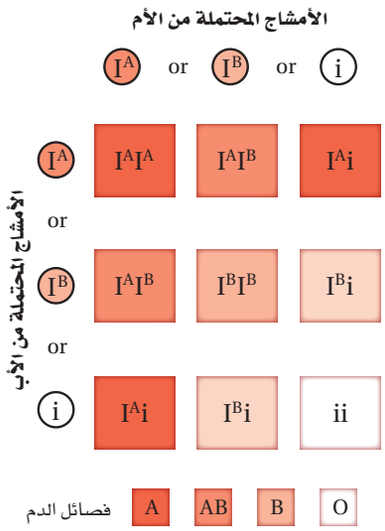
2.1.1 تسهيل الحصول على الخدمات الصحية

لماذا تكثر مثل هذه المستويات العالية من مرض أنيميا الخلايا المنجلية في إفريقيا الوسطى؟ اكتشف العلماء أن الأفراد غير المتماثلي الجينات لمرض أنيميا الخلايا المنجلية هم أيضًا أعلى مقاومة للملاريا؛ إذ تكون معدلات الوفيات بسبب الملاريا أقل في المناطق التي تكون فيها صفة مرض أنيميا الخلايا المنجلية أعلى. ولما كان وجود الملاريا أقل في تلك المناطق فإن أفرادًا أكثر يعيشون لينقلوا صفة الخلايا المنجلية لأبنائهم. ولذلك يستمر مرض أنيميا الخلايا المنجلية في التزايد في إفريقيا.

الجينات المتعددة المتقابلة Multiple Alleles

لا يتم تحديد جميع الصفات الوراثية بوساطة جينين متقابلين دائمًا، فبعض الصفات الوراثية –ومنها فصائل الدم في الإنسان– تحدد بأكثر من جينين، أو ما يسمى **الجينات المتعددة المتقابلة** multiple alleles.

فصائل الدم في الإنسان Blood groups in humans لنظام فصائل الدم ABO ثلاثة أشكال من الجينات المتقابلة، تسمى أحيانًا علامات AB: I^A تدل على فصيلة دم A؛ I^B فصيلة دم B؛ i هي فصيلة دم O. وعند غياب علامات AB تكون فصيلة الدم O. لاحظ أيضًا أن الجين i متنحٍّ مقارنة بـ I^A و I^B. تنطبق السيادة المشتركة على الجينات I^A و I^B؛ إذ تنتج فصيلة الدم AB من كلا الجينين I^A و I^B. ويعد نظام فصائل الدم ABO مثالاً على الجينات المتعددة المتقابلة والسيادة المشتركة، كما في **الشكل 6-5**. يُحدد نظام الدم ABO أيضًا بالعامل الرايزيسي Rh، الذي يورث من كل أب. وقد يكون العامل Rh سالبًا أو موجبًا (Rh^- أو Rh^+)؛ حيث إن Rh^+ سائد على Rh^-. وعامل Rh عبارة عن بروتين على خلايا الدم الحمراء اكتشف في دراسات على القرد الرايزيسي.



الشكل 6-5 هناك ثلاثة أشكال من الجينات المتقابلة في فصائل الدم ABO هي: I^B، I^A، i.

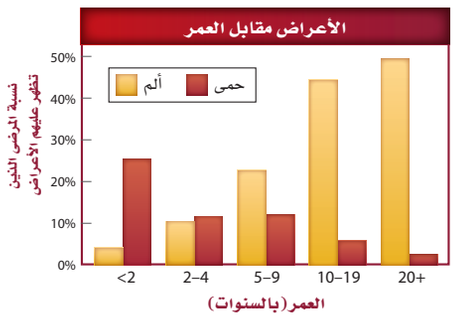
مختبر تحليل البيانات 1-5

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر الرسم البياني

ما العلاقة بين مرض أنيميا الخلايا المنجلية والمضاعفات الأخرى؟ تظهر عدة أعراض على المرضى المصابين بمرض أنيميا الخلايا المنجلية، منها الفشل التنفسي والمشكلات العصبية. ويوضح الرسم البياني المجاور العلاقة بين العمر وأعراض مرضين آخرين – هما الألم والحمى – قبل أسبوعين من الإصابة بمتلازمة ألم الصدر الحاد ودخول المستشفى.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

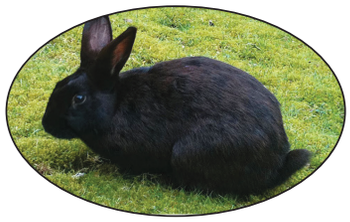
1. **حدد.** ما المجموعة العمرية التي أظهرت أعلى نسبة من الألم قبل دخول المستشفى؟
2. **صف** العلاقة بين العمر والحمى قبل دخول المستشفى.

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Walters, et al. 2002. Novel therapeutic approaches in sickle cell disease. *Hemotology* 17: 10–34

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

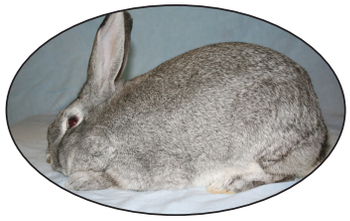
لـون الفـرو في الأرانـب Coat color of rabbits يمكن للجينات المتعددة المتقابلة أن توضح عملية تسلسل السـيادة. ففي الأرانب تسيطر أربعة جينات، على لون الفرو، هي: c ، c^h ، c^{ch} ، C. فالجين C سائد على بقية الجينات الأخرى وينتج عنه لون فرو واحد. والجين c متنحٍّ وينتج عنه طراز شـكلي أبيض عندما يكون الطراز الجيني متنحيًا نقيًّا. أما الجين c^{ch} فسـائد على الجين c^h، في حين أن الجين c^h سائد على الجين c، ويمكن كتابة هذا التسلسل السيادي على النحو التالي: $C > c^{ch} > c^h > c$. ويبين **الشكل 7-5** الطرز الجينية والشكلية المحتملة للون فرو الأرانب. فاللون الأسـود الكامل سائد على الشانشيلا، الذي هو سائد على الهيملايا، وهو بدوره سائد على لون الفرو الأبيض.

يزيد وجود الجينات المتقابلة من احتمالات الطرز الجينية والشكلية. ومن دون سـيادة الجينات المتعددة فإن جينين مثل t و T ينتجـان ثلاثة طرز جينية فقط– tt، Tt، TT مثـلًا – وطرازيـن شـكليين محتملين. ولكن الجينـات المتعددة المتقابلة الأربعة للون الفرو عند الأرانب تنتج عشرة طرز جينية محتملة وأربعة طرز شكلية، كما في **الشكل 7-5**. ويظهر المزيد من التنوع في لون فرو الأرانب نتيجة التفاعل بين جين لون الفرو والجينات الأخرى.

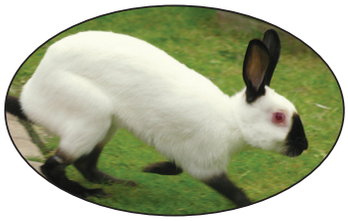


اللون الأسود الكامل CC, Cc, Cc^{ch}, Cc^h

الأمهق الأبيض cc



الشانشيلا $c^{ch}c^{ch}, c^{ch}c^h, c^{ch}c$



الهيملايا c^hc^h, Cc^h

الشكل 7-5 يوجد في الأرانب جينات متعددة متقابلة تتحكم في لون الفرو. وتعطي الجينات الأربعة أربعة أشـكال أساسـية من ألوان الفرو.

تفوق الجينات Epistasis

يمكن أن يختلف لون الفرو في نوع من الكلاب من الأصفر إلى الأسود. ويعود هـذا التنوع إلى وجود جيـن يخفي صفة جين آخر، ومثل هذا التفاعل يسـمى **تفوق الجينـات** epistasis. يتحكم في لون فرو هذه الـكلاب مجموعتان من الجينات المتقابلة؛ الجين السائد E يحدد ما إذا كان الفرو ذا صبغة غامقة اللون، بينما لا توجد أي أصباغ في فرو الكلـب ذي الطراز الجيني ee. في حين يحدد الجين B السائد درجة اللون الغامق من الصبغة.

■ **الشكل 8-5** تظهر نتائج تفوق الجينات في لون الفرو في نوع من الكلاب من خلال التفاعل بين جينين – حيث لكل جين منهما جينان متقابلان، E, e مثلًا. لاحظ الطرز الجينية السائدة والمتنحية.

إذا كان الطراز الجيني للكلاب هو EEbb أو Eebb فإن فرو الكلاب يكون بنيًّا بلون الشيكولاتة. لاحظ **الشكل 8-5**. أما الطرز الجينية eebb، eeBb، eeBB فتنتج فروًا لونه أصفر؛ لأن الجين e يخفي آثار صفة الجين B.

تحديد الجنس Sex Determination

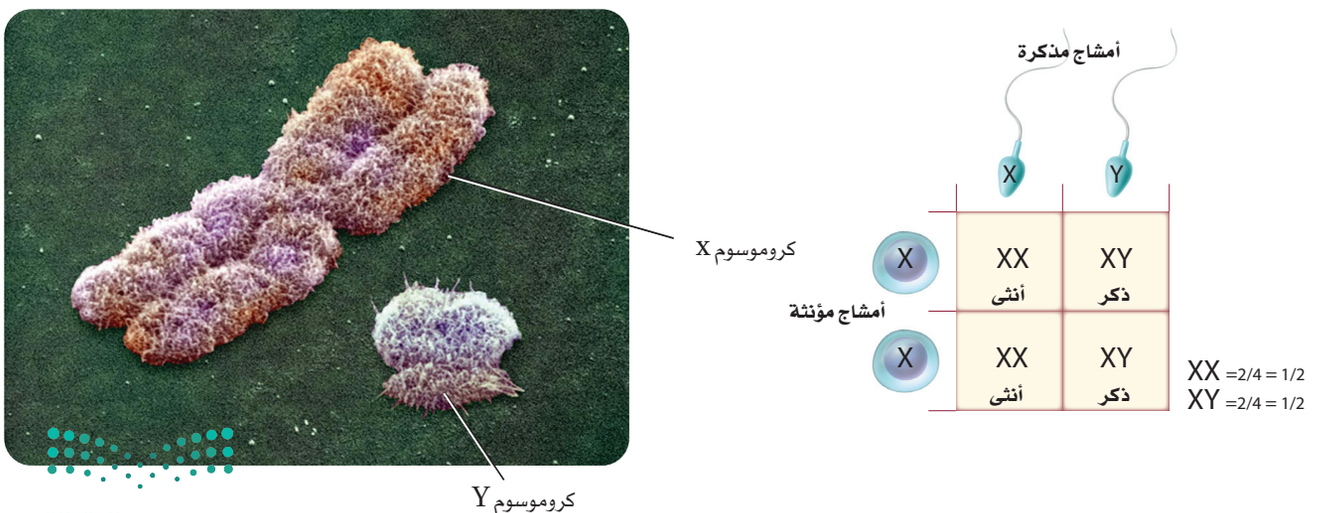
تحتوي كل خلية في جسمك، ما عدا الأمشاج، على 46 كروموسومًا، أو 23 زوجًا من الكروموسومات. أحد هذه الأزواج هو **الكروموسوم الجنسي** sex chromosomes، الذي يحدد جنس الفرد. وهناك نوعان من الكروموسومات الجنسية، هما X و Y. فيكون الأفراد الذين يحملون كروموسومين جنسيين من X إناثًا. أما الأفراد الذين يحملون الكروموسوم الجنسي X وآخر Y فيكونون ذكورًا. وتسمى الـ 22 زوجًا من الكروموسومات الأخرى الباقية **الكروموسومات الجسمية** autosomes. ويتحدد جنس الأبناء باتحاد الكروموسومات الجنسية في خلايا الحيوان المنوي والبويضة، كما في **الشكل 9-5**.

■ **الشكل 9-5**

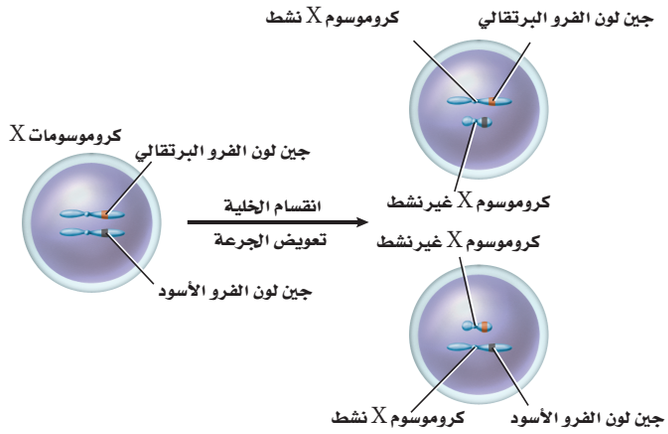
اليمين: ينتج عن انفصال الكروموسومات الجنسية إلى أمشاج، والاندماج العشوائي بين الحيوان المنوي والبويضة نسبة 1 ذكور: 1 إناث.

اليسار: يختلف الكروموسوم Y عن الكروموسوم X في الشكل والحجم.

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح؛ التكبير غير معروف



■ **الشكل 10- 5** ينتج فرو قطة الكاليكو هذه عن التوقف العشوائي لعمل الكروموسوم X؛ حيث أن أحد كروموسومات X مسؤولاً عن لون الفرو البني، في حين أن الكروموسوم X الآخر مسؤول عن لون الفرو الأسود.



تبديل الكروموسوم Chromosome Alteration

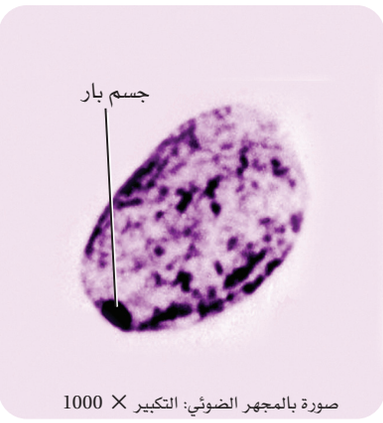
تحوي خلايا الإناث في الإنسان 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية وزوجًا من الكروموسوم الجنسي X. بينما تحوي خلايا الذكور 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية بالإضافة إلى الكروموسومات الجنسية X وY. ولأن الكروموسوم X أكبر حجمًا من الكروموسوم Y، كما في **الشكل 9-5**، فإنه يحمل عددًا كبيرًا من الجينات المختلفة الضرورية لنمو الذكور والإناث، في حين يحمل الكروموسوم Y جينات مرتبطة بشكل أساسي مع ظهور الصفات الذكرية.

ولأن لدى الإناث كروموسوميْ X، لذا تبدو الأنثى وكأن لها نسختين من الكروموسوم X، في حين أن الذكر لديه نسخة واحدة فقط. ولموازنة الفرق في عدد الجينات المرتبطة مع الكروموسوم X بين الذكر والأنثى، يتوقف أحد كروموسومات X عن العمل في كل خلية جسمية أنثوية. ويسمى هذا تبديل أو تعطيل الكروموسوم X؛ حيث يعد توقف عمل الكروموسوم X في كل خلية جسمية حدثًا عشوائيًّا تمامًا، ولا يخضع لقانون وراثي. ويحدث تبديل الكروموسوم في جميع الثدييات، فسبحان الله!

توقف عمل الكروموسوم Chromosome inactivation إن ألوان فرو قط الكاليكو، المبينة في **الشكل 10-5**، سببها توقف العمل العشوائي لكروموسوم X معين، وتعتمد ألوان فرو القط على الكروموسوم X النشط. وتنتج البقع البنية على الفرو نتيجة توقف عمل الكروموسوم X الذي يحمل الجين المقابل للون الفرو الأسود. وبالطريقة نفسها، تنتج البقع السوداء عن توقف عمل الكروموسوم X الذي يحمل الجين المسؤول عن لون الفرو البني.

أجسام بار Barr bodies يمكن مشاهدة الكروموسوم X الذي توقف عن العمل في الخلايا. ففي عام 1949م، لاحظ العالم الكندي موري بار كروموسومات X التي توقفت عن العمل في إناث قطط الكاليكو؛ حيث لاحظ تركيبًا غامقًا في النواة. وتسمى الكروموسومات الغامقة اللون التي توقفت عن العمل، كما في **الشكل 11-5**، أجسام بار. وقد اكتشف لاحقًا أن الإناث فقط -ومنها إناث الإنسان- تحوي أجسام بار في نوى خلاياها.

■ **الشكل 11- 5** تسمى كروموسومات X غير الفاعلة في خلايا جسم الأنثى أجسام بار، وهي أجسام داكنة اللون، توجد عادة في النواة.



صورة بالمجهر الضوئي: التكبير × 1000

الصفات المرتبطة مع الجنس Sex–Linked Traits

تسمى الصفات التي تتحكم فيها جينات موجودة على الكروموسوم X **الصفات المرتبطة مع الجنس** sex–linked traits. كما تسمى أيضًا الصفات المرتبطة مع الكروموسوم X. ولأن للذكور كروموسوم جنسي X واحدًا فقط فإنهم غالبًا ما يتأثرون بالصفات المتنحية المرتبطة مع الجنس أكثر من الإناث. فالإناث لن تظهر فيهن الصفات المتنحية المرتبطة مع الجنس غالبًا؛ لأن الكروموسوم X الثاني يمنع أو يقلل فرصة ظهور الصفة المتنحية.

عمى اللونين الأحمر – الأخضر Red–green color blindness صفة عمى اللونين الأحمر – والأخضر صفة مرتبطة مع الجنس متنحية. يبين **الشكل 12–5** كيف يمكن أن يرى الشخص المصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر مقارنة بشخص سليم. ادرس مربع بانيت في **الشكل 12–5** تلاحظ أن الأم حاملة لجين مرض عمى الألوان؛ لأن لديها جينًا متنحيًا لهذا المرض محمولًا على أحد كروموسومات X الخاصة بها. في حين تلاحظ أن الأب غير مصاب؛ لأنه ليس لديه جين الإصابة المتنحي. ويتم تمثيل الصفة المرتبطة مع الجنس بكتابة الجين على الكروموسوم X. لاحظ أيضًا أن الطفل الوحيد الذي يمكن أن يصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر هو الذكر. ولأن صفة عمى اللونين الأحمر والأخضر مرتبطة مع الجنس فهي نادرة الحدوث في الإناث.

نزف الدم (هيموفيليا) Haemophilia نزف الدم اختلال وراثي آخر مرتبط مع الجنس ناتج عن جين متنحٍّ محمول على الكروموسوم الجنسي X، ويتميز بتأخر تجلط الدم، وهو أكثر شيوعًا بين الذكور عما في الإناث.

كان الرجال المصابون بنزف الدم في الماضي يموتون عادة في أعمار مبكرة حتى القرن العشرين، حين اكتشف البروتين الضروري لتجلط الدم وأُعطي للأشخاص المصابين بنزف الدم.

■ **الشكل 12– 5** الأشخاص المصابون بعمى اللونين الأحمر والأخضر يرون اللونين الأحمر والأخضر على هيئة ظلال من اللون الرمادي.

فسر. لماذا يوجد عدد قليل من الإناث المصابة بعمى اللونين الأحمر والأخضر مقارنة بالذكور في المخطط أدناه؟

X^B = طبيعي
X^b = مصاب بعمى اللونين الأحمر- الأخضر
Y = كروموسوم Y

	X^B	Y
X^B	X^BX^B	X^BY
X^b	X^BX^b	X^bY

ومع ذلك كانت الفيروسات الموجودة في مرضى التهاب الكبد الوبائي من نوع C، ومرض نقص المناعة المكتسبة (الإيدز)- تنتقل إلى المصابين بنزف الدم حتى عام 1990م؛ حين اكتشفت طرائق أكثر أمنًا لنقل الدم.

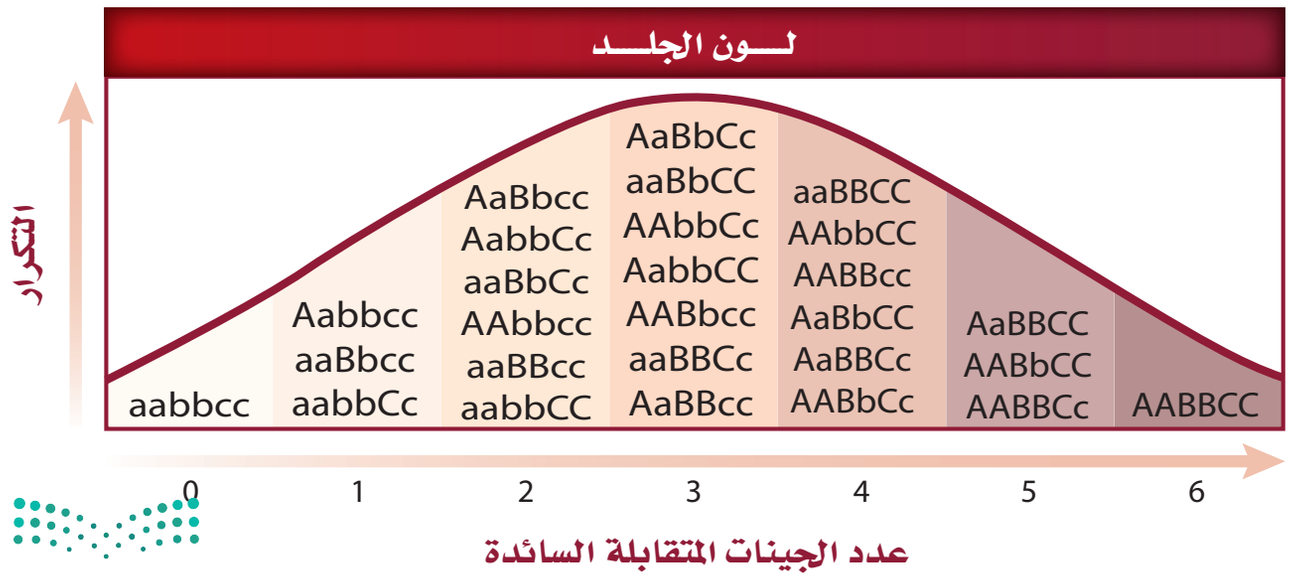
ربما تظهر بعض الصفات الموجودة على الكروموسومات الجسمية على أنها مرتبطة مع الجنس على الرغم من أنها ليست كذلك. ويحدث هذا عندما يكون الجين سائدًا في أحد الجنسين ولكنه متنحٍّ في الجنس الآخر. وتسمى في هذه الحالة الصفات المتأثرة بالجنس. فعلى سبيل المثال، جين الصلع متنحٍّ في الإناث وسائد في الذكور، ويسبب فقدان الشعر أو ما يسمى نمط الصلع في الذكور. وتظهر صفة الصلع في الذكر إذا كان غير متماثل الجينات (غير نقي) للصفة، أو متنحي الجينات، في حين يمكن أن تكون الأنثى صلعاء فقط في حال اجتماع الجينات المتنحية المتماثلة.

الصفات المتعددة الجينات Polygenic Traits

لقد درست صفات يتحكم فيها زوج من الجينات. فالعديد من الصفات الشكلية تنتج عن التفاعل بين العديد من أزواج الجينات. ومثل هذه الصفات تسمى **الصفات المتعددة الجينات** polygenic traits ، مثل لون الجلد، وطول القامة، ولون العيون، ونمط بصمة الإصبع. وإحدى خصائص الصفات المتعددة الجينات أنها عند رسم منحنى تكرار عدد الجينات المتقابلة السائدة، كما في **الشكل 13-5** تكون النتيجة منحنى يشبه الجرس. ويوضح المنحنى أن الطرز الشكلية التي تمثل الصفة المتوسطة أكثر ظهورًا من الطرز الشكلية التي تمثل الصفة في درجاتها القصوى.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يكون المنحنى في الرسم البياني الذي يبين تكرار عدد الجينات المتقابلة السائدة للصفات المتعددة الجينات على شكل يشبه الجرس؟

■ **الشكل 13-5** يبين الشكل درجات اختلاف لون الجلد المحتملة الناتجة عن ثلاث مجموعات من الجينات المتقابلة، على الرغم من الاعتقاد أن هذه الصفة تتطلب أكثر من ثلاث مجموعات من الجينات المتقابلة.
توقع. هل يمكن أن يزداد عدد الطرز الشكلية المحتملة أو ينقص عند زيادة أزواج الجينات؟



التأثيرات البيئية Environmental Influences

للبيئة أثر في الطراز الشكلي أيضًا. فعلى سبيل المثال، يمكن وراثة قابلية الإصابة بمرض القلب. ويمكن أن تسهم عوامل بيئية –مثل الغذاء والرياضة– أيضًا في حدوث المرض واختلاف شدته. وهناك طرائق أخرى تؤثر فيها البيئة في الطراز الشكلي، منها أشعة الشمس والماء ودرجة الحرارة، فكلها عوامل بيئية تؤثر في الطراز الشكلي للفرد.

أشعة الشمس والماء Sun light and water من دون أشعة الشمس الكافية لا تنتج معظم النباتات الزهرية أزهارًا. والعديد من النباتات تفقد أوراقها استجابة لنقص الماء.

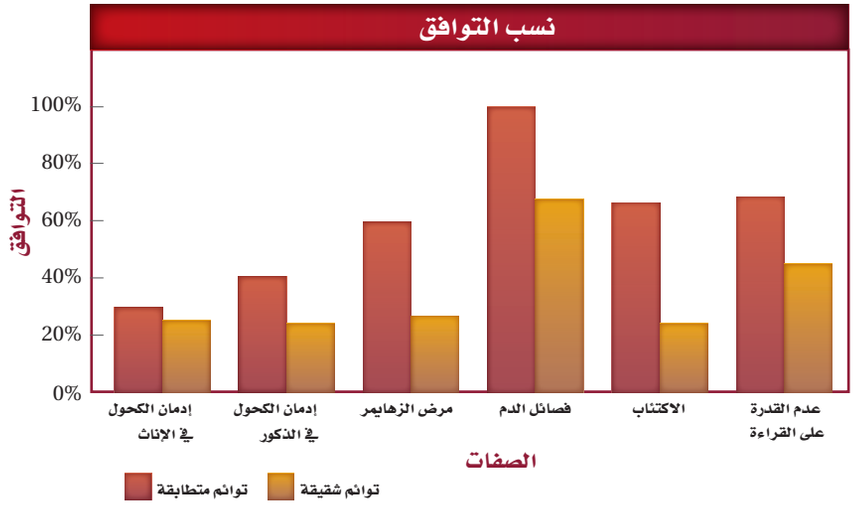
درجة الحرارة Temperature يحدث تغير في الطرز الشكلية للمخلوقات الحية عند التغير الحاد في درجات الحرارة، فمثلًا تتأثر معظم النباتات بالحرارة العالية، فتسقط أوراقها، وتذبل أزهارها، ويتحلل الكلوروفيل ثم يختفي، وتفقد الجذور قدرتها على النمو. ما العوامل البيئية الأخرى التي تؤثر في الطرز الشكلية للمخلوق الحي؟ تؤثر درجة الحرارة في الجينات. لاحظ فرو القطة السيامية في **الشكل 14–5**، ذيل القطة وأقدامها وأذناها وأنفها غامقة اللون، أما المناطق الأخرى من جسم القطة فهي أفتح لونًا من البقية. الجين المسؤول عن إنتاج لون الصبغة في جسم القطة السيامية يعمل فقط تحت ظروف البرد. لهذا تكون المناطق الأبرد أغمق لونًا؛ والمناطق الأدفأ – حيث يكون إنتاج الصبغة متوقفًا بواسطة درجة الحرارة– أفتح لونًا.

دراسات التوائم Twin Studies

هناك طريقة أخرى لدراسة أنماط الوراثة؛ وذلك بالتركيز على التوائم المتطابقة، التي تساعد العلماء على فصل التأثيرات الجينية عن التأثيرات البيئية.

إن التوائم المتطابقة متماثلة وراثيًّا. فإذا تم توارث صفة ما فإن كلا التوأمين المتطابقين يحصل على الصفة نفسها. ويستنتج العلماء أن الصفات التي تظهر بكثرة في التوائم المتطابقة تتحكم فيها الوراثة جزئيًّا على الأقل.

الشكل 14– 5 تؤثر درجة الحرارة في جينات لون الصبغة في فرو القطط السيامية.



الشكل 15–5 عند وجود صفة في أفراد التوائم المتطابقة على نحو أكبر من وجودها في التوائم الشقيقة، فهذا يدل على أن الصفة لها مكون وراثي واضح.

تجربة استهلالية

مراجعة بناء على ما قرأته حول الوراثة في الإنسان، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

ويعتقد العلماء –بالإضافة إلى ذلك– أن الصفات التي تظهر بشكل مختلف في التوائم المتطابقة تتأثر بشكل قوي بالبيئة؛ فنسبة التوائم الذين تظهر فيهم صفة معينة تسمى معدل التوافق.

تفحص **الشكل 15–5** الذي يمثل بعض الصفات ومعدلات توافقها؛ حيث تبين الفروق الكبيرة بين التوائم الشقيقة والتوائم المتطابقة تأثيرًا وراثيًّا كبيرًا.

التقويم 5-2

الخلاصة

- بعض الصفات تورّث من خلال أنماط وراثية معقدة، مثل السيادة غير التامة، والسيادة المشتركة، والجينات المتقابلة المتعددة.
- تحدد كروموسومات X و Y جنس الجنين، وبعض الصفات الوراثية مرتبطة مع الكروموسوم X.
- تتطلب الصفات المتعددة الجينات أكثر من زوج من الجينات المتقابلة.
- تؤثر كل من الجينات والبيئة في الطراز الشكلي للمخلوق الحي.
- تزيد دراسات أنماط الوراثة في العائلات والتوائم من معرفتنا بالوراثة المعقدة في الإنسان.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ميّز** بين الوراثة المعقدة وأنماط الوراثة في الفصل 8.
2. **فسر.** ما التفوق الجيني؟ وكيف يختلف عن السيادة؟
3. **حدّد** الطرز الشكلية للأبوين إذا كان فصيلة دم الأب A، وفصيلة دم الأم B، وكان فصيلة دم أحد الأبناء AB، وفصيلة دم الابنة O، وفصيلة دم الابن الآخر B.
4. **حلّل.** كيف تساعد دراسات التوائم على التمييز بين آثار الوراثة وتأثيرات البيئة.

التفكير الناقد

5. **قوّم.** هل الإصابة بمرض أنيميا الخلايا المنجلية إيجابية أم سلبية لشخص يعيش في إفريقيا الوسطى؟
6. الرياضيات في علم الأحياء

ما احتمال إنجاب ابن غير مصاب بمرض عمى الألوان، إذا كان والده مصاباً بالمرض، وكانت والدته غير مصابة (طبيعية) متماثلة الجينات؟ فسر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

الكروموسومات ووراثة الإنسان
Chromosomes and Human Heridity

الأهداف

- **تميّز** بين ترتيب ونمط مخطط الكروموسومات الطبيعي ومخطط الكروموسومات ذات العدد غير الطبيعي.
- **تُعرّف وتصف** دور القطعة الطرفية (التيلومير).
- **تربط** بين أثر عدم الانفصال مع متلازمة داون ومع أعداد الكروموسومات غير الطبيعية الأخرى.
- **تقوّم** مزايا وأخطار فحص الأجنة التشخيصي.

مراجعة المفردات

الانقسام المتساوي: عملية تحدث داخل نواة الخلية المنقسمة، وتشمل الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي، والنهائي.

المفردات الجديدة

المخطط الكروموسومي
القطع الطرفية (التيلوميرات)
عدم انفصال الكروموسومات

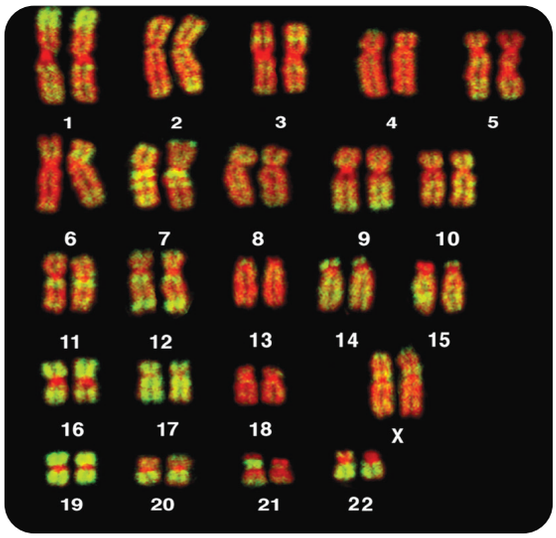
الفكرة الرئيسة **يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.**

الربط مع الحياة إذا فقدت إحدى قطع الألعاب الضرورية لعمل لعبة ما فربما لا تستطيع اللعب بها؛ لأن القطعة المفقودة مهمة. وكذلك فإن للكروموسوم المفقود تأثيرًا قويًّا في المخلوق الحي.

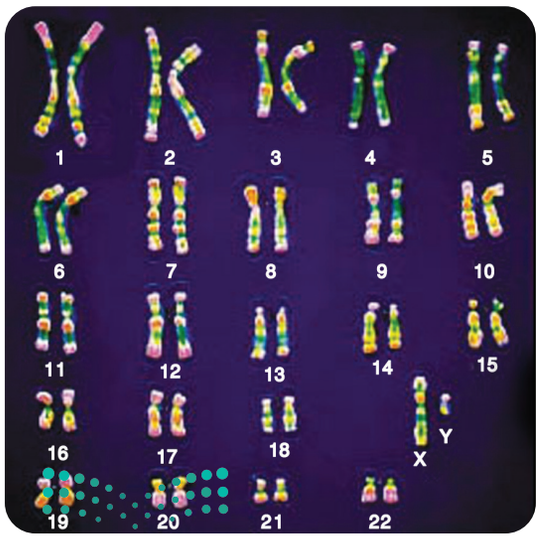
المخطط الكروموسومي Karyotype

لا تتضمن دراسة المادة الوراثية دراسة الجينات فقط، بل يدرس العلماء أيضًا الكروموسومات الكاملة باستعمال صور للكروموسومات المصبوغة خلال الطور الاستوائي؛ حيث تحدد الأشرطة bands المصبوغة الأماكن المتشابهة على الكروموسومات المتماثلة. يتكثف كل كروموسوم على نحو كبير ويصبح مكونًا من كروماتيدين شقيقين في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، تترتب فيه الكروموسومات المتشابهة في صورة أزواج قصيرة فتعطي صورة مجهرية تسمى **المخطط الكروموسومي** karyotype. يحوي الإنسان 23 زوجًا من الكروموسومات سواء أكان ذكرًا أم أنثى، كما في **الشكل 16-5**. لاحظ أن الـ 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية متطابقة معًا، في حين أن زوج الكروموسومات الجنسية لا يتطابق.

الشكل 16-5 يُرتب المخطط الكروموسومي أزواج الكروموسومات المتماثلة من الأطول إلى الأقصر. **ميز. أي كروموسومين يترتبان بشكل منفصل ومغاير لأزواج الكروموسومات الأخرى؟**



صورة محسنة بالمجهر المركب: التكبير × 1400



صورة محسنة بالمجهر المركب: التكبير × 1400

القطع الطرفية (التيلوميرات) Telomeres

اكتشف العلماء أن أطراف الكروموسومات لها أغطية واقية تسمى **القطع الطرفية (التيلوميرات)** telomeres. تتكون هذه الأغطية من DNA مرتبط مع بروتينات. وهي تحمي تركيب الكروموسوم. وقد اكتشف العلماء أنه قد يكون للقطع الطرفية دور في الشيخوخة ومرض السرطان.

عدم انفصال الكروموسومات Nondisjunction

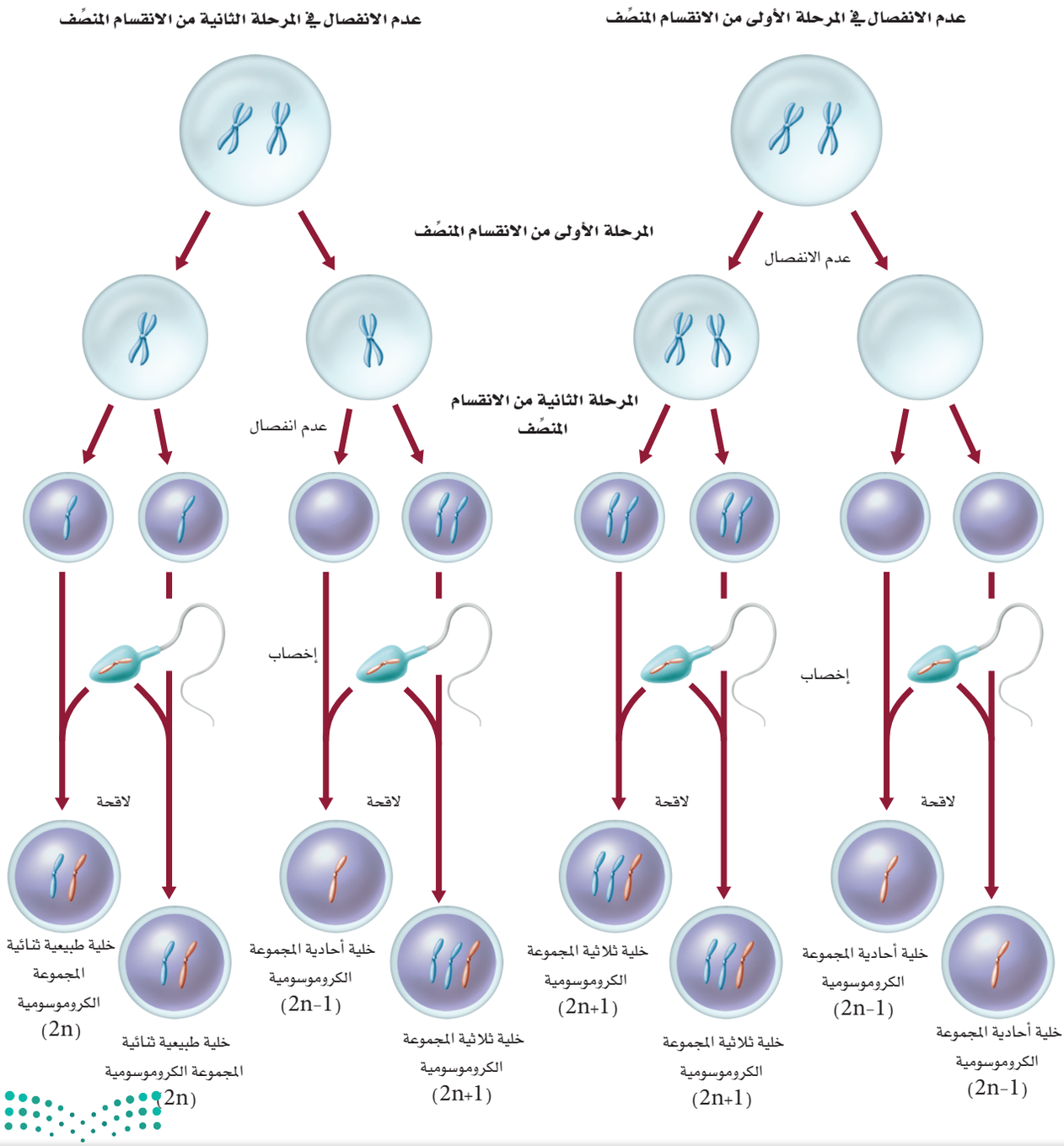
تنفصل الكروموسومات خلال انقسام الخلية إلى كروماتيدات، ويتجه كل كروماتيد من الكروماتيدات الشقيقة نحو أقطاب الخلية. وبذلك تحصل كل خلية جديدة على العدد الصحيح من الكروموسومات. ويسمى الانقسام الخلوي الذي تفشل فيه الكروماتيدات الشقيقة في الانفصال بعضها عن بعض بصورة صحيحة **عدم الانفصال** nondisjunction. إذا لم تنفصل الكروموسومات بعضها عن بعض خلال المرحلة الأولى أو الثانية من الانقسام المنصف، كما في **الشكل 17-5**، فإن الأمشاج الناتجة لا تحصل على العدد الصحيح من الكروموسومات. وعندما يُخصّب أحد هذه الأمشاج مشيجًا آخر فإن الأفراد الناتجين لن يحووا العدد الصحيح من الكروموسومات. لاحظ أن عدم الانفصال يمكن أن ينتج عنه نسخ إضافية من كروموسومات معينة أو نسخة واحدة فقط من كروموسوم معين. وتسمى الخلية التي تحوي مجموعة مكونة من ثلاثة كروموسومات من النوع نفسه ثلاثيةَ المجموعة الكروموسومية trisomy. بينما تسمى الخلية التي تحوي مجموعة مكونة من كروموسوم واحدٍ فقط أحاديةَ المجموعة الكروموسومية monosomy. وقد يحدث عدم الانفصال في أي مخلوق حي تتكون أمشاجه بالانقسام المنصف. وفي الإنسان يرتبط الاختلال في عدد الكروموسومات باختلالات بشرية خطيرة، وغالبًا ما تكون قاتلة.

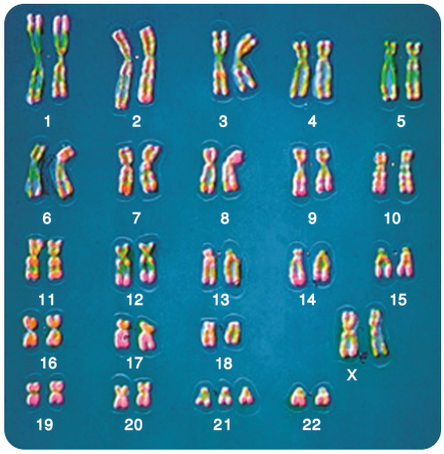
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأبحاث Research Scientist
يمتلك معرفة ويقوم بأبحاث في مجال محدد من العلوم، مثل الاختلالات الوراثية.

عدم الانفصال Nondisjunction

■ **الشـكل 17– 5** قد تنتج الأمشـاج التي تحوي أعدادًا غير طبيعية من الكروموسـومات بسـبب عدم انفصالها في أثناء الانقسـام المنصف. تنتج الكروموسومات البرتقالية في هذا الرسم عن أحد الأبوين. أما الكروموسومات الزرقاء فتنتج عن الأب الآخر.





■ **الشكل 18– 5** يتميز الشخص المصاب بمتلازمة داون بوجود أعراض مميزة، ويظهر في الشكل مخطط كروموسومي يبين وجود ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم 21.

ويحدث عدم انفصال الكروموسومات في كل من الكروموسومات الجسمية والجنسية كالآتي:

عدم انفصال الكروموسومات الجسمية
Autosomal chromosomes nondisjunction

تعد متلازمة داون Down syndrome أحد أقدم الاختلالات الكروموسومية المعروفة، وتنتج عادة عن إضافة كروموسوم إلى زوج الكروموسومات رقم 21. لذا تسمى متلازمة داون عادة ثلاثيةَ المجموعة الكروموسومية 21. ادرس المخطط الكروموسومي لطفل مصاب بمتلازمة داون، **الشكل 18–5**، ولاحظ أن لديه ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم 21؛ حيث تشمل أعراض الإصابة بمتلازمة داون خصائص مميزة للوجه، كما في **الشكل 18–5**، وقوامًا قصيرًا، واضطرابات قلبية، وتخلفًا عقليًّا.

تزداد نسبة الولادات المصابة بمتلازمة داون بتقدم عمر الأم. وقد أظهرت الدراسات أن أخطار الإصابة بمتلازمة داون تزداد نحو 6 % عند الأمهات اللاتي تزيد أعمارهن على 45 سنة.

عدم انفصال الكروموسومات الجنسية
Sex chromosomes nondisjunction

يحدث عدم الانفصال في كل من الكروموسومات الجسمية والجنسية. وبعض آثار عدم انفصال الكروموسومات الجنسية في الإنسان موضحة في **الجدول 4–5**.

الجدول 4–5 عدم الانفصال في الكروموسومات الجنسية

الطراز الجيني	XX	XO	XXX	XY	XXY	XYY	OY
مثال							
الطراز الشكلي	أنثى طبيعية	أنثى مصابة بمتلازمة تيرنر	أنثى طبيعية تقريبًا	ذكر طبيعي	ذكر مصاب بمتلازمة كلينفلتر	ذكر سليم أو طبيعي إلى حد كبير	يسبب الوفاة

لاحظ أن الفرد المصاب بمتلازمة تيرنر لديه كروموسوم جنسي واحد فقط. وتنتج مثل هذه الحالة عن إخصاب مشيج بآخر لا يحوي كروموسوم X.

الفحص الجنيني Fetal Testing

قد يرغب بعض الأزواج الذين يشـكّون في أنهم ربما يحملون اختلالات وراثية معينة في إجراء فحـص جنيني. كما قد يرغـب الأزواج الكبار في العمر أيضًا في معرفة الحالة الكروموسـومية لجنينهم الذي ينمو؛ حيث تتوافر فحوص مختلفة الأنواع لمراقبة كل من الأم والطفل.

الجدول 5–5 فحوص جنينية

الفحص	الفوائد	الأخطار
أخذ عينة من السائل الأمنيوني (الرهلي).	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية. • تشخيص التشوهات الأخرى.	• عدم الراحة التي تشعر بها الأم. • احتمال ضئيل للعدوى. • خطر الإجهاض.
أخذ عينات من خملات الكوريون.	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية. • تشخيص اختلالات وراثية معينة.	• خطر الإجهاض. • خطر العدوى. • خطر تعرض الجنين للتشوهات في الأطراف.
أخذ عينات من دم الجنين.	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية أو الوراثية. • اختبار مشكلات الدم في الجنين أو مستويات الأكسجين. • إمكانية إعطاء الأدوية للجنين قبل الولادة.	• خطر النزيف من مكان أخذ العينة. • خطر العدوى. • ربما يتسرب السائل الأمنيوني (الرهلي). • خطر موت الجنين.

تجربة 2 - 5

استقصِ طرائق عمل علماء الوراثة

كيف يدرس العلماء وراثة الإنسان؟ إن الطرائق التقليدية المستعملة لدراسـة وراثة النبات والحيوانات والمخلوقات الحية الدقيقة ليست مناسبة أو مستعملة مع الإنسان؛ فمخطط السلالة هو أحد الأدوات التي تفيد في دراسة الوراثة في الإنسان. وسوف تختبر في هذه التجربة طريقة أخرى يستعملها علماء الوراثة، وهي أخذ عينات من الجماعة البشرية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم جدول بيانات بحسب تعليمات معلمك.
3. أجرِ دراسة مسحية عن صفة انحناء الإبهام في مجموعتك.
4. أجرِ دراسة مسحية لمجموعتك عن صفات أخرى يحددها معلمك.
5. اجمع بيانات الصف، وحلّل الصفة التي درستها في الجماعة. ثم حدّد الصفات السائدة والصفات المتنحية.

التحليل

1. **فسر البيانات.** ما الدليل (الأعداد) الذي بحثت عنه لتحديد ما إذا كانت الصفة التي درستها سائدة أم متنحية؟
2. **التفكير الناقد.** كيف يمكن التحقق من أنك تعرفت الصفات السـائدة والصفات المتنحيـة بصورة صحيحة؟ فسر لماذا قد تخطئ في تعرّف صفة ما؟

الربط مع الصحة يمكن أن يوفر العديد من الفحوص الجينية معلومات مهمة للأبوين وللطبيب. يصف **الجدول 5-5** أخطار وفوائد بعض الفحوص الجينية المتوافرة. وعلى الأطباء أن يراعوا الكثير من العوامل قبل إجراء مثل هذه الفحوص. وهناك في العادة احتمال ضئيل للخطر في كل فحص. ولا ينصح الطبيب بفحوص قد تعرض حياة الأم أو الجنين للخطر. لذا فعند اعتماد أي فحوص جينية، يحتاج الطبيب إلى معرفة المشكلات الصحية السابقة للأم والجنين كذلك. وعند تحديد نوع الفحص الجيني المطلوب من قبل الطبيب والأهل يجب مراقبة صحة الأم وصحة الجنين عن كثب في أثناء عملية الفحص.

التقويم 5-3

الخلاصة

- مخطط الكروموسومات هو صور دقيقة للكروموسومات.
- تنتهي أطراف الكروموسومات بغطاء يسمى القطعة الطرفية (التيلوميرات).
- يؤدّي عدم الانفصال إلى أمشاج تحوي عددًا غير طبيعي من الكروموسومات.
- تنتج متلازمة داون عن عدم الانفصال.
- تتوافر فحوص تستخدم في تحديد احتمال الإصابة بالاختلالات الوراثية والكروموسومية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **لخّص.** كيف يمكن أن يستعمل العلماء مخطط الكروموسومات في دراسة الاختلالات الوراثية؟
2. **لخّص** دور القطع الطرفية.
3. **وضّح.** ارسم مخططًا يوضح آلية حدوث عدم الانفصال خلال الانقسام المنصِّف.
4. **حلّل.** كيف يمكن لقطع مفقودة من الكروموسوم X أو Y أن تمثل مشكلة كبيرة في الذكور أكثر من فقدها من أحد كروموسومات X في الإناث؟

التفكير الناقد

5. **صمّم** مخطط كروموسومات لأنثى لديها 2n=8، وتوجد مجموعة ثلاثية الكروموسومات في الكروموسوم 3.
6. **استنتج.** ما المزايا المحتملة لفحص الجنين؟ وما الأخطار؟
7. **الكتابة في علم الأحياء** أجرِ بحثًا حول نتائج أخرى لعدم الانفصال، عدا ثلاثية المجموعة الكروموسومية لكروموسوم رقم 21. اكتب فقرة تتعلق بنتائج بحثك.

مهن: استشاري الوراثة

الدعم والفحوص الوراثية

هل سبق أن تفحصت مخطط سلالة عائلة ما؟ وهل تعرف بعض الأمراض أو الاختلالات التي توجد في العائلات؟ يتخصص استشاري الوراثة في الكشف عن هذه المعلومات وتفسيرها وتوضيحها.

استشاري الوراثة يوظف استشاريو الوراثة معلوماتهم الوراثية في توفير المعلومات، وتقديم الدعم لأشخاص لديهم اختلالات وراثية. فهم متخصصون في تقويم الفحوص الوراثية، ويشيرون إلى طرائق الوقاية منها، والمتابعة والمعالجة لحالة وراثية محددة. ويتم تدريب استشاريي الوراثة للتعامل مع الحالات الانفعالية (العاطفية) الناتجة عن معرفة الشخص بنتائج فحوصه الوراثية. فهم يخدمون المريض ويدعمونه من خلال إرشاده إلى مراكز تقديم الخدمات على مستوى المجتمع المحلي والدولة.

ما الذي تتضمنه الفحوص الوراثية؟ يتم إجراء الفحوص الوراثية لتحديد ما إذا كان هناك تشوهات في جين أو كروموسوم محدد. وتشتمل الفحوص عادة على عينات أنسجة أو دم. وفي حالة فحوص الجنين في أثناء الحمل تؤخذ عينات من السائل الرهلي أو الأنسجة الموجودة حول الجنين.

ومن المفيد توفير تفاصيل عن أفراد العائلة. وعادة ما يتم الرجوع إلى بيانات الأجداد قبل الالتقاء مع استشاري الوراثة. وفي بعض الأحيان، يُعطي تاريخُ العائلة الطبيبَ معلومات كافية لتشخيص الحالة الوراثية.

من يطلب الفحوص الوراثية؟ يوصي الأطباء في بعض الأحيان بإجراء فحوص وراثية، وفي أحيان أخرى قد يطلب الشخص هذه الفحوص.

في بعض الأحيان يكون كل ما نحتاج إليه هو أخذ مسحة بسيطة من الفم لاستخلاص عينة وراثية لفحصها.

ومن الأسباب المحتملة لإجراء الفحوص الوراثية ما يأتي:

- تاريخ الاختلال الوراثي في العائلة.
- الإصابة بأحد أنواع السرطان.
- وجود صعوبات تعلّم أو مشكلات صحية سببها وراثي لدى طفل معين.
- زوجان يخططان لإنجاب طفل يحتمل أن يتعرض لأخطار بسبب حالات وراثية.

وهناك حاليًّا مئات الفحوص الوراثية التي يمكن استعمالها. وعندما يقرر الطبيب إجراء فحوص وراثية يطلب إلى المريض مراجعة استشاري الوراثة الذي تلقّى تدريبًا خاصًّا في تفسير نتائج هذه الفحوص، ويقترح خيارات ممكنة لتوفير الدعم للمريض.

الكتابة في علم الأحياء

الحوار والمناقشة استخدم المهارات اللازمة لتنظيم نقاش حول التطبيقات المحتملة للفحوص الوراثية، واكتب خلاصة لملاحظاتك وللحوار الذي يسبق النقاش.

مختبر الأحياء

ما ملامح وجه الإنسان؟ استكشف وراثة صفات الوجه في الإنسان.

الخلفية النظرية: يعرف معظم البشر أنهم يرثون لون شعرهم ولون عيونهم من أبويهم. وهناك المزيد من الصفات الوراثية في الوجه والرأس التي يرثها الإنسان. وسوف تستكشف في هذه التجربة عددًا من التراكيب المختلفة في الوجه التي تورّث وتجتمع لتكوين وجه الإنسان.

سؤال: ما التراكيب الوراثية التي تكوِّن وجه الإنسان؟

المواد والأدوات

- قطع نقدية، اثنتان لكل فريق:
  الشعار = الصفة السائدة، والكتابة = الصفة المتنحية.
- جدول يحوي الصفات الوراثية في وجه الإنسان.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. شارك أحد زملائك في الصف.
3. يمثل أعضاء الفريق المكوّن من طالبين، الأبوين.
4. دع الشخص الذي يمثل الأب يرمي القطعة النقدية، فإذا ظهر الشعار كان الفرد أنثى، وإذا ظهرت الكتابة كان الفرد ذكرًا، ثم سجّل جنس الأفراد.
5. ارمِ قطعتك النقدية في الوقت نفسه الذي يرمي فيه زميلك قطعته. وعليك أن ترمي القطعة النقدية مرة واحدة لكل صفة.
6. استمر في رمي القطع النقدية لكل صفة موجودة في الجدول. وسجل بعد كل رمية صفة الفرد الناتجة، بوضع إشارة (✓) في المربع المناسب في الجدول.
7. عند الانتهاء من تحديد الصفات، ارسم صفات الوجه للأبناء، وسمِّها، وشارك طلاب صفك البيانات.

حلل ثم استنتج

1. **التفكير الناقد.** لماذا رمى زميلك الذي يمثل الأب القطعة النقدية في البداية لتحديد جنس الفرد الناتج؟
2. **احسب.** ما نسبة الحصول على فرد ذكر أولاً، ثم على أنثى؟ فسر إجابتك.
3. **حدّد السبب والنتيجة.** ما الطرز الجينية المحتملة للآباء إذا كان أبناؤهم يحملون الصفات الآتية: ذكر شعره أملس (hh)، أنثى شعرها مموج (Hh)، ذكر شعره مجعد (HH).
4. **لاحظ واستنتج:** أي الصفات تنطبق عليها السيادة المشتركة؟
5. **حلّل واستنتج.** هل تتوقع أن تحصل فرق أخرى من طلاب صفك على أفراد تشبه التي حصلت عليها تمامًا؟ فسّر إجابتك.

الكتابة في علم الأحياء

بحث تخيل أنك كتبت مقالًا علميًّا في جريدة. وكتب إليك قارئ يطلب وصفًا لمهنة مستشار وراثي. اعمل بحثًا حول ذلك، ثم اكتب مقالًا قصيرًا يوضح ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

المطويات **ابحث** عن معلومات إضافية حول كيفية ارتباط التنوع في ترتيب تسلسل النيوكليوتيدات مع الاختلالات الوراثية. استعمل المعلومات التي حصلت عليها من المطويات، واستعن بالمعلومات التي تعلمتها في الفصل في وصف الطرائق العلمية التي استعملتها.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان	
حامل الصفة مخطط سلالة	**الفكرة الرئيسة** **يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.** • يمكن أن تنتج الاختلالات الوراثية عن جينات سائدة أو متنحية. • التليف الكيسي اختلال وراثي يؤثر في إفراز المخاط والعرق. • يفتقر الأفراد المصابون بالمهاق إلى صبغة ميلانين في الجلد والشعر والعيون. • مرض هنتنجتون يؤثر في الجهاز العصبي. • يسمى عدم نمو الغضروف بالقماءة. • يستعمل مخطط سلالة العائلة في دراسة أنماط الوراثة في الإنسان.
5–2 الأنماط الوراثية المعقدة	
السيادة غير التامة السيادة المشتركة الجينات المتعددة المتقابلة التفوق الجيني الكروموسوم الجنسي الكروموسوم الجسمي الصفة المرتبطة مع الجنس الصفات المتعددة الجينات	**الفكرة الرئيسة** **لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.** • بعض الصفات تورث من خلال أنماط وراثية معقدة، مثل السيادة غير التامة، والسيادة المشتركة، والجينات المتقابلة المتعددة. • تحدد كروموسومات X و Y جنس الجنين، وبعض الصفات الوراثية مرتبطة مع الكروموسوم X. • تتطلب الصفات المتعددة الجينات أكثر من زوج من الجينات المتقابلة. • تؤثر كل من الجينات والبيئة في الطراز الشكلي للمخلوق الحي. • تزيد دراسات أنماط الوراثة في العائلات والتوائم من معرفتنا بالوراثة المعقدة في الإنسان.
5–3 الكروموسومات ووراثة الإنسان	
المخطط الكروموسومي القطع الطرفية (التيلوميرات) عدم انفصال الكروموسومات	**الفكرة الرئيسة** **يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.** • مخطط الكروموسومات هو صور دقيقة للكروموسومات. • تنتهي أطراف الكروموسومات بغطاء يسمى القطعة الطرفية. • يؤدي عدم الانفصال إلى أمشاج تحوي عددًا غير طبيعي من الكروموسومات. • تنتج متلازمة داون عن عدم الانفصال. • هناك فحوص تستخدم في تحديد احتمال الإصابة بالاختلالات الوراثية والكروموسومية.

5-1

مراجعة المفردات

استعمل المفردات الواردة في دليل مراجعة الفصل للإجابة عن السؤالين الآتيين:

1. ما التعبير الذي يصف الشخص الذي يحمل الطراز الجيني غير المتماثل الجينات لاختلال متنحٍّ؟
2. ما المخطط الذي يمثل نمط الوراثة بين الآباء والأبناء؟

تثبيت المفاهيم الرئيسة

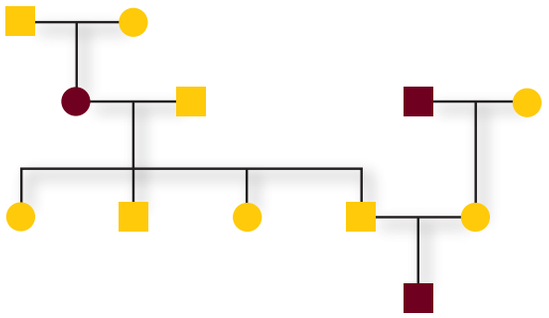
3. أيّ الاختلالات الآتية يعد اختلالًا وراثيًّا سائدًا؟

a. المهاق.
b. التليف الكيسي.
c. مرض تاي – ساكس.
d. مرض هنتنجتون.

4. أيّ مما يأتي لا يعد من خصائص الشخص المصاب بالتليف الكيسي؟

a. اختلال في قنوات أيون الكلور.
b. مشكلات هضمية.
c. فقدان صبغة الجلد.
d. التهاب متكرر في الرئتين.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. أيّ الاختلالات الوراثية الآتية لا ينطبق عليه نمط الوراثة المبين في مخطط السلالة السابق؟

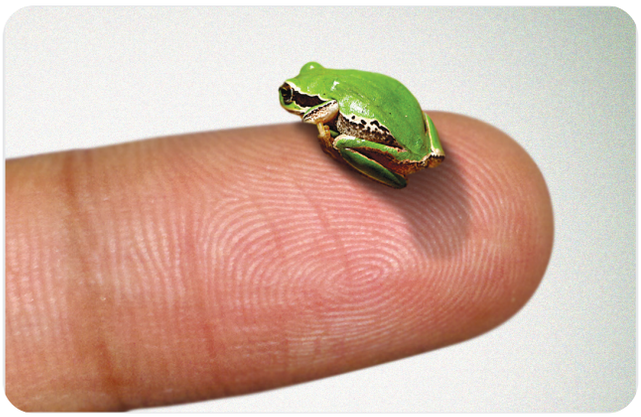
a. التليف الكيسي.
b. المهاق.
c. مرض تاي – ساكس.
d. مرض هنتنجتون.

6. ما عدد كل من الذكور والإناث المصابين في مخطط السلالة السابق؟

a. 1 ذكر ، و2 أنثى.
b. 2 ذكر ، و1 أنثى.
c. 1 ذكر، و1 أنثى.
d. 2 ذكر، و2 أنثى.

أسئلة بنائية

استعمل الشكل الآتي للإجابة على السؤال 7.



7. **نهاية مفتوحة.** تخيل أن للحيوانات كلها الاختلالات الوراثية نفسها التي في الإنسان. فما الاختلال الوراثي الذي ينطبق على ضفدع الأشجار القزم هذا؟ وما نمط توارث هذا الاختلال الوراثي؟

5 تقويم الفصل

8. إجابة قصيرة. توقع الطرز الجينية لأبناء، والدهم مصاب بمرض هنتنجتون ووالدتهم سليمة.

التفكير الناقد

9. استخلص النتائج. ما العلاقة بين أيونات الكلور والمخاط الكثيف في المرضى المصابين بالتليف الكيسي.

5-2

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل:

10. السيادة المشتركة نمط وراثي يُنتج فيه الطراز الجيني (غير المتماثل الجينات) طرازًا شكليًّا وسطيًّا بين الطراز الشكلي السائد والمتنحي.

11. تسمى الحالة التي لها أكثر من زوج من الصفات الوراثية المحتملة التفوق الجيني.

12. تسمى الجينات المرتبطة مع الكروموسومات الجنسية الجينات المتعددة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

13. ما الذي يحدّد الجنس في الإنسان؟

a. الكروموسومان X و Y.

b. الكروموسوم رقم 21.

c. السيادة المشتركة.

d. التفوق الجيني.

14. أيّ المصطلحات تصف وراثة فصائل الدم في الإنسان؟

a. السيادة غير التامة والسيادة المشتركة.

b. السيادة المشتركة والجينات المتقابلة المتعددة.

c. السيادة غير التامة والجينات المتعددة.

d. السيادة المشتركة والتفوق الجيني.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 15.

15. تتحكم السيادة غير التامة في لون جذور الفجل. حيث يبين الشكل أعلاه الطراز الشكلي لكل لون. ما نسب الطرز الشكلية التي تتوقعها عند تزاوج نباتات فجل غير متماثلة الجينات؟

a. 2 أحمر: 2 أبيض.

b. 1 أحمر: 1 وردي: 1 أبيض.

c. 1 أحمر: 2 وردي: 1 أبيض.

d. 3 أحمر: 1 أبيض.

أسئلة بنائية

16. إجابة قصيرة. كيف يفسر التفوق الجيني الاختلافات في لون الفرو في أحد أنواع الكلاب؟

5 تقويم الفصل

17. إجابة قصيرة. فسر هل يمكن أن يكون الطراز الجيني لعمى اللونين الأحمر والأخضر غير متماثل الجينات في الذكر؟

18. إجابة قصيرة. ما أنواع الطرز الشكلية التي يمكن أن يبحث عنها أحدنا إذا كانت الصفة الظاهرية سببها وراثة الجينات المتعددة؟

التفكير الناقد

19. قوّم. لماذا قد يكون إجراء التحليل الوراثي في الإنسان صعبًا؟

20. لخص. ما المقصود من المعلومة الآتية: للتوائم المتطابقة معدّل توافق مقداره 54%، وللتوائم الشقيقة معدّل توافق أقل من 5% لوراثة صفة معينة؟

5-3

مراجعة المفردات

حدّد المفردة المناسبة من دليل مراجعة الفصل التي تصف كلًّا مما يأتي:

21. النهايات الطرفية الواقية للكروموسوم.

22. الخطأ الذي يحدث في أثناء الانقسام الخلوي.

23. الصورة الدقيقة للكروموسومات المصبوغة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

24. يدل مخطط كروموسومات إنسان يحوي 47 كروموسوم على:

a. مجموعة أحادية الكروموسومات.

b. مجموعة ثلاثية الكروموسومات.

c. سيادة مشتركة.

d. صفات سائدة.

25. لماذا يحدث عدم الانفصال؟

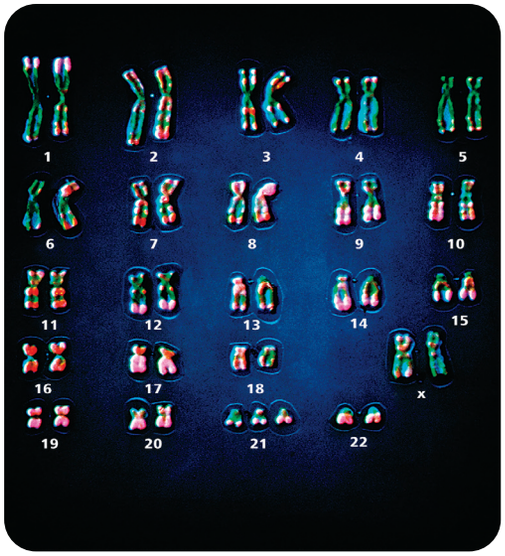
a. انقسام السيتوبلازم لا يحدث بصورة صحيحة.

b. عدم اختفاء النويات.

c. عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة.

d. تكثف الكروموسومات بصورة غير صحيحة.

استعمل الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 26.



26. ما الاختلال الذي يظهر في الصورة؟

a. متلازمة تيرنر.

b. متلازمة كلينفلتر.

c. متلازمة داون.

d. لا يظهر المخطط الكروموسومي أي اختلالات.

27. أيّ الجمل الآتية غير صحيحة فيما يخص القطع الطرفية؟

a. توجد في نهايات الكروموسومات.

b. تتكون من DNA وسكريات.

c. تحمي الكروموسومات.

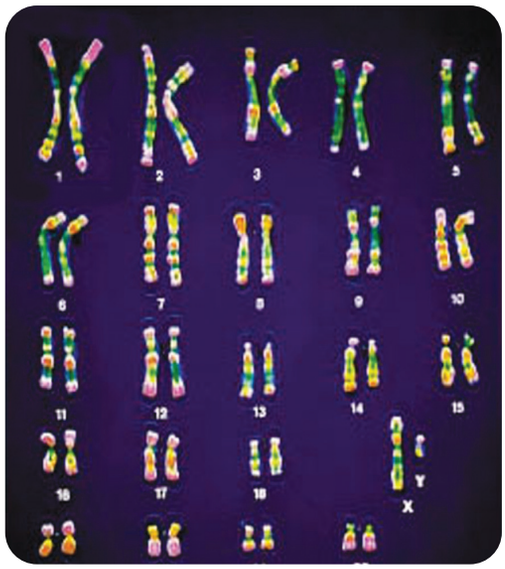
d. لها دور في الهرم والشيخوخة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

5 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 28.



28. إجابة قصيرة. صف نوع فحص الجنين الذي نتج عنه المخطط الكروموسومي المبين في الشكل أعلاه.

29. إجابة قصيرة. ما أعراض متلازمة داون؟

30. نهاية مفتوحة. معظم الحالات الناتجة عن المجموعات الأحادية والثلاثية الكروموسومات قاتلة في البشر. لماذا؟

التفكير الناقد

31. كوّن فرضية. لماذا تحتاج الكروموسومات إلى القطع الطرفية؟

32. فسّر. لماذا تكون الفتاة المصابة بمتلازمة تيرنر مصابة أيضًا بعمى اللونين الأحمر والأخضر حتى وإن كان الرؤية لدى والديها طبيعية؟

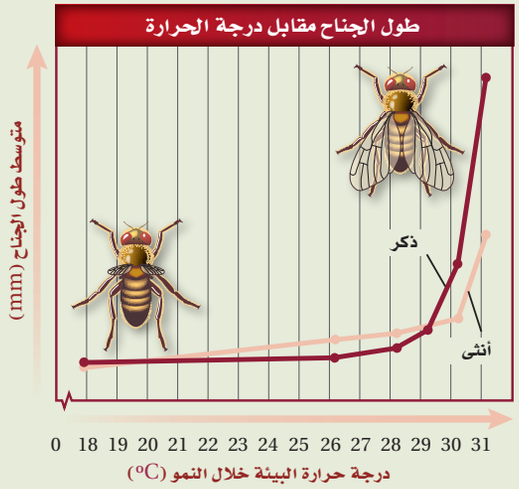
33. وضّح. قام فني بعمل مخطط كروموسومي من خلايا جنين ذكر، فاكتشف وجود كروموسوم واحد X إضافي في هذه الخلايا. ما السبب المحتمل لوجود الكروموسوم الإضافي؟

تقويم إضافي

34. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالة حول أحد الاختلالات الوراثية التي وردت في **الجدول 2-5**، ثم اعمل مخطط سلالة يوضّح هذا المقال؟

أسئلة المستندات

استخدم الشكل الآتي الذي يوضح أثر البيئة في الطراز الشكلي في الإجابة عن الأسئلة 35–37.



35. عند أي درجة حرارة يكون طول الجناح أكبر ما يمكن؟

36. أيهما أكثر تأثرًا بدرجة الحرارة: جناح الذكر أم جناح الأنثى؟ فسّر إجابتك.

37. لخص العلاقة بين درجة الحرارة وطول الجناح في كلتا الذبابتين.

مراجعة تراكمية

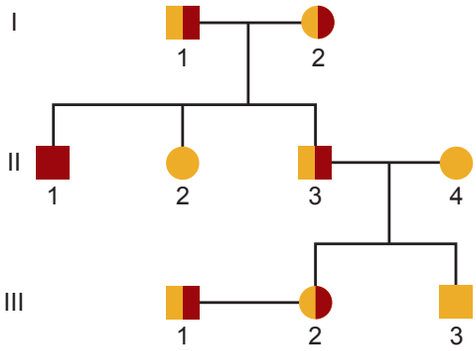
38. قارن بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي، واربط كلًّا منهما بحاجة الجسم إلى الطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1و2.



1. تظهر أعراض المرض الذي يبينه مخطط السلالة أعلاه على الفرد:

a. I1 **c.** II2

b. II1 **d.** III2

2. بحسب مخطط السلالة أعلاه، أي الأشخاص يعد حاملًا للمرض وليس له أبناء مصابون بالمرض؟

a. I1 **c.** II3

b. II1 **d.** III1

3. ما الطراز الجيني المحتمل لشخص فصيلة دمه A؟

a. $I^B I^B$. **c.** $I^A i$.

b. ii . **d.** $I^A I^B$.

4. ما الطراز الكروموسومي لشخص مصاب بمتلازمة كلينفلتر؟

a. OY. **c.** XXY.

b. XO. **d.** XYY.

5. أين توجد أجسام بار Barr؟

a. الخلايا الجسمية الأنثوية.

b. الخلايا الجنسية الأنثوية.

c. الخلايا الجسمية الذكرية.

d. الخلايا الجنسية الذكرية.

أسئلة الإجابات القصيرة

6. إذا كان جين الإصابة بمرض نزف الدم متنحيًا ومرتبطًا مع الجنس، فما احتمال إنجاب ذكر مصاب بنزف الدم إذا كان الأب مصابًا بنزف الدم والأم حاملة لجين الإصابة بالمرض؟

7. اكتب – بالترتيب– الخطوات التي تحدث في أثناء الانقسام الخلوي لكي ينتج مخلوق حي ثلاثي المجموعة الكروموسومية.

8. أبوان مصابان بمرض وراثي غير حاد، ولد لهما طفل مصاب بهذا المرض على نحوٍ خطير. ما نوع نمط الوراثة الذي حدث في حالة هذا المرض؟

9. صف تزاوج نباتي بازلاء كلاهما يحمل صفة البذور الصفراء والملساء غير متماثل الجينات للصفتين (Yy Rr)، مستخدمًا قانون التوزيع الحر، واذكر نسبة الطرز الشكلية لهذا التزاوج، مستخدمًا مربع بانيت.

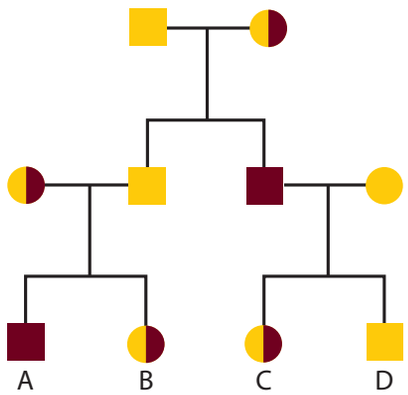
10. ما الذي قد يسبب تغير لون الفرو في إناث بعض الحيوانات؟ أعط سببًا يدعم استنتاجك.

اختبار مقنن

11. افتــرض أن مخلوقًــا حيًّا (عدد الكروموســومات فيه 2n=6) لديه نســخة واحدة من الكروموســوم رقم 3. ما عدد كروموســومات هذا الشــخص في المخطط الكروموسومي الخاص به؟ فسّر إجابتك.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 12.



12. صف نمط الوراثة للمــرض المبين في مخطط العائلة أعلاه.

أسئلة مقالية

في بعض أنواع الدراســات البحثية يشــدد الباحثون على وجود توائم مشــاركين فــي البحث، فقــد يطلبون توائم متطابقــة أو توائم شــقيقة، اعتمــادًا على نوع الدراســة. وللتوائم أهمية كبيرة في الدراسات والأبحاث التي تتعلق بالوراثة.

اســتخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

13. تخيل أنك عالم تقوم ببحث، واكتب خطة دراسة بحثية تتطلب وجود توائم مشــاركين فيها. وفسّــر ما تحاول دراسته، وما إذا كنت ترغب في دراسة توائم متطابقة أو شقيقة، وما أهمية وجود التوائم في دراستك؟

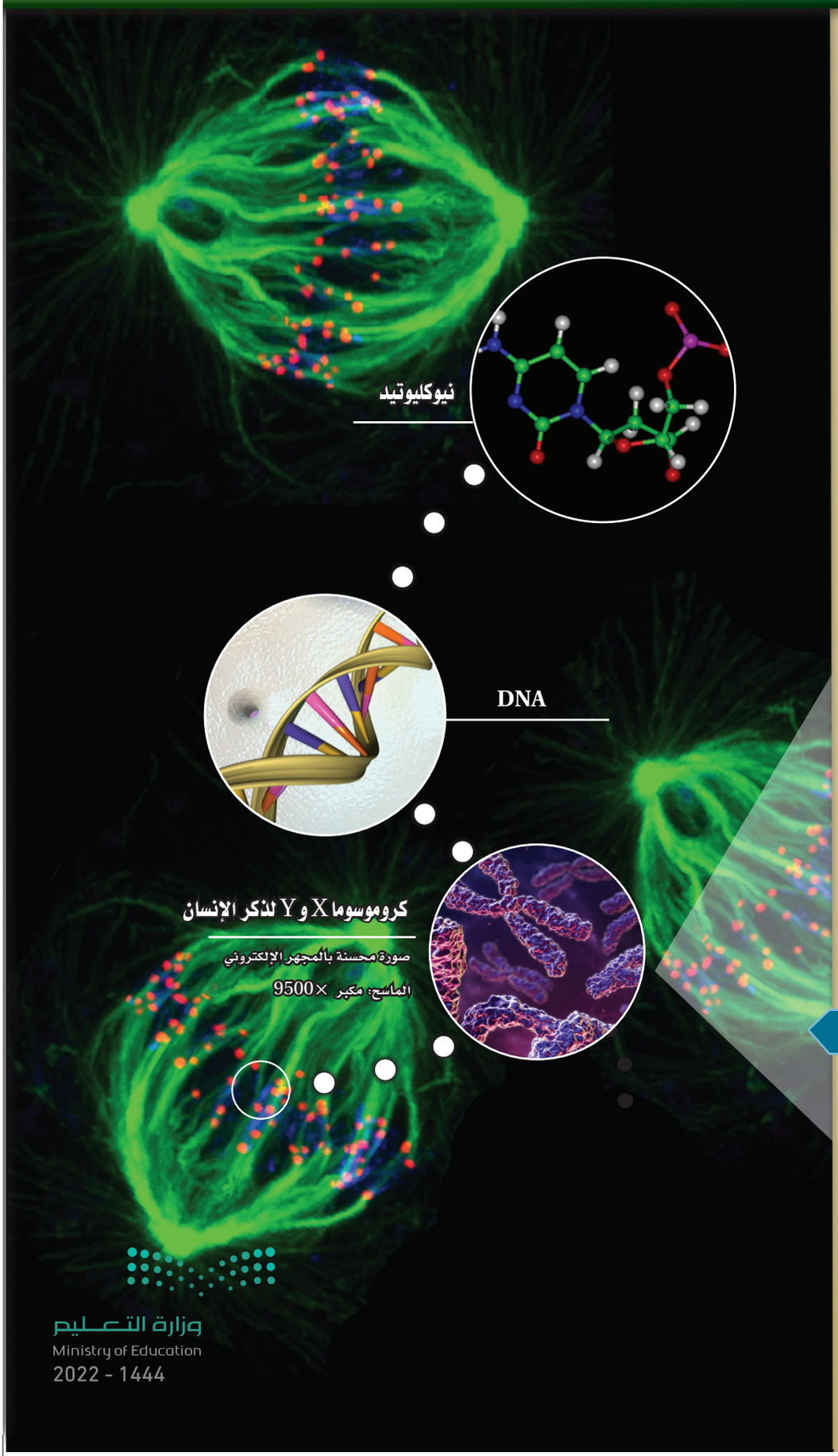
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الفصل / القسم	5–1	5–1	5–2	5–3	5–2	5–2	5–3	5–1	5–2	5–2	5–3	5–1	5–2
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 6

الوراثة الجزيئية

Molecular Genetics



الفكرة العامة يعد DNA المادة الوراثية التي تحوي شفرات البروتينات.

6–1 المادة الوراثية : DNA

الفكرة الرئيسة تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.

6–2 تضاعف DNA

الفكرة الرئيسة يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.

6–3 DNA، وRNA، والبروتين

الفكرة الرئيسة تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.

6–4 التنظيم الجيني والطفرة

الفكرة الرئيسة يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن للطفرات أن تؤثر في هذا التعبير.

حقائق في علم الأحياء

- يحوي جسم الإنسان 100 تريليون خلية، كل منها يحتوي على 46 كروموسوم تُخزن DNA.
- إذا تم فَرْد كل DNA الذي تحويه الخلية البشرية فسوف يكوِّن خطًّا طوله 1.8 m تقريبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

تجربة استهلالية

من اكتشف DNA؟

تراكمت المعرفة بالوراثة، وجزيء DNA، والتقنيات الحيوية على مدى قرن ونصف تقريبًا. وسوف تضع في هذه التجربة خطًّا زمنيًّا لاكتشاف DNA.

خطوات العمل

1. اعمل في مجموعات مكوّنة من 4 – 3 طلاب لتحدد العلماء الذين أسهموا على نحو كبير في فهم الوراثة و DNA وتعرّف تجاربهم.
2. اقرأ الفصل في هذا **الكتاب**.
3. اعمل خطًّا زمنيًّا يبين وقت كل اكتشاف مهم ورد ذكره في نصوص الفصل.

التحليل

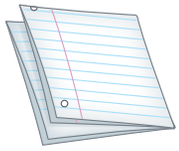
1. **قارن** الخط الزمني الذي عملته مجموعتك مع خطوط الزمن للمجموعات الأُخرى.
2. **استنتج**. كيف أثرت تجارب العلماء السابقة في العلماء الذين جاؤوا بعدهم؟

المطويات منظمات الأفكار

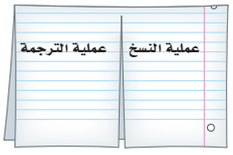
مقارنة عمليتي النسخ والترجمة: استعمل هذه المطوية للمقارنة بين عمليتي النسخ والترجمة.

الخطوة 1: اثنِ ورقة أفقيًّا من منتصفها، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اثنِ الورقة من منتصفها مرة أخرى، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: قصَّ الطبقة العلوية فقط من الورقة على طول خطوط الثني الثانية ؛ حتى ينتج لسانان، ثم عنونهما كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–6**، وارسم عمليتي النسخ والترجمة تحت كل لسان منهما، ثم اشرحهما.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

المادة الوراثية : DNA
DNA : The Genetic Material

الأهداف

- **تلخص** التجارب التي أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة.
- **ترسم وتعنون** التركيب الأساسي لجزيء DNA.
- **تصف** التركيب الأساسي للكروموسوم في المخلوقات الحية حقيقية النوى.

مراجعة المفردات

الحمض النووي: جزيئات حيوية معقدة تخزن المعلومات الخلوية في صورة شفرة.

المفردات الجديدة

الجزيء الخلزوني المزدوج
الجسيم النووي (نيوكليوسوم)

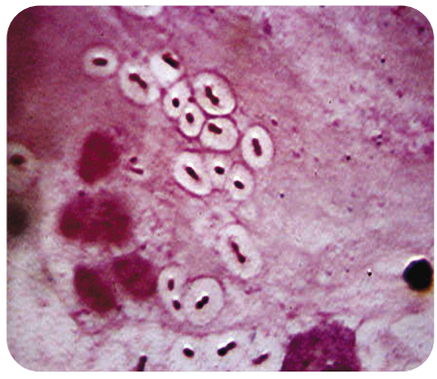
الفكرة الرئيسة **تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.**

الربط مع الحياة هل تحب قراءة روايات الغموض، أو مشاهدة المحققين على التلفاز وهم يحلون ألغاز الجرائم؟ يبحث المحققون عن أدلة تساعدهم على حل اللغز. وكذلك فإن علماء الوراثة محققون يبحثون عن أدلة في أسرار الوراثة وألغازها.

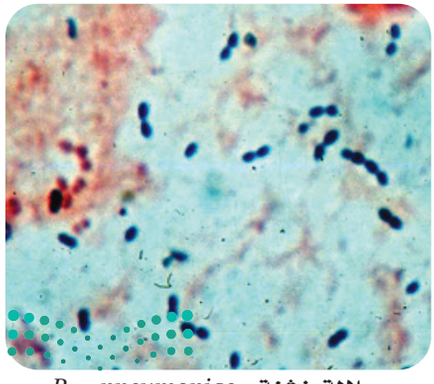
اكتشاف المادة الوراثية Discovery of The Genetic Material

عندما أعيد اكتشاف نتائج مندل في العام 1900م، بدأ العلماء البحث عن الجزيء الذي يدخل في الوراثة. وقد عرَف العلماء أن المعلومات الوراثية محمولة على الكروموسومات في خلايا المخلوقات الحية الحقيقية النوى، وأن أهم مكوّنين من مكوّنات الكروموسومات هما DNA والبروتين. وعلى مدى سنوات طويلة حاول العلماء تحديد أي هذين الجزيئين الكبيرين– DNA (الحمض النووي) أو البروتين– هو مصدر المعلومات الوراثية.

العالم جريفيث Griffith في عام 1928م أجرى فريدريك جريفيث أول تجربة رئيسة أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة. وقد درس جريفيث سُلالتين من بكتيريا المكورات السبحية الرئوية *Streptococcus pneumonia*، التي تسبب التهاب الرئة، فوجد أن إحدى السلالات يمكنها أن تتحول، أو تتغير، إلى شكل آخر. وقد كان لإحدى السلالتين اللتين درسهما غلاف من السكريات، في حين لم تكن للسلالة الأخرى ذلك الغلاف. والسلالة المحاطة بغلاف من السكر تسبب التهاب الرئة، وسمّاها السلالة الملساء (S).أما السلالة غير المحاطة فلا تسبب التهاب الرئة، وسمّاها بالخشنة (R)، كما في **الشكل 1-6**. وتبدو حواف مستعمرات السلالة (R) خشنة نتيجة عدم وجود غلاف يحيط بها.

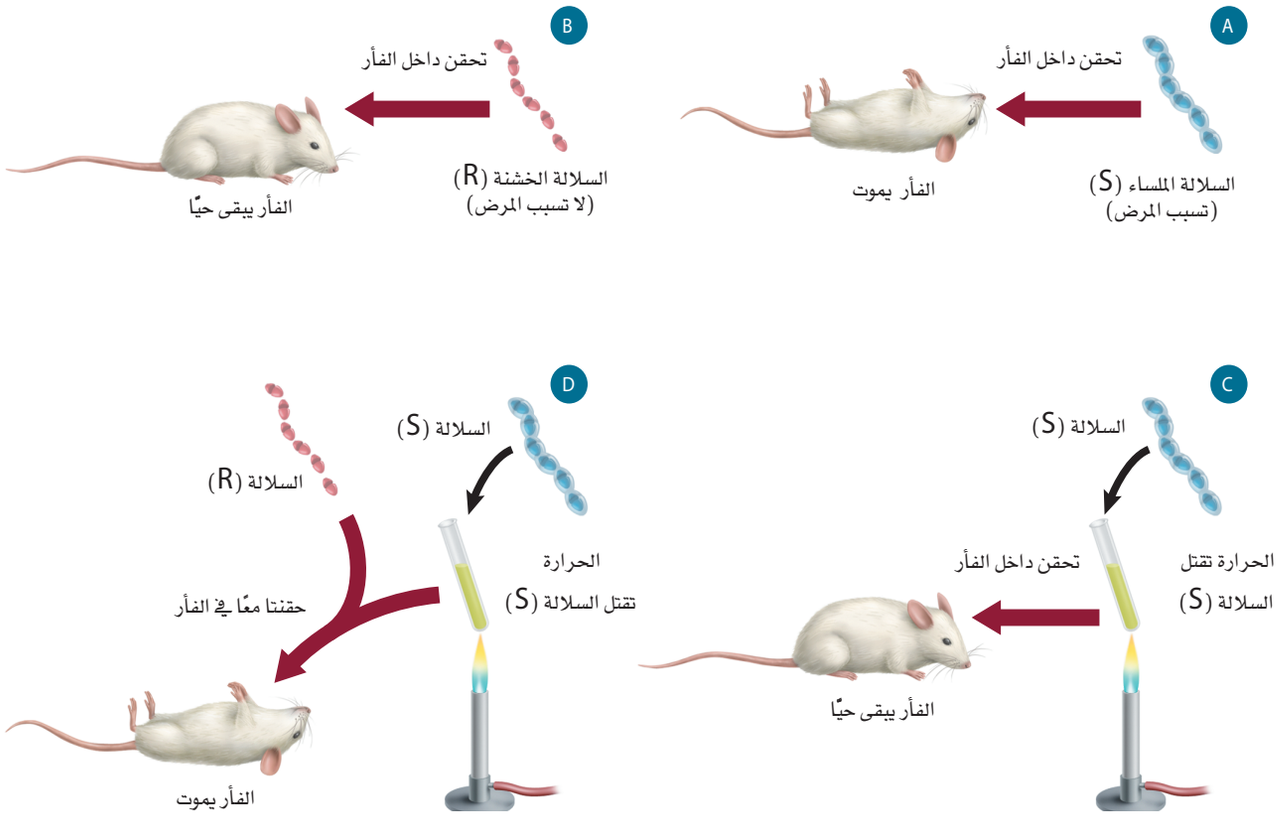


سلالة ملساء - *S– pneumonia*



سلالة خشنة - *R– pneumoniae*

الشكل 1-6 تسبب السلالة الملساء (S) من البكتيريا *S. pneumonia* التهاب الرئة، بينما لا تسبب البكتيريا الخشنة (R) المرض. يمكن تمييز السلالات من مظهر المستعمرات.



■ **الشـكل 2-6** توضح تجربة جريفيث تحوّل البكتيريا الخشنة إلى بكتيريا ملساء.
فسّـر. لماذا استنتج جريفيث أن هناك تحولاً من البكتيريا الحية (**R**) إلى البكتيريا الحية (**S**)؟

تتبع تجربة جريفيث في **الشـكل 2-6**، تلاحظ أن خلايا السلالة (S) الحية قتلت الفأر، في حين لم تقتل خلايـا (R) الحية الفأر، ولم تقتل خلايا (S) الميتة الفأر أيضًا. ومع ذلك، فعندما حضَّر جريفيث خليطًا من خلايا (R) الحية وخلايا (S) الميتة وحقن الفأر بهذا الخليط مات الفأر. عزل جريفيث خلايا بكتيريا حية من الفأر الميت. وعندما زُرعت هذه البكتيريا وجد أن لديها الصفة الملساء. ويشير هذا إلى أن العامل المسـبب للمرض انتقل من البكتيريا الميتة (S) إلى البكتيريا الحية (R)، فاسـتنتج جريفيث أن هناك تحوّلاً حدث من البكتيريا الحية (R) إلى البكتيريا الحية (S). وكانت هذه بداية البحوث في عوامل التحول.

أفـري Avery فـي عام 1944 م تعرّف أفـري وزملاؤه الجـزيء الذي حوّل البكتيريا من السـلالة R إلى السـلالة S؛ فقد عزل أفري جزيئات كبيرة مختلفة مثل DNA وبروتين ودهون من خلايا البكتيريا (S) الميتة، وقام بتعريض الخلايا البكتيرية الحية (R) للجزيئات الكبيرة على نحوٍ منفصل. وتحوّلت الخلايا (R) إلى خلايا (S) عند تعريضها لجزيئات DNA، فاستنتج أفري أنه عند قتل الخلايا (S) في تجربة جريفيث تحررت جزيئات DNA، فاستقبلت بعض خلايا البكتيريا (R) جزيئات DNA هذه، ممّا أدّى إلـى تغيير خلايا البكتيريا (R) إلى خلايا من النوع (S).

ماذا قرأت؟ فسّر كيف استطاع أفري اكتشاف العامل المحول؟

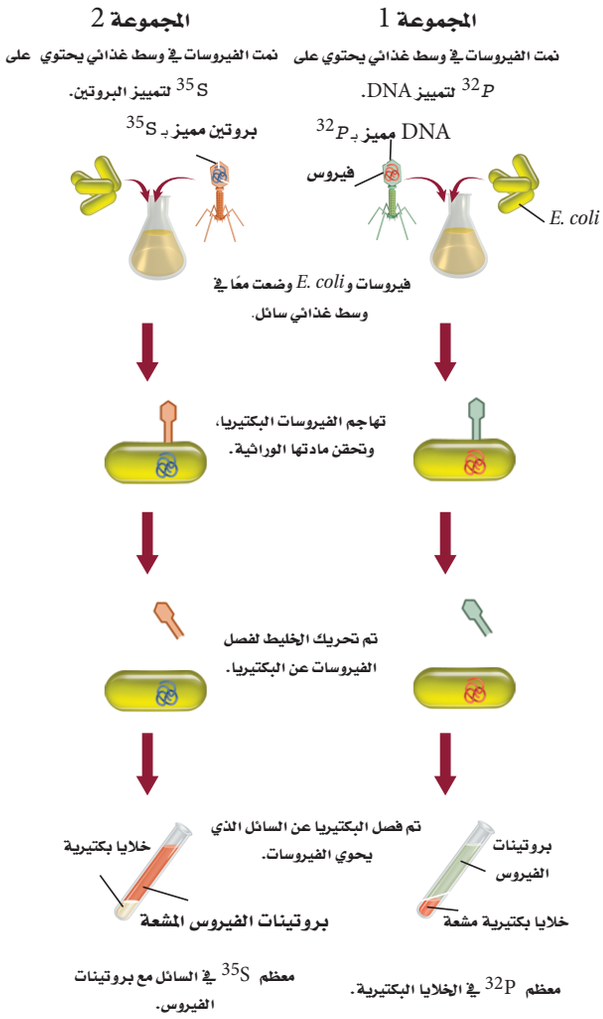
المفردات

المفردات الأكاديمية

التحوّل Transform
التسبب في تغيّر في النوع.
استعمل أفري DNA لتحويل البكتيريا.

هيرشي وتشيس Hershey and Chase في عام 1952م، نشر العالمان ألفرد هيرشي ومارثا تشيس نتائج تجاربهما التي وفرت الدليل الدامغ على أن DNA هو عامل التحول. وقد تضمنت تجاربهم الفيروس الآكل للبكتيريا (البكتيروفاج)، وهو نوع من الفيروسات يهاجم البكتيريا. وهناك عاملان جعلا تجربة هيرشي وتشيس ملائمة لإثبات أن DNA هو المادة الوراثية. أولهما أن الفيروس الآكل للبكتيريا المستعمل في التجربة كان مكونًا من DNA وبروتين فقط. وثانيهما أن الفيروسات لا تستطيع أن تتضاعف بنفسها. لذا يجب أن تَحقِن الفيروسات مادتها الوراثية داخل خلايا حية لكي تتمكن من التكاثر. وقد ميَّز هيرشي وتشيس مكوِّني الفيروس (DNA والبروتين)؛ ليحدّدا أي هذين المكونين يُحقن داخل البكتيريا، لمعرفة أي هذين المكونين هو المادة الوراثية.

العلامات المشعة Radioactive labeling استعمل هيرشي وتشيس تقنية تُسمى العلامات بالإشعاع لتتبع DNA والبروتين عندما تهاجم الفيروسات الآكلة للبكتيريا خلايا البكتيريا وتتكاثر داخلها، لاحظ **الشكل 3–6**. وقد حقن هذان العالمان مجموعة من الفيروسات بالفوسفور المشع (^{32}P). ولما كانت البروتينات لا تحتوي على فوسفور، لذا سيكون DNA فقط وليس البروتين هو الجزيء المشع. وقد قام هذان العالمان أيضًا بحقن مجموعة أخرى من الفيروسات الآكلة للبكتيريا بالكبريت المشع (^{35}S). ولمّا كانت البروتينات تحتوي على الكبريت ولا تحتوي عليه جزيئات DNA فإن البروتينات هي التي ستشع وليس DNA. جعل هيرشي وتشيس مجموعتي الفيروسات تهاجمان البكتيريا. وعندما تهاجم الفيروسات البكتيريا تلتصق بسطحها الخارجي وتحقن مادتها الوراثية داخلها. ثم عزلت البكتيريا المُصابة عن الفيروسات.



الشكل 3–6 استعمل هيرشي وتشيس تقنية العلامات المشعة في توضيح أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.

الجدول 1–6 ملخص نتائج هيرشي وتشيس

المجموعة 1 (فيروسات مميزة بـ ^{32}P)		المجموعة 2 (فيروسات مميزة بـ ^{35}S)	
بكتيريا مصابة	سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مُصابة	سائل يحتوي على فيروسات
• DNA فيروس مميز بـ (^{32}p) داخل خلايا البكتيريا. • تضاعَف الفيروس. • الفيروسات الجديدة تحوي ^{32}p.	• لا يوجد DNA مميز. • لم تتضاعف الفيروسات.	• لا توجد بروتينات فيروس مميزة بـ (^{35}S). • تضاعف الفيروس. • لم تكن الفيروسات الجديدة مميزة.	• توجد بروتينات مميزة. • لم تتضاعف الفيروسات.

تتبع DNA DNA Tracking تفحص هيرشي وتشيس المجموعة 1 التي حُقنت بـ ^{32}P، ووجدا أن DNA الفيروس المميز بالمادة المشعة حُقن داخل الخلية البكتيرية. وبعد فترة من الزمن وجدا أن الفيروسات التي تكاثرت داخل البكتيريا المصابة وخرجت منها تحوي ^{32}P، وهذا يشير أيضًا إلى أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية.

وعندما فحصا المجموعة 2 المميزة بـ ^{35}S المشع وجدا أن البروتينات المميزة بالمادة المشعة بقيت خارج الخلايا البكتيرية؛ لأنه لم يوجد أي ^{35}S في الداخل. حيث تضاعفت الفيروسات داخل خلايا البكتيريا، مما يشير إلى أن المادة الوراثية الفيروسية دخلت البكتيريا. يلخص **الجدول 1-6** النتائج التي توصل إليها هيرشي وتشيس من تجربتهما.

بناءً على نتائجهما استنتجا أن DNA الفيروس حُقن داخل الخلية ووفر المعلومات الوراثية المطلوبة لبناء فيروسات جديدة. وقد أعطت هذه التجربة دليلاً قويًّا على أن DNA وليس البروتين، هو المادة الوراثية التي يمكن أن تنتقل من جيل إلى جيل في الفيروسات.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا كان يُعدّ إنتاج الفيروسات الجديدة داخل البكتيريا مهمًّا؟

تجربة علمية

ما الـ DNA؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

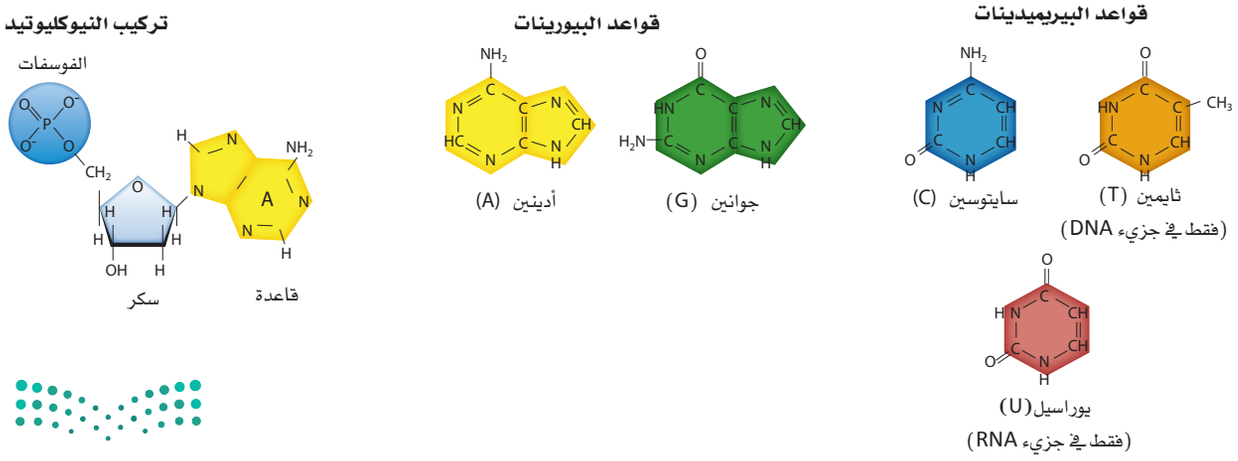
تركيب د.ن.أ DNA Structure

بعد تجربة هيرشي وتشيس أصبح العلماء أكثر ثقة أن DNA هو المادة الوراثية. وقد أدت الأدلة إلى تعرّف المادة الوراثية.

النيوكليوتيدات Nucleotides في عام 1920م حدد عالم الكيمياء الحيوية ليفين التركيب الأساسي للنيوكليوتيدات التي تُكوّن DNA. فالنيوكليوتيدات وحدات بنائية للأحماض النووية، وتتكون من سكر خماسي الكربون، ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية، لاحظ **الشكل 4-6**. الحمضان النوويان الموجودان في الخلايا الحية هما: DNA و RNA. وتحتوي النيوكليوتيدات في DNA على سكر رايبوز منقوص الأكسجين، ومجموعة فوسفات وإحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسايتوسين والثايمين.

الشكل 4-6 تتكون النيوكليوتيدات من فوسفات، وسكر وقاعدة نيتروجينية. هناك خمسة أنواع مختلفة من القواعد الموجودة في الوحدات الأساسية للنيوكليوتيدات التي تشكل DNA و RNA.

حدد. ما الفرق التركيبي بين قواعد بيريميدين وقواعد بيورين؟



وتحتوي نيوكليوتيدات RNA على سكر رايبوز، ومجموعة فوسفات، وإحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسايتوسين واليوراسيل. تجد أن الجوانين (G) والأدينين (A) قواعد نيتروجينية ثنائية الحلقات. وهذا النوع من القواعد يسمى قواعد البيورين. أما السايتوسين (C) واليوراسيل (U) والثايمين (T) فهي قواعد نيتروجينية ذات حلقة واحدة، وتسمى قواعد بيريميدين.

تشارجاف Chargaff حلّل إروين تشارجاف (عام 1940م) كمية الأدينين والجوانين والثايمين والسايتوسين في DNA لأنواع مختلفة من المخلوقات الحية، ونُشر جزء من بيانات تشارجاف عام 1950م، كما في **الشكل 5–6**. وجد تشارجاف أن كمية الجوانين تساوي كمية السايتوسين تقريبًا، وأن كمية الأدينين تساوي كمية الثايمين تقريبًا في النوع الواحد. وسُمّي هذا الاكتشاف قاعدة تشارجاف: G = C و A=T.

ويلكنز Wilkins استخدم ويلكنز تقنية تُسمى تشتت الأشعة السينية، وهي تقنية تتضمن تصويب الأشعة السينية على جزيء DNA. وفي عام 1951م، انضمت فرانكلين إلى الفريق. وهناك التقطت الصورة رقم 51 المشهورة الآن، وجمعت بيانات استخدمها بعد ذلك واطسون وكريك. وقد أشارت هذه الصورة في **الشكل 6—6**، إلى أن DNA هو **جزيء حلزوني مزدوج** double helix، أو على شكل سلّم ملتوٍ، مكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين إحداهما حول الأخرى. وقد حدّد واطسون وكريك التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA لاحقًا، حيث استخدما بيانات فرانكلين وبيانات رياضية أُخرى. وجزيء DNA هو المادة الوراثية لكل المخلوقات الحية، ومكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات، كل منهما متمم للآخر. وهي أشرطة ملتفة بعضها حول بعض بدقة ليكوّنا الشكل الحلزوني المزدوج، فتبارك الله أحسن الخالقين.

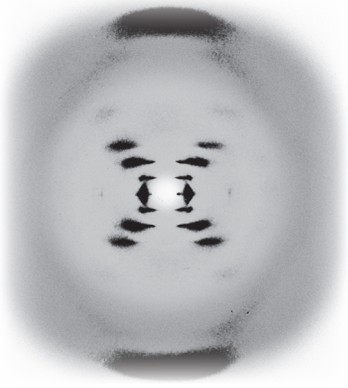
واطسون وكريك Watson and Crick شاهد واطسون وكريك صورة فرانكلين لتشتت الأشعة السينية. وقد قاس واطسون وكريك معًا عرض الجزيء الحلزوني والمسافات بين القواعد مستخدمين بيانات فرانكلين وبيانات تشارجاف، وقاما ببناء نموذج لجزيء DNA المزدوج يتوافق مع أبحاث الآخرين. ويبين **الشكل 7–6** النموذج الذي بناه في عام 1953م. وقد اشتمل نموذجهم المقترح على بعض الخصائص المهمة الآتية:

1. سلسلتين خارجيتين تتكونان من سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين وفوسفات بشكل متبادل.
2. يرتبط السايتوسين والجوانين معًا بثلاث روابط هيدروجينية.
3. يرتبط الثايمين والأدينين معًا برابطتين هيدروجينيتين.

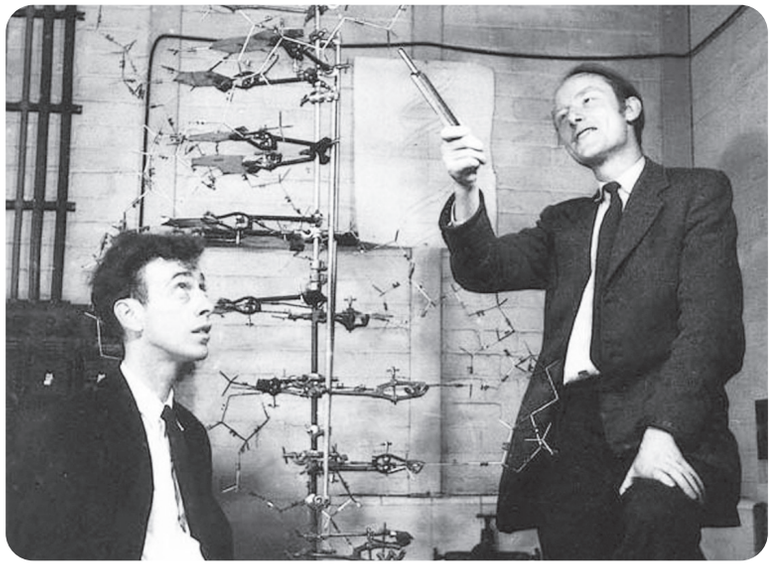
بيانات تشارجاف

تركيب القواعد (النسبة المولية)				
المخلوق الحي	A	T	G	C
E. coli	26.0	23.9	24.9	25.2
خميرة	31.3	32.9	18.7	17.1
سمك الرنجة	27.8	27.5	22.2	22.6
الجرذ	28.6	28.4	21.4	21.5
الإنسان	30.9	29.4	19.9	19.8

الشكل 5–6 بينت نتائج تشارجاف أنه على الرغم من اختلاف نسب القواعد النيتروجينية من نوع إلى آخر، إلا أن G = C و A = T في النوع الواحد.



الشكل 6–6 صورة 51 الخاصة بروزالند فرانكلين وبيانات تشتت أشعة X ساعدتا واطسون وكريك على حل لغز تركيب جزيء DNA. عندما حُلّل وقيس بدقة أظهر النمط خصائص تركيب حلزوني.



■ **الشكل 7-6** حل واطسون وكريك لغز تركيب DNA، باستخدام بيانات تشارجاف وبيانات فرانكلين.

تركيب DNA DNA structure يحاكي جزيء DNA على الأغلب السلّم الملتوي؛ حيث يمثل حاجز الحماية (الدرابزين) للسلم، السكرَ المنقوص الأكسجين والفوسفات بشكل متبادل. وتشكل أزواج القواعد النيتروجينية (السايتوسين – الجوانين أو الثايمين – الأدينين) درجات هذا السلّم. وترتبط البيريميدينات دائمًا بالبيورينات، فتحافظ بذلك على البعد الثابت لحاجزي الحماية – سلسلتي DNA– في السلم. هذا الترابط المقترح للقواعد يفسر أيضًا نتائج تشارجاف، الذي اقترح أن كمية البيريميدينات تساوي كمية البيورينات في عينة جزيء DNA. لذا فإن $C + T = G + A$ ، أو أن قواعد البيريميدينات تساوي قواعد البيورينات. تستخدم أزواج القواعد المتممة لوصف الارتباط الدقيق بين قواعد البيورينات والبيريميدينات بين سلسلتي الأحماض النووية. وهي خاصية تضاعف جزيء DNA التي يمكن من خلالها للسلسلة الأصلية أن تحدد ترتيب القواعد في السلسلة الجديدة.

ماذا قرأت؟ فسر لماذا كانت بيانات تشارجاف دليلاً مهمًّا للوصول إلى بناء DNA؟

تجربة استهلالية

مراجعة اعتمادًا على ما قرأته حول تاريخ تجارب جزيء DNA، كيف يمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التحليل؟

تجربة 1 - 6

عمل نموذج DNA

ما تركيب جزيء DNA؟ صمّم نموذجًا يزيد من فهم تركيب جزيء DNA.

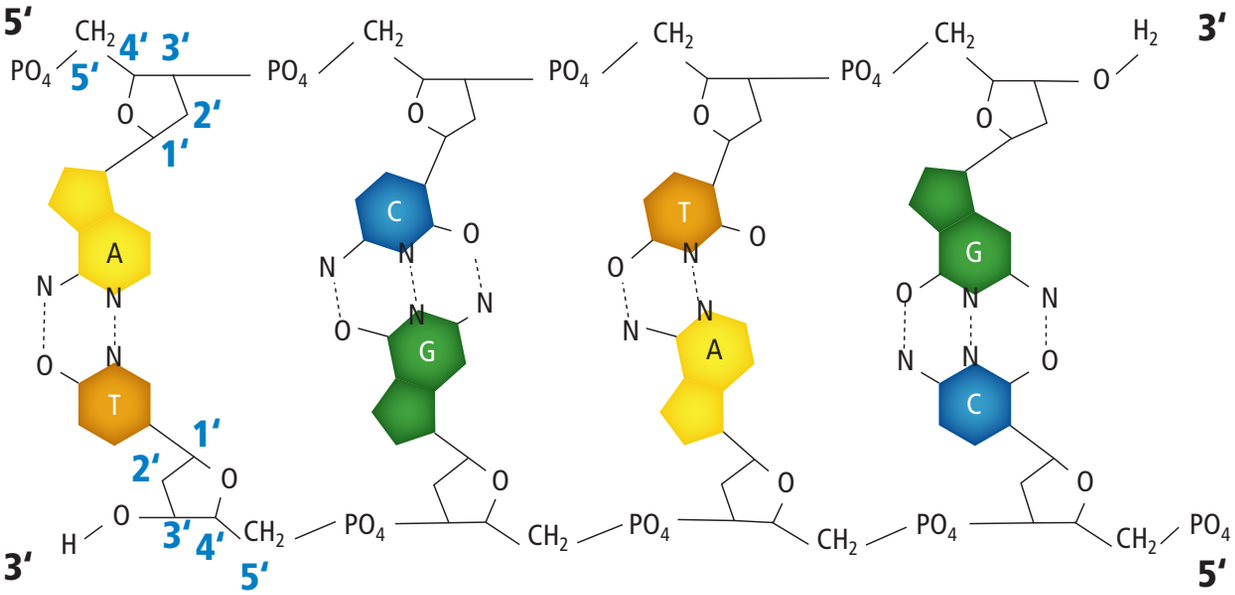
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم نموذجًا لقطعة صغيرة من DNA باستعمال المواد التي يوفرها لك مُعلمك.
3. حدد أجزاء النموذج التي تتطابق مع الأجزاء المختلفة من جزيء DNA.

التحليل

1. **صف** تركيب جزيء DNA الخاص بك.
2. **حدّد** خصائص DNA التي ركزت عليها عند بناء نموذجك.
3. **استنتج.** كيف يختلف نموذجك عن نماذج زملائك في الصف؟ وكيف يرتبط هذا الاختلاف مع اختلافات جزيء DNA بين المخلوقات الحية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444



■ **الشكل 8-6** تترتب سلسلتا DNA على نحوٍ متوازٍ ومتعاكس ويكوّنان جزيء DNA الحلزوني.

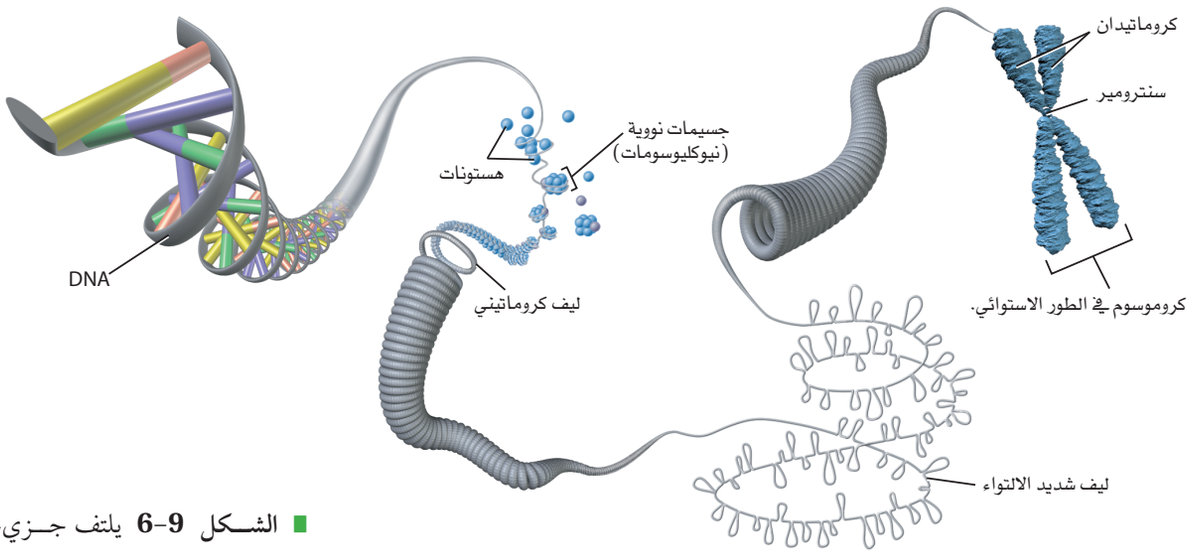
فسّر لماذا سميت نهايتا سلسلتي جزيء DNA بـ 3′ و 5′ ؟

الاتجاه Orientation من الصفات الفريدة لجزيء DNA اتجاه أو ترتيب السلسلتين؛ حيث يمكن ترقيم الكربون في المركبات العضوية (وهي هنا السكر). ويوضح **الشكل 8-6** اتجاه ذرات الكربون المرقمة في جزيئات السكر في كل سلسلة من سلاسل DNA. فتكون بداية الارتباط في السلسلة العلوية عند الكربون رقم 5 في سكر الرايبوز فتسمى **5′** (يُقرأ "خمسة شرطة") وينتهي الارتباط عند الكربون رقم 3 في سكر الرايبوز عند نهاية السلسلة، فتسمى **3′** (يُقرأ "ثلاثة شرطة"). ويقال إن السلسلة تترتب من **5′** إلى **3′**. بينما تترتب السلسلة الأخرى الموازية في الاتجاه المعاكس من **3′** إلى **5′**.

ترتيب السلسلتين هذا يُسمى التوازي المتعاكس، لاحظ **الشكل 8-6**. وهناك طريقة أخرى توضح الترتيب المتوازي المتعاكس لسلسلتي DNA بأخذ قلمَيْ رصاص ووضعهما بحيث يكون رأس أحدهما بجوار ممحاة القلم الآخر.

التركيب البنائي للكروموسوم Chromosome Structure

يوجد جزيء DNA في المخلوقات الحية البدائية النوى في السيتوبلازم، ويتكون بشكل أساسي من حلقة من DNA ويرتبط مع البروتينات، في حين يترتب DNA في المخلوقات الحية الحقيقية النوى في صورة كروموسومات منفردة. يتكون الكروموسوم في الإنسان من 51 مليونًا إلى 245 مليون زوج من القواعد النيتروجينية. وإذا تم بسط سلسلة DNA مكوّنة من 140 مليون نيوكليوتيد في خط مستقيم فإن طوله سيبلغ 5 cm تقريبًا. فكيف يمكن لكمية DNA هذه أن تترتب داخل خلية مجهرية؟



■ **الشكل 9-6** يلتف جزيء DNA حول الهستونات ليكون جسيمات نووية (نيوكليوسومات)، تلتف بدورها لتكوّن أليافاً كروماتينية. وتلتف ألياف الكروماتين بشدة لتكوين الكروموسومات التي تكون واضحة في أثناء الطور الاستوائي للانقسام المتساوي.

لكي يترتب جزيء DNA داخل نواة خلية حقيقية النواة فإنه يلتف حول مجموعة من البروتينات تشبه الخرز تسمى الهستونات، كما في **الشكل 9-6**.

ولأن مجموعات الفوسفات في DNA تحمل شحنة سالبة، فهي تجذب جزيئات DNA إلى بروتينات الهستون الموجبة الشحنة، فتكوّن **جسيمًا نوويًّا (نيوكليوسوم)** nucleosome، ثم تتجمع النيوكليوسومات معًا لتكوّن أليافًا كروماتينية، يلتف بعضها على بعض لتكوّن تركيب DNA المعروف بالكروموسوم.

التقويم 1-6

الخلاصة

- تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفري أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
- وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
- تنص قاعدة تشارجاف على أنه –في جزيء DNA– كمية السايتوسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين.
- وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** تجارب جريفيث وأفري التي أشارت إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
2. **صف** البيانات التي استعملها واطسون وكريك في تحديد تركيب جزيء DNA.
3. **ارسم وعنون** الأجزاء في قطعة DNA، مبينًا الشكل الحلزوني لهذا الجزيء وارتباط القواعد النيتروجينية المتممة.
4. **صف** تركيب الكروموسومات في المخلوقات الحية الحقيقية النوى.

التفكير الناقد

5. **صف** خاصيتين يحتاج إليهما جزيء DNA لكي يؤدي دوره بوصفه مادة الوراثة.
6. **قوّم** قرار هيرشي وتشيس في استعمال الفوسفور والكبريت المشعّين في تجاربهما. وهل كان يمكن استخدام الكربون أو الأكسجين كبديلين؟ ولماذا؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-2

تضاعف DNA

Replication of DNA

الأهداف

- **تلخّص** دور الإنزيمات في تضاعف DNA.
- **تفسّر** كيف يتم بناء السلسلة الرئيسة والسلسلة الثانوية بصورة مختلفة كل منهما عن الأخرى.

مراجعة المفردات

القالب: جزيء الـ DNA الذي يُعد النمط (الأساس) اللازم لبناء سلسلة DNA جديدة.

المفردات الجديدة

التضاعف شبه المحافظ.

إنزيم بلمرة DNA

قطعة أوكازاكي.

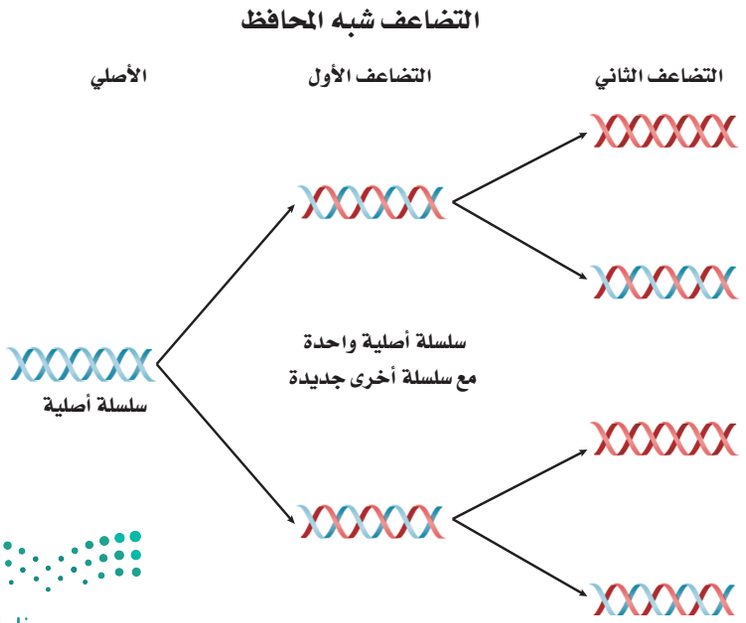
الفكرة الرئيسة **يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.**

الربط مع الحياة عندما تستخدم آلة التصوير فإنك تتوقع أن تكون النسخ طبق الأصل. إن عمل نسخة تحوي أخطاءً لم تكن موجودة في الأصل غير مفيد. وكذلك، فكّر كيف يستطيع جسمك عمل نسخ من DNA؟

تضاعف DNA شبه المحافظ Semiconservative Replication

اقترح واطسون وكريك طريقة محتملة لتضاعف جزيء DNA، وهو ما يسمى عملية التضاعف شبه المحافظ؛ حيث تنفصل خلال **التضاعف شبه المحافظ** semiconservative replication سلاسل DNA الأصلية لتعمل بوصفها قوالب templates، وتبدأ عملية التضاعف، فينتج جزيء DNA مكوّن من سلسلة أصلية وأخرى جديدة. درست من قبل أن تضاعف DNA يحدث في الطور البيني للانقسام المتساوي أو المنصف. تتضمن عملية التضاعف شبه المحافظ ثلاث مراحل، هي: فك الالتواء، وارتباط القواعد في أزواج، وإعادة ربط السلاسل، كما في **الشكل 10-6**.

فك الالتواء Unwinding يسمى الإنزيم المسؤول عن فك الالتواء وفصل جزيء DNA الحلزوني المزدوج إنزيم فك الالتواء (هيليكيز helicase).



الشكل 10-6 في التضاعف شبه المحافظ، تنفصل سلاسل DNA الأصلي بعضها عن بعض، وتصبح حجر الأساس في إنتاج جزيئي DNA جديدين، يمكنهما بعد ذلك الانفصال لإنتاج أربعة جزيئات DNA أخرى.

وعندما تنفصل سلاسل الحلزون المزدوج تتكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد، فتتكوّن سلاسل DNA منفردة. ثم تقوم بروتينات تُسمى البروتينات المرتبطة مع السلاسل المنفردة، بالارتباط بجزيء DNA لضمان بقاء السلاسل منفصلة بعضها عن بعض خلال عملية التضاعف. وبعد الانتهاء من فك التواء الحلزون يقوم إنزيم آخر يُسمى إنزيم RNA البادئ (RNA primase) بإضافة قطعة صغيرة من RNA، تسمى قطعة RNA الأولية، إلى كل سلسلة من سلاسل DNA.

ارتباط القواعد في أزواج Base pairing يحفز **إنزيم بلمرة DNA** DNA polymeras إضافة النيوكليوتيدات المناسبة إلى سلسلة DNA الجديدة. تضاف النيوكليوتيدات إلى النهاية (الطرف) 3′ في السلسلة الجديدة، كما في **الشكل 11–6**. تذكر أن كل قاعدة نيتروجينية ترتبط بالقاعدة النيتروجينية المتممة لها فقط – مثلًا القاعدة النيتروجينية A ترتبط مع T، و C ترتبط مع G. وهذه الطريقة تسمح بإنتاج نسخ متماثلة من جزيء DNA الحلزوني المزدوج الأصلي.

يبين **الشكل 11–6** أن السلسلتين تُصنعان بطريقتين مختلفتين قليلاً. فإحداهما تُسمى السلسلة الرئيسة، ويزداد طولها عندما يتم فك الالتواء في اتجاه شوكة التضاعف. ويتم إنتاج هذه السلسلة بإضافة النيوكليوتيدات بشكل متواصل إلى النهاية.

تجربة 2 - 6

نموذج تضاعف DNA

كيف يتضاعف جزيء DNA؟ استعمل نموذجًا يوضح تضاعف جزيء DNA على نحوٍ أفضل.

خطوات العمل

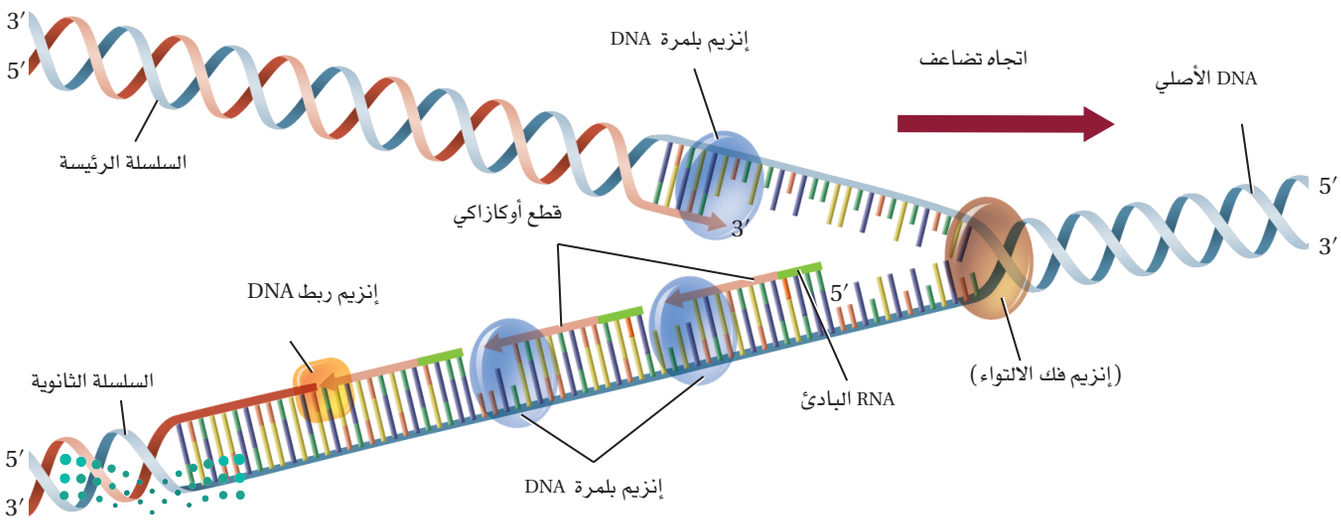
1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل نموذج DNA الخاص بك من التجربة **1–6**، وقطعًا إضافية لعمل نموذجٍ لتضاعف قطعة DNA الخاصة بك.
3. استعمل نموذجك لتوضيح تضاعف DNA لطلاب صفك، وحدد الإنزيمات التي تدخل في كل خطوة.

التحليل

1. **فسّر.** كيف يوضح نموذج تضاعف DNA الخاص بك التضاعف شبه المحافظ؟
2. **استنتج.** كيف يؤثر غياب إنزيم ربط DNA في تضاعف DNA في الخلية؟
3. **حدد.** أين يمكن أن تحدث الأخطاء في عملية التضاعف؟

الشكل 11–6 تنفصل سلسلتا DNA إحداهما عن الأخرى خلال عملية التضاعف، وعندئذٍ يتم استعمال السلسلة الأصلية على أنها حجر الأساس للسلسلة الجديدة.

استنتج. لماذا تكوّن السلسلة الثانوية قطعًا بدلاً من أن تُصنع بشكل متصل؟



أما سلسلة DNA الأخرى فتُسمى السلسلة الثانوية، ويزداد طولها في عكس اتجاه شوكة التضاعف. وتُصنع هذه السلسلة بشكل غير متواصل، وفي صورة قطع تُسمى **قطع أوكازاكي** okazaki fragments، باستخدام إنزيم بلمرة DNA وفي الاتجاه من 3′ إلى 5′. يتم ربط هذه القطع لاحقًا بإنزيم ربط DNA (ligase). ويبلغ طول كل قطعة من قطع أوكازاكي نحو 100 – 200 نيوكليوتيد في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. ولمّا كانت إحدى السلاسل تُصنع بشكل متواصل والأخرى تُصنع بشكل غير متواصل فإن تضاعف DNA يُسمى شبه المتقطع، وكذلك شبه المحافظ.

ماذا قرأت؟ **فسّر** كيف يضمن ارتباط القواعد في أزواج خلال التضاعف أن السلسلة المتكونة متطابقة مع السلسلة الأصلية؟

إعادة ربط السلاسل Joining على الرغم من أن السلسلة الأصلية تُصنع بشكل متواصل فإن تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى يبدأ عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم، وعندما يصل إنزيم بلمرة DNA إلى RNA البادئ فإنه يزيل البادئ ويستبدل به نيوكليوتيدات DNA. ثم يقوم إنزيم ربط DNA بربط الجزأين.

التقويم 2-6

الخلاصة

- تسهم الإنزيمات (إنزيم فك التواء DNA، وإنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA، وإنزيم ربط DNA) في عملية تضاعف DNA.
- تُصنع السلسلة الرئيسة بصورة متواصلة، أما السلسلة الثانوية فتُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي.
- يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **بيّن** ترتيب السلسلة الأساس إذا كان ترتيب القواعد في السلسلة المتممة هو 5′ A T G G G C G C 3′.
2. **صف** دور الإنزيمات التالية في تضاعف DNA: فك التواء DNA، بلمرة DNA ، ربط DNA.
3. **ارسم** شكلاً يبين آلية إنتاج السلسلتين الرئيسة والثانوية.
4. **ناقش** لماذا يكون تضاعف جزيء DNA في الخلايا الحقيقية النوى أكثر تعقيدًا من البكتيريا؟

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء

إذا كانت بكتيريا *E. coli* تصنع DNA بمعدل 100,000 نيوكليوتيد في الدقيقة، وتستغرق 30 دقيقة لتضاعف جزيء DNA الخاص بها، فما عدد أزواج القواعد النيتروجينية في كروموسوم *E. coli*؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-3

DNA، و RNA، والبروتين
DNA, RNA, and Protein

الأهداف

- **تفسّر** كيف يشارك RNA الرسول، و RNA الرايبوسومي، وRNA الناقل في نسخ الجينات وترجمتها.
- **تلخّص** دور إنزيم بلمرة RNA في بناء RNA الرسول.
- **تصف** كيف يتم نسخ شفرة DNA إلى RNA الرسول، واستخدامها في بناء بروتين معين.

مراجعة المفردات

البناء: تركيب أجزاء أو ارتباط بعضها مع بعض لتكوين شيء كامل.

المفردات الجديدة

RNA
RNA الرسول
RNA الرايبوسومي
RNA الناقل
عملية النسخ
إنزيم بلمرة RNA
إنترون
الإكسون
الشفرة الوراثية
عملية الترجمة.

الفكرة الرئيسة **تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.**

الربط مع الحياة يكتب مبرمجو الحاسوب برامجهم بلغة معينة، أو شفرة. ويُصمَّم الحاسوب لقراءة الشفرة وأداء وظائف ما. وكذلك يحتوي DNA على شفرة، مثل شفرة البرمجة، تحفز الخلية على أداء عمل ما.

المبدأ الأساسي Central Dogma

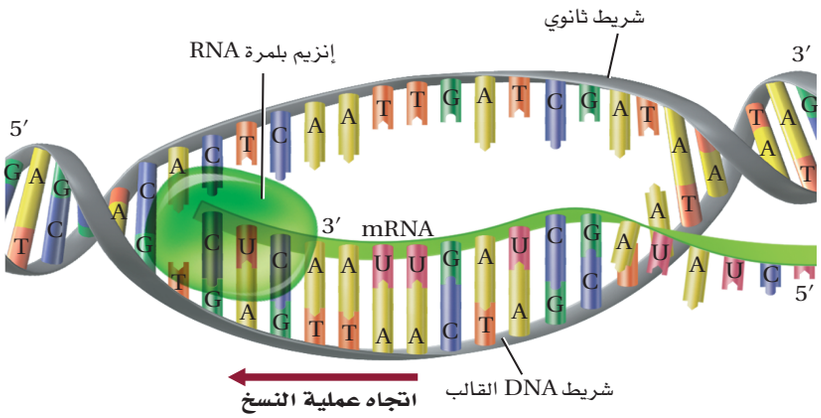
إحدى خصائص الـ DNA المهمة، والتي لم تُحل بعد اكتشاف واطسون وكريك، هي كيف يستخدم الـ DNA بوصفه شفرة وراثية ضرورية في بناء البروتين؛ حيث تعمل هذه البروتينات بوصفها وحدات بنائية للخلايا والإنزيمات.

وقد بيَّن علماء الوراثة أن آلية قراءة الجينات والتعبير عنها تتم من DNA إلى RNA، ثم إلى البروتينات. وتحدث هذه العملية في جميع المخلوقات الحية، بدءًا من البكتيريا حتى الإنسان. ويسمي العلماء هذه الآليات المبدأ الأساسي في علم الأحياء: تُنسخ شفرات DNA إلى RNA الذي يوجه عملية بناء البروتين.

جزيء RNA حمض نووي شبيه بـ DNA. يتكون **RNA** من سكر رايبوز، والقاعدة النيتروجينية اليوراسيل بدلاً من الثايمين الموجود في DNA، وهو عادة شريط منفرد. وهناك ثلاثة أنواع من RNA موجودة في الخلايا الحية، هي: جزيئات **RNA الرسول** messenger RNA (mRNA)، وهي سلاسل طويلة من نيوكليوتيدات RNA بوصفها سلسلة متممة لسلسلة واحدة من DNA، وتنتقل من النواة إلى الرايبوسومات لتوجِّه بناء بروتين محدد. و**RNA الرايبوسومي** ribosomal RNA (rRNA)، وهو نوع من RNA يرتبط مع البروتينات ليكوّن الرايبوسومات في السيتوبلازم. أما النوع الثالث من RNA فهو **RNA الناقل** transfer RNA (tRNA)، وهو قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA تنقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات. ويقارن **الجدول 2–6** بين تركيب الأنواع الثلاثة من RNA ووظائفها.

الجدول 2–6 مقارنة بين أنواع RNA الثلاثة

الاسم	mRNA	rRNA	tRNA
الوظيفة	يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة ليوجِّه بناء البروتينات في السيتوبلازم.	يرتبط مع البروتينات لبناء الرايبوسومات.	ينقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات.
مثال			



■ **الشكل 12–6** يتم بناء جزيء RNA في الاتجاه من 5′ إلى 3′.
حدّد الإنزيم الذي يضيف النيوكليوتيدات إلى RNA في أثناء تكوّنه.

عملية النسخ Transcription تتضمن الخطوة الأولى في بناء RNA من DNA عملية تُسمى **النسخ** transcription. وتنتقل خلال هذه العملية شفرة DNA إلى mRNA في النواة. ويمكن بعد ذلك لـ mRNA أن يأخذ الشفرة إلى السيتوبلازم لبناء البروتين. تتبع عملية النسخ في **الشكل 12–6**. ينفك التواء DNA جزئيًّا في النواة، ثم يرتبط به **إنزيم بلمرة RNA** RNA polymerase، وهو إنزيم يوجه بناء RNA، بارتباطه في منطقة محددة؛ حيث تبدأ عملية بناء mRNA. وكلما انفكت سلسلة DNA قام إنزيم بلمرة RNA ببناء mRNA، كما يتحرك على طول أحد سلاسل DNA في الاتجاه 3′ إلى 5′. وتسمى سلسلة DNA التي يقرؤها إنزيم بلمرة RNA السلسلة الأساسية (القالب). وسلسلة mRNA سلسلة متممة لنيوكليوتيدات DNA. وتُصنع نسخة RNA الرسول في الاتجاه 5′ إلى 3′، بإضافة كل نيوكليوتيد RNA جديد إلى الجهة 3′. حيث يحل اليوراسيل محل الثايمين عند بناء جزيء mRNA. وفي النهاية ينتج mRNA، وينفصل إنزيم بلمرة RNA عن DNA. ويتحرك mRNA الجديد بعد ذلك من النواة إلى السيتوبلازم عبر الثقوب النووية.

ماذا قرأت؟ وضح الاتجاه الذي تنسخ فيه سلسلة mRNA.

معالجة RNA RNA processing عندما قارن العلماء مناطق الشفرة بين DNA و RNA الذي ينتج في نهاية الأمر البروتين وجدوا أن شفرة mRNA أقصر من شفرة DNA. وبعد الفحص الدقيق اكتشفوا أن الشفرة على DNA تحوي قطعًا متسلسلة ومرتبة غير موجودة في RNA النهائي، وتسمى هذه القطع **الإنترونات** (المناطق غير المشفَّرة) introns. أما القطع الفعّالة التي تبقى في RNA النهائي فتُسمى **الإكسونات** (المناطق المشفَّرة) exons. في المخلوقات الحية الحقيقية النوى يُسمى mRNA الأصلي الذي ينتج في النواة أحيانًا mRNA الأولي (غير المعالج)، ويحوي شفرة DNA كلها. وقبل أن يغادر RNA الأولي النواة يتم التخلص من الإنترونات فيه. ومن معالجات mRNA الأولي الأخرى إضافة غلاف واقٍ على النهاية 5′، وكذلك إضافة ذيل مكوّن من نيوكليوتيدات الأدينين يُسمى عديد الأدينين على النهاية 3′ من mRNA. وقد أظهرت الأبحاث أن الغلاف الواقي يُساعد أيضًا على تعرُّف الرايبوسومات رغم أن أهمية عديد الأدينين A ما زالت غير معروفة.

King Faisal PRIZE

مُنح البروفيسور سدني برينَر جائزة الملك فيصل فرع / العلوم عام ١٤١٢هـ؛ لاكتشافه طريقة تفكيك الرموز الثلاثية التي ترمز للمركّبات الكيميائية التي يتكوَّن منها المخلوق الحي. وقد كشف عن وجود الثلاثيات التي تختم السلسلة في المورِّثة. وكان أعظم اكتشاف تجريبي له اكتشافه وجود "R.N.A" المرسال الذي ينقل عن "D.N.A"، خازن الوراثة، ومعلوماته، ويحملها إلى حيث تُستَعمل لصنع البروتينات. وبذلك اكتمل اكتشاف السلسلة التي يتم بها انتقال المعلومات من المورِّثة إلى البروتين. وهذا الاكتشاف هو الذي يلي في أهميته مباشرة اكتشاف بنية "D.N.A" التي هي أساس كل علم الحياة الجُزيئي المعاصر.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

الشفرة The Code

بدأ علماء الأحياء يفترضون أن تعليمات بناء البروتين موجودة في DNA. لقد عرفوا أن الطريقة الوحيدة التي يختلف فيها DNA بين المخلوقات الحية هي ترتيب القواعد. كما عرف العلماء أيضًا أن هناك 20 حمضًا أمينيًّا تُستخدم في صناعة البروتينات، لذا فقد عرفوا أن DNA يجب أن يوفر على الأقل 20 شفرة وراثية مختلفة.

الربط مع الرياضيات إذا كانت كل قاعدة نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإن القواعد النيتروجينية الأربع تكون مسؤولة عن أربعة أحماض أمينية فقط. أما عندما يكون كل زوج من القواعد النيتروجينية مسؤولاً عن حمض أميني واحد فإن القواعد الأربع تكون مسؤولة عن 16 (4×4 أو 4^2) حمضًا أمينيًّا. لكن إذا كانت مجموعة من ثلاث قواعد نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإنها مسؤولة عن (4^3) أو 64 حمضًا أمينيًّا محتملاً. وهذا يوفر شفرات أكثر من المطلوب لعشرين حمضًا أمينيًّا، وهي أصغر تركيب محتمل للقواعد لكي يوفر شفرات كافية للأحماض الأمينية.

وهذا لا يعني أن الشفرة موجودة في أزواج القواعد نفسها، ولكنها موجودة على طول سلاسل DNA. وبينت التجارب في ستينيات القرن السابق أن الشفرة في DNA هي فعلاً شفرة مكونة من ثلاث قواعد نيتروجينية. وتسمى الشفرة الثلاثية القواعد النيتروجينية في DNA أو mRNA **الشفرة الوراثية** (الكودون) codon؛ حيث يتم نسخ القواعد الثلاثة كلها المكونة للكودون في DNA إلى شفرة في mRNA. ويبين **الشكل 13–6** "معجم" الشفرة الوراثية. لاحظ أن الكودونات كلها – ما عدا ثلاثة منها هي كودونات الانتهاء– تحدد حمضًا أمينيًّا واحدًا. أما الكودون AUG فمسؤول عن الحمض الأميني الميثيونين، وهو أيضًا يعمل عمل كودون بدء.

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية U	القاعدة الثانية C	القاعدة الثانية A	القاعدة الثانية G	القاعدة الثالثة
U	UUU phenylalanine	UCU serine	UAU tyrosine	UGU cysteine	U
	UUC phenylalanine	UCC serine	UAC tyrosine	UGC cysteine	C
	UUA leucine	UCA serine	UAA انتهاء	UGA انتهاء	A
	UUG leucine	UCG serine	UAG انتهاء	UGG tryptophan	G
C	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine	U
	CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine	C
	CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine	A
	CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine	G
A	AUU isoleucine	ACU threonine	AAU asparagine	AGU serine	U
	AUC isoleucine	ACC threonine	AAC asparagine	AGC serine	C
	AUA isoleucine	ACA threonine	AAA lysine	AGA arginine	A
	AUG (بدء) methionine	ACG threonine	AAG lysine	AGG arginine	G
G	GUU valine	GCU alanine	GAU aspartate	GGU glycine	U
	GUC valine	GCC alanine	GAC aspartate	GGC glycine	C
	GUA valine	GCA alanine	GAA glutamate	GGA glycine	A
	GUG valine	GCG alanine	GAG glutamate	GGG glycine	G

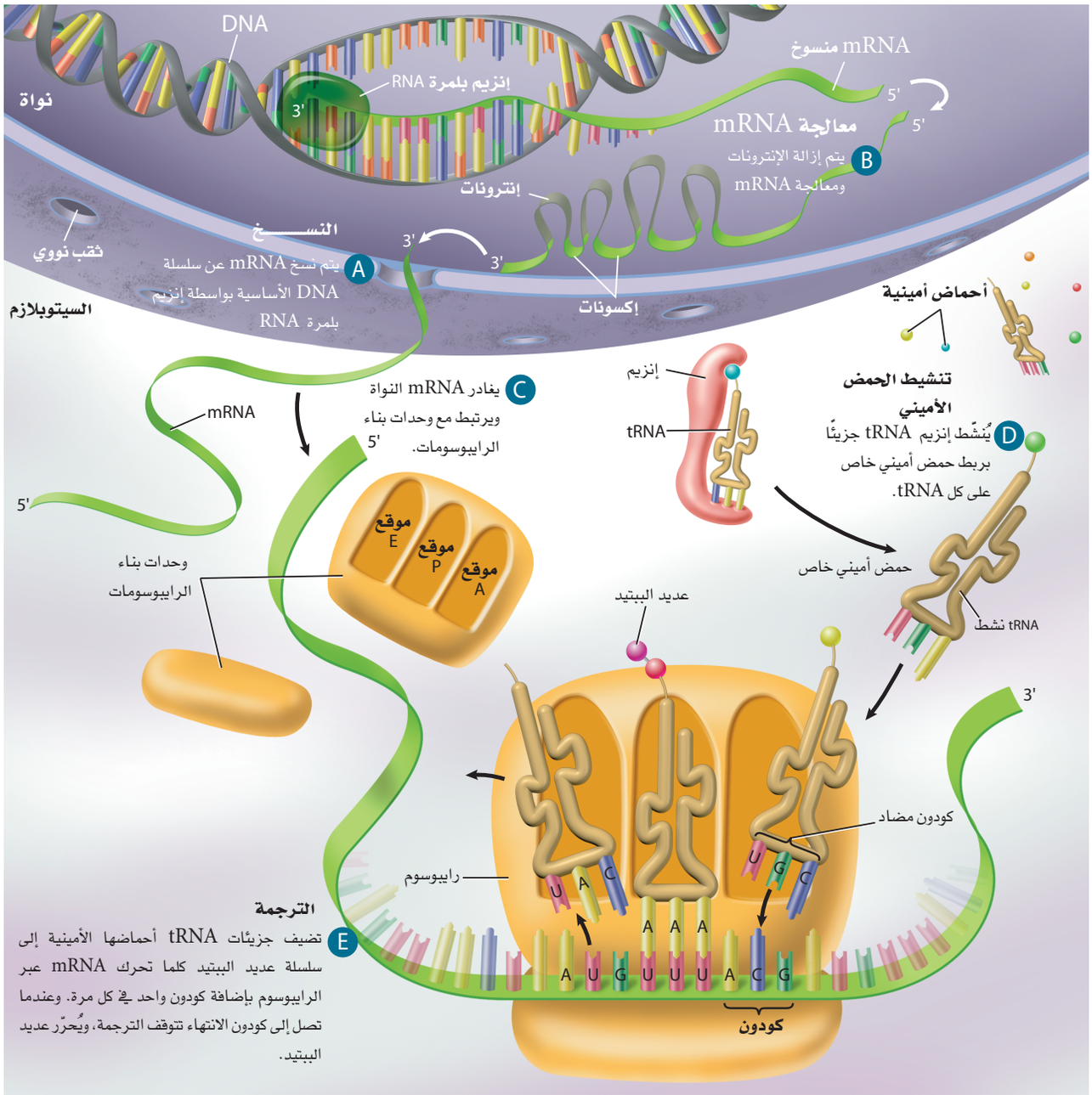
الشكل 13–6 يفيد"معجم" الشفرة الوراثية هذا في معرفة الكودونات الخاصة بالأحماض الأمينية.

حدّد الترتيب المحتمل للكودونات التي يمكن أن ينتج عنها سلسلة الأحماض الأمينية التالية: بدء–سيرين– هستدين– تربتوفان– انتهاء.

الترجمة Translation عندما يُصنع mRNA وتتم معالجته ينتقل نحو الرايبوسومات. وهذا يعني أن mRNA يجب أن يغادر النواة ويدخل السيتوبلازم في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. وعندما يصبح في السيتوبلازم ترتبط النهاية 5′ بالرايبوسوم. فتبدأ هنا قراءة الشفرة وترجمتها لبناء بروتين من خلال عملية تُسمى **الترجمة** translation. تتبع **الشكل 14–6** وأنت تدرس الترجمة.

في الترجمة تعمل جزيئات tRNA عمل مفسرات لترتيب الكودونات على mRNA. وينطوي tRNA على شكل ورقة البرسيم، ويتم تنشيطه بإنزيم يعمل على ربط حمض أميني محدد على النهاية 3′. وفي منتصف الشريط المطوي هناك ترتيب مكون من 3 قواعد نيتروجينية يُسمى الكودون (شفرة) المضاد. وكل كودون مضاد متمم للكودون على mRNA. وعلى الرغم من أن الشفرة على DNA و RNA تقرأ من 5′ إلى 3′ فإن قراءة الكودون المضاد تكون من 3′ إلى 5′.

■ **الشكل 14–6** تحدث عملية النسخ في النواة. أما الترجمة فتحدث في السيتوبلازم وينتج عنها عديد الببتيد (البروتين).



دور الرايبوسوم The role of ribosome يتكـــون الرايبوســـوم من وحدتين بنائيتين، **الشكل 14–6**. وهاتان الوحدتان لا تكونان مرتبطتين معًا عندما لا تدخلان ضمن عملية ترجمة البروتين. وعندما يترك mRNA النواة تجتمع وحدتا الرايبوسوم معًا وترتبطان بـ mRNA لإنتاج الرايبوســـوم الفعال. وعندمـــا يتم ارتباط mRNA مع الرايبوســـوم يتحرك tRNA مع كودونه المضـــاد CAU الذي يحمل الميثيونين، ويرتبط مـــع كودون البـــدء –AUG– على mRNA على النهايـــة 5′ من mRNA. يوجد في تركيب الرايبوســـوم أخدود (شق) يســـمى الموقع P، الذي يتحرك نحوه tRNA المتمـــم لـ mRNA. ثم يتحرك tRNA آخر نحو أخدود آخر في الرايبوســـوم يسمى الموقع A، يحوي الكودون الثاني لـ mRNA، هو UUU الذي يشفر الحمض الأميني فينيل ألانين؛ ويكون كودونه المضاد على tRNA هو AAA.

يعمل جزء من rRNA في الرايبوســـوم عمل إنزيم محفز لتكوين رابطة بين الحمض الأميني الجديد فـــي الموقع A والحمض الأميني في الموقـــع P. وعندما يتم ربط الحمضين الأمينيين ينتقل tRNA في الموقع P إلى الموقع الثالث، ويُسمى الموقع E، حيث يغادر tRNA الرايبوسوم. ويتحرك الرايبوسوم بعد ذلك، حيث يتغير موقع tRNA في الأخدود A إلى الموقع P، **الشـــكل 14–6**. سيدخل الآن tRNA جديد الموقع A، متمِّمًا الكودون الجديد التالي على mRNA.

إرشادات الدراسة

المخطط ارسم مخططًا يربط بين عملية تضاعف DNA، وعمليتي النسخ والترجمة.

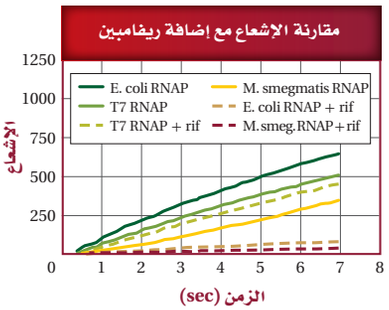
مختبر تحليل البيانات 6-1

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف يمكن للفيروس أن يؤثر في عملية النســـخ؟ لدراسة عملية بناء RNA استعمل العلماء جزيئًا مميزًا بمادة مشعّة لتتبع الجزيئات. يصبح هذا الجزيء مضيئًا (مشعًّا) عندما يرتبط مع RNA حديث التكوّن، وتزداد الإضاءة كلما زاد طول سلسلة RNA . لذا يمكن استعمال هذا الجزيء المميز في تتبع بناء RNA. وقد أضاف العلماء في هذه التجربة المضاد الحيوي ريفامبين (rif) إلى إنزيمات بلمرة RNA مستخرجة من فيروس (*T7 RANP*) *E. coli* (*E.coli RNAP*)، و *Mycobacterium smegmatis* (*M. smegmatis* RNAP) ثم تتبعوا بناء RNA .

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **صف** العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل تجربة لم يتم إضافة الريفامبين إليها.
2. **استنتج.** إلامَ تشير العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل حالة يضاف إليها الريفامبين؟
3. **فسّر.** أي جزيئات RNA في المخلوقات الحية السابقة تأثر بناؤها أكثر بالمضاد الحيوي ريفامبين؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Marras, Salvatore A.E., et al. 2004. Real–time measurement of *in vitro* transcription. *Nucleic Acids Research* 32.9.e: 72.

وتستمر عملية إضافة وربط الأحماض الأمينية بالتتابع الذي يحدده mRNA. ويستمر الرايبوسوم في التحرك إلى أن يدخل الموقع A كودون انتهاء، حيث يشير كودون الانتهاء إلى نهاية تصنيع البروتين، ولا يوجد لهذا الكودون كودون مضاد على tRNA. وهناك بروتينات تُسمى عوامل الإطلاق (عوامل فك الارتباط)، تحرر mRNA من آخر tRNA تم ترجمته، ثم تفكك وحدات بناء الرايبوسوم، منهيةً بذلك بناء البروتين.

التقويم 3-6

الخلاصة

- يدخل ثلاثة أنواع رئيسة من RNA في تصنيع البروتين هي: mRNA ، و tRNA، و rRNA.
- تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ.
- الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايبوسوم وتصنيع البروتين.
- يحتوي mRNA في المخلوقات الحية الحقيقية النواة على إنترونات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويُضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** العملية التي تستعمل فيها شفرة DNA في تصنيع بروتين.
2. **صِف** وظيفة كل مما يأتي في تصنيع البروتين: tRNA، و rRNA، و mRNA.
3. **فرِّق** بين الكودونات والكودونات المضادة.
4. **وضِّح** دور إنزيم بلمرة RNA في بناء mRNA.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانت الشفرة الوراثية التي تمثل الحمض الأميني تتكون من أربع قواعد في كل كودون بدلاً من ثلاث، فما عدد الكودونات التي يمكن الحصول عليها؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-4

التنظيم الجيني والطفرة
Gene Regulation and Mutation

الأهداف

- **تصف** كيف يمكن للبكتيريا أن تنظم جيناتها.
- **تناقش** كيف تُنظم الخلايا الحقيقية النوى عملية نسخ الجين.
- **تلخص** الأنواع المختلفة من الطفرات.
- **تصف** كيف تساعد الهندسة الوراثية على التحكم في DNA.
- **تلخص** استعمال الهندسة الوراثية في تحسين حياة الإنسان.
- **تفسر** كيف تستعمل المعلومات من الجينوم البشري في تعرّف وظائف الجينات في الإنسان.

مراجعة المفردات

بدائيات النوى: مخلوقات ليس لها عضيات محاطة بغلاف ولا DNA مرتب على شكل كروموسومات.

المفردات الجديدة

التنظيم الجيني
المنطقة الفعالة
الطفرة
العامل المُسبب للطفرة
الهندسة الوراثية
المخلوقات المعدّلة وراثيًا

الفكرة الرئيسة **يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن أن تؤثر الطفرات في هذا التعبير.**

الربط مع الحياة عندما تكتب جملة على الحاسوب، من المهم أن يُطبع كل حرف بصورة صحيحة. فجملة "السيارة تسير في الشارع" مثلاً تختلف عن جملة "الطيارة تسير في الشارع". فعلى الرغم من أن الاختلاف في حرف واحد إلا أن الجملتين تختلفان في المعنى تمامًا.

التنظيم الجيني في الخلايا بدائية النوى
Prokaryote Gene Regulation

كيف تنظم الخلايا بدائية النوى الجينات التي يتم نسخها في وقت محدد من حياة المخلوق الحي؟ **التنظيم الجيني** gene regulation هو قدرة المخلوق الحي على التحكم في اختيار أي الجينات تنسخ استجابة للبيئة. ففي بدائيات النوى تتحكم المنطقة الفعالة عادةً في نسخ الجينات استجابةً للتغيرات البيئية. و**المنطقة الفعالة** Operon هي قطعة من DNA تحتوي على جينات تشفر بروتينات ضرورية لعملية أيض محددة. وتضم المنطقة الفعالة الأجزاء الآتية: المشغل، والمحفز، وجينًا منظمًا، والجينات التي تشفر البروتينات. فالمشغل قطعة من DNA تعمل عمل مفتاح لبدء النسخ وإيقافه. أما المحفز فهو قطعة DNA أخرى، تقع حيث يرتبط إنزيم بلمرة RNA مع بداية جزيء DNA. وتستجيب بكتيريا *E. coli* إلى التربتوفان، وهو حمض أميني، وإلى سكر اللاكتوز، من خلال منطقتين فعالتين اثنتين هما: منطقة تربتوفان الفعالة، منطقة اللاكتوز.

التنظيم الجيني في الخلايا حقيقية النوى
Eukaryote Gene Regulation

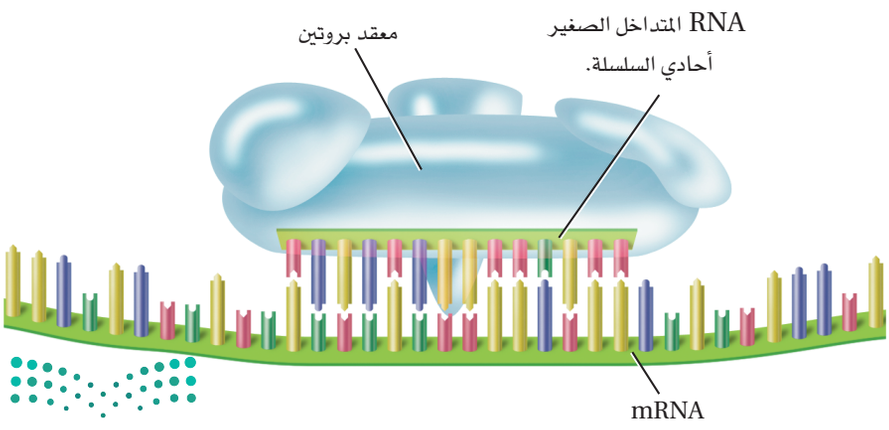
يجب أن تتحكم الخلايا حقيقية النوى في الجينات التي سيتم التعبير عنها في أوقات محددة من حياة المخلوق الحي. فالعديد من الجينات يتفاعل بعضها مع بعض في الخلايا الحقيقية النوى، مما يتطلب توافر أكثر من مجرد محفز واحد ومشغل واحد لمجموعة من الجينات. ولما كان تنظيم الخلايا الحقيقية النوى وتركيبها أكثر تعقيدًا من الخلايا البدائية النوى فإن ذلك يزيد من تعقيد نظام التحكم.

التحكم في عملية النسخ Controlling transcription إحدى الطرائق التي تتحكم فيها الخلايا الحقيقية النوى بالتعبير الجيني تحدث من خلال بروتينات تُسمى عوامل النسخ؛ حيث تضمن هذه العوامل استعمال الجين في الوقت المناسب، وإنتاج البروتينات بالكميات الصحيحة. وهناك مجموعتان رئيستان من عوامل النسخ هما: عوامل النسخ التي تكوّن مركبات معقدة تنظم إنزيم بلمرة RNA وتوجه ارتباطه بالمنظم. أما المجموعة الأُخرى فتشمل بروتينات منظمة تُساعد على التحكم بسرعة النسخ. فعلى سبيل المثال، تقوم بروتينات تُسمى البروتينات النشطة بطيّ جزيء DNA ؛ حيث تجعل مواقع المحفزات قريبة من المركب المعقد، فتزيد بذلك من سرعة نسخ الجين. وترتبط أيضًا بروتينات مثبطة مع مواقع محددة على DNA تمنع ارتباط المحفزات.

ويعد تعقيد تركيب DNA الخلايا الحقيقية النوى منظمًا أيضًا لعملية النسخ. تذكر أن DNA الخلايا الحقيقية النوى ملتف حول الهستونات ليكوّن جسيمات نووية. ويوفر هذا التركيب بعض التثبيط لعملية النسخ، وعلى الرغم من ذلك فإن البروتينات المنظمة وإنزيم بلمرة RNA ما زالا يستطيعان تنشيط جينات محددة، حتى لو كانت مطوية داخل الجسيم النووي.

تداخل RNA RNA interference الطريقة الأُخرى لتنظيم جينات الخلايا الحقيقية النوى هي تداخل RNA. حيث تُقطع قطع صغيرة من RNA الثنائي السلسلة في سيتوبلازم الخلية بواسطة إنزيم يُسمى المقطع. وتُسمى القطع الثنائية السلسلة الناتجة جزيئات RNA المتداخلة الصغيرة. وترتبط هذه بدورها ببروتين معقد يقوم بدوره بتكسير سلسلة واحدة من RNA. ترتبط السلسلة المفردة الصغيرة الناتجة عن جزيء RNA المتداخل الصغير ومعقد البروتين مع مقاطع محددة ومتسلسلة على mRNA في السيتوبلازم، فتؤدي إلى تقطيع mRNA وبهذا تمنع ترجمته. ويبين **الشكل 15–6** RNA المتداخل الصغير أحادي السلسلة والبروتين المعقد مرتبطين بـ mRNA.

ماذا قرأت؟ فسّر كيف ينظِّم تداخل RNA التعبير عن الجينات في الخلايا الحقيقية النوى.



الشكل 15–6 يمكن لتداخل RNA أن يوقف ترجمة رسالة mRNA.
صف. كيف يمنع مركب معقد RNA والبروتين ترجمة mRNA؟

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأحياء الدقيقة Microbiologist العالم الذي يدرس الأحياء الدقيقة، وخصوصًا الخلايا البدائية النوى. فقد يدرس أي الجينات تتحكم في إنتاج بروتينات معينة، أو كيف يؤثر بروتين في حياة الخلية.

الطفرات Mutations

هل أخطأت ذات مرة في أثناء كتابتك على الحاسوب؟ عندما تكتب قد تضغط مفتاحًا غير مطلوب. وكما يمكن أن تخطئ في أثناء الكتابة، كذلك قد يحدث خللٌ أو اضطرابٌ في أثناء تضاعف الخلايا. هذه الاضطرابات نادرة الحصول، لدى الخلية آليات إصلاح يمكنها أن تصلح بعض الخلل. ففي بعض الأحيان، يحدث تغير دائم في DNA الخلية، وهذا يسمى **الطفرة** mutation. تذكر أن أحد الأنماط الوراثية التي درسها مندل هي بذور البازلاء المجعدة والملساء. ومن المعروف اليوم أن الطراز الشكلي المجعد لهذه البذور مرتبط مع غياب إنزيم يؤثر في شكل جزيئات النشا في البذور. ولما كانت الطفرة في الجين تسبب تغيرًا في البروتين الذي يُصنع فإن الإنزيم يكون غير نشيط.

أنواع الطفرات Types of mutations تتراوح الطفرات بين تغيرات تحدث في زوج واحد من القواعد في سلسلة شفرات DNA إلى حذف قطع كبيرة من الكروموسومات. وتتضمن الطفرات النُّقَطية (الجينية) تغيرًا كيميائيًّا في زوج واحد من القواعد، مما قد يكون كافيًا لإحداث خلل وراثي. فالطفرة النقطية التي يستبدل فيها زوج قواعد بآخر تُسمى **الاستبدال**. ومعظم طفرات الاستبدال هي طفرات حساسة (مؤثرة) missenses ؛ حيث تتغير الشفرة الوراثية فتصبح لحمض أميني آخر نتيجة خلل ما. ومن طفرات الاستبدال الأخرى طفرات تُسمى غير الحساسة nonsense، وهنا يتغير كودون الحمض الأميني إلى كودون توقف. وتؤدي الطفرات غير الحساسة إلى توقف الترجمة مبكرًا. كما تؤدي جميع الطفرات غير الحساسة تقريبًا إلى بروتينات لا تعمل بشكل طبيعي.

وهناك نوع آخر من الطفرات قد تحدث، يتضمن كسب نيوكليوتيد واحد أو خسارته ضمن تسلسل القواعد النيتروجينية على جزيء DNA. وتُسمى عملية إضافة نيوكليوتيد إلى تسلسل القواعد على DNA **طفرات الإضافة**. أما فقدان نيوكليوتيد فيسمى **طفرات الحذف**. وكلا النوعين من الطفرات يغيّر مضاعفات الكودونات الثلاثية، من نقطة الإضافة أو الحذف، وهو ما يسمى **طفرات الإزاحة**؛ لأنها تغير ترتيب الأحماض الأمينية. ويوضح **الجدول 3-6** الأنواع المختلفة من الطفرات وتأثيرها في تسلسل DNA.

ترتبط الطفرات في بعض الأحيان بمرض أو خلل وراثي معين. ومن الأمثلة على ذلك مرض الكابتونيوريا الذي درسته سابقًا. فالمرضى الذين يعانون من هذا الخلل مصابون بطفرة في DNA المسؤول عن إنزيم يدخل في هضم الحمض الأميني فينيل ألانين. وتؤدي هذه الطفرة إلى وجود حمض الهوموجنتسيك الأسود اللون الذي يغير لون البول. وقد أظهرت الدراسات أن مرضى الكابتونيوريا مصابون بنسب عالية من طفرات الإزاحة والطفرات الحساسة في منطقة محددة من جزيء DNA الخاص بهم.

المفردات

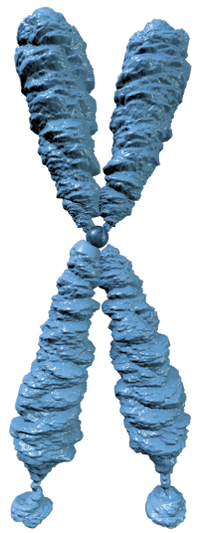
المفردات الأكاديمية

استبدال Substitution

عملية استبدال شيء بآخر.

استبدال الأدينين بالجوانين في DNA يؤدي إلى انتاج بروتين غير فاعل.

الجدول 3–6	الطفرات	
نوع الطفرة	جملة للمحاكاة	مثال على مرض مرتبط بالطفرة
طبيعي	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT	
الطفرات الحساسة (استبدال)	THE BIZ FAT CAT ATE THE WET RAT	**عدم نمو الغضروف:** تكوّن غير طبيعي للغضروف على أطراف العظام الطويلة للأذرع والأرجل؛ مما يؤدي إلى نوع من القزامة.
غير الحساسة (استبدال)	THE BIG RAT	**ضمور العضلات:** خلل عضلي شديد يزداد مع تقدم السن، ويتميز بضعف العديد من العضلات في الجسم.
الحذف (تسبب طفرة إزاحة)	THB IGF ATC ATA TET HEW ETR AT	**التليف الكيسي:** يتميز بمخاط غير طبيعي كثيف في الرئتين، والأمعاء والبنكرياس.
الإضافة (تسبب طفرة إزاحة)	THE BIG ZFA TCA TAT ETH EWE TRA	**مرض كرون:** التهاب حاد في الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى إسهال متكرر، ألم في البطن، دُوَار، حمى، فقدان وزن.
تضاعف	THE BIG FAT FAT CAT ATE THE WET RAT	**مرض شاركوت – ماري – توث (النوع A1):** تلف الأعصاب الطرفية مما يؤدي إلى ضعف وتآكل في عضلات اليدين والأطراف السفلى.
توسيع الطفرة (تكرارات متتابعة) الجيل 1 الجيل 2 الجيل 3	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT	**مرض هنتنجتون:** مرض شديد يزداد مع تقدم السن، تتناقص فيه خلايا الدماغ، مسببًا حركات غير مسيطر عليها، وتقلبات عاطفية، وتلفًا عقليًّا.



الشكل 16–6 تنتج متلازمة الكروموسوم X الهش عن عدة وحدات CGG متكررة إضافية قريبة من نهاية الكروموسوم X، مما يجعل الطرف السفلي للكروموسوم X يبدو هشًّا.

ويمكن أيضًا لأجزاء كبيرة من DNA أن تشترك في طفرة؛ فقد تحذف قطعة من كروموسوم تحوي جينًا واحدًا أو أكثر من الجينات أو تنتقل إلى موقع مختلف على الكروموسوم، أو إلى كروموسوم آخر. وتؤدي إعادة ترتيب الكروموسوم هذه غالبًا إلى تأثيرات شديدة في التعبير عن هذه الجينات.

الربط مع الصحة في عام 1991م اكتشف نوع جديد من الطفرات تضمن زيادة في عدد نسخ الكودونات المكررة، تسمى التكرارات المتتابعة. ويبدو أن الزيادة في السلاسل المكررة لها علاقة بعدد من الأمراض الوراثية. وأول مثال معروف هو متلازمة الكروموسوم X الهش، وهي متلازمة تسبب عددًا من الاختلالات العقلية والسلوكية. ويوجد قسم من كودونات CGG تتكرر 30 مرة قريبةً من نهاية الكروموسوم X الطبيعي. فالأفراد المصابون بمتلازمة الكروموسوم X الهش لديهم كودونات CGG تتكرر مئات المرات. وسميت بذلك لأن المنطقة المكررة على أطراف الكروموسومات X تبدو وكأنها قطعة هشة تتدلى من الكروموسوم X، كما في **الشكل 16–6**.

ماذا قرأت؟ صف ثلاثة أنواع من الطفرات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

أسباب الطفرة Causes of mutation قد تحدث بعض الطفرات –وخصوصًا الطفرات النقطية– بصورة تلقائية؛ إذ يضيف إنزيم بلمرة DNA، خلال التضاعف، القاعدة الخطأ. ولأن إنزيم بلمرة DNA قادر على تصحيح الأخطاء فإن نسبة الخطأ في إضافة النيوكليوتيد غير المطلوب هي 1: 100,000 قاعدة نيتروجينية؛ ويفلت من عملية التصحيح ما نسبته 1 : بليون.

يمكن أن تُتلف بعض **العوامل المسببة للطفرات** mutagens الـ DNA أيضًا ومنها المواد الكيميائية والأشعة. وقد صُنّف العديد من المواد الكيميائية على أنها عوامل مسببة للطفرات؛ إذ تؤثر بعض هذه المواد الكيميائية في DNA عن طريق تغيير التركيب الكيميائي للقواعد. وتؤدي هذه التغيرات غالبًا إلى عدم ارتباط القواعد في أزواج، أو أن ترتبط قاعدة بقاعدة أخرى خطأ.

ولعوامل كيميائية أخرى مسببة للطفرات تراكيب كيميائية شبيهة بالنيوكليوتيدات، حتى أنها يمكن أن تحل محلها. وعندما تدخل هذه القواعد الزائفة إلى DNA، لا يستطيع التضاعف بالصورة الصحيحة. وقد أصبحت هذه الأنواع من المواد الكيميائية ذات أهمية من الناحية الطبية، وخصوصًا في معالجة فيروس HIV، الفيروس الذي يسبب الإيدز؛ حيث يشبه العديدُ من الأدوية– التي استعملت لعلاج HIV والأمراض الفيروسية الأخرى– النيوكليوتيداتِ المختلفةَ. وعندما يتحد الدواء بـ DNA الفيروس، لا يمكن لـ DNA نسخ نفسه بصورة صحيحة.

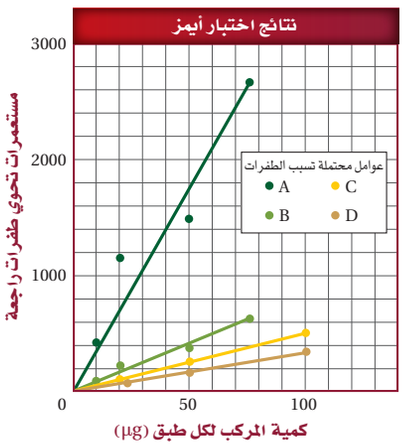
مختبر تحليل البيانات 2-6

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر الرسم البياني

كيف يمكننا أن نحدد ما إذا كان المركب عاملًا مسببًا للطفرة أم لا؟ يُستعمل اختبار أيمز لتعرّف العوامل المسببة للطفرات؛ حيث يُستعمل في هذا الاختبار سلالة من البكتيريا لا يمكنها أن تصنع الهستيدين، ثم تتعرض إلى مادة يحتمل أن تسبب الطفرات، ومن ثم تترك البكتيريا لتنمو في وسط غذائي لا يحتوي على الهستيدين. فالبكتيريا التي يمكنها النمو لها طفرة تسمى الطفرة الراجعة؛ لأنها تعود إلى الحالة الطبيعية وهي تصنيع الهستيدين.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

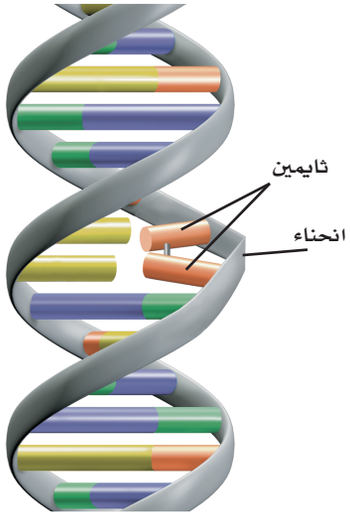
1. **صف** العلاقة بين كمية المركب والطفرة.
2. **حلّل.** أيّ المركبات يعد أقوى عامل مسبب للطفرة؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Ames, B.N.1979. Identifying environmental chemicals causing mutations and cancer. *Science* 204:587–593.

تعد الأشعة العالية الطاقة، مثل أشعة X وجاما، عوامل قوية مسببة للطفرات. فعندما تصل الأشعة إلى DNA تمتص الإلكترونات طاقة هذه الأشعة. ويمكن للإلكترونات أن تهرب من ذراتها، تاركةً خلفها جذورًا حرة (free radicals). فالجذور الحرة هي ذرات مشحونة بإلكترونات منفردة تتفاعل بعنف مع الجزيئات الأخرى، ومنها DNA.

وتحوي أشعة الشمس فوق البنفسجية (UV) طاقة أقل من أشعة X لا تسبب تحرير الإلكترونات من الذرات. ومع ذلك يمكن للأشعة فوق البنفسجية أن تربط قواعد الثايمين المتجاورة معًا، متلفةً تركيب DNA، **الشكل 17-6**. وهنا يصبح DNA مختلًّا، أو منحنيًا، فيصبح غير قادر على التضاعف بصورة صحيحة إلَّا إذا تم إصلاحه.



الشكل 17-6 يمكن للأشعة فوق البنفسجية أن تسبب ارتباط قاعدتي ثايمين متجاورتين معًا بدلًا من ارتباطهما مع القواعد المتممة لهما على السلسلة الأخرى، مما يسبب "انحناء" جزيء DNA ومنعه من التضاعف.

طفرة الخلايا الجسمية والجنسية Body-cell v. sex-cell mutation

عندما لا تستجيب الطفرة في الخلايا الجسمية لآلية التصحيح، أو تتجنبها، تصبح جزءًا من الترتيب الوراثي في الخلية، ومن ثم في الخلايا الجديدة المستقبلية. لا تنتقل الطفرات في الخلايا الجسمية إلى الجيل التالي. وفي بعض الحالات، لا تسبب هذه الطفرات مشكلات في الخلية. فقد تكون ترتيبات لا تُستعمل في الخلية البالغة وقت حدوث الطفرة، أو أن الطفرة لم تغير تشفير (الكودون) الحمض الأميني. وتسمى مثل هذه الطفرات الطفرات المتعادلة. وعندما تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي فقد لا تصبح الخلية قادرة على أداء عملها الطبيعي، وقد تموت الخلية. لقد تعلمت من قبل أن الطفرات في الخلايا الجسمية، والتي تجعل دورة الخلية غير منضبطة، قد تؤدي إلى السرطان. وتبقى هذه الآثار داخل خلايا المخلوق الحي ما دامت الخلايا الجسدية هي المتأثرة.

وعندما تحدث الطفرة في الخلايا الجنسية، وتُسمى أيضًا الخلايا التكاثرية، تنتقل هذه الطفرات إلى أبناء المخلوق الحي، وسوف توجد في كل خلية من خلايا أبنائه. وفي العديد من الحالات، لا تؤثر هذه الطفرات في وظيفة الخلايا في المخلوق الحي، على الرغم من أنها قد تؤثر في أبنائه على نحوٍ مأساوي. وعندما تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي، تكون الآثار بعيدة المدى مقارنة بالحالة التي ينتج فيها بروتين غير طبيعي في خلية جسدية منفصلة.

المفردات

أصل الكلمة

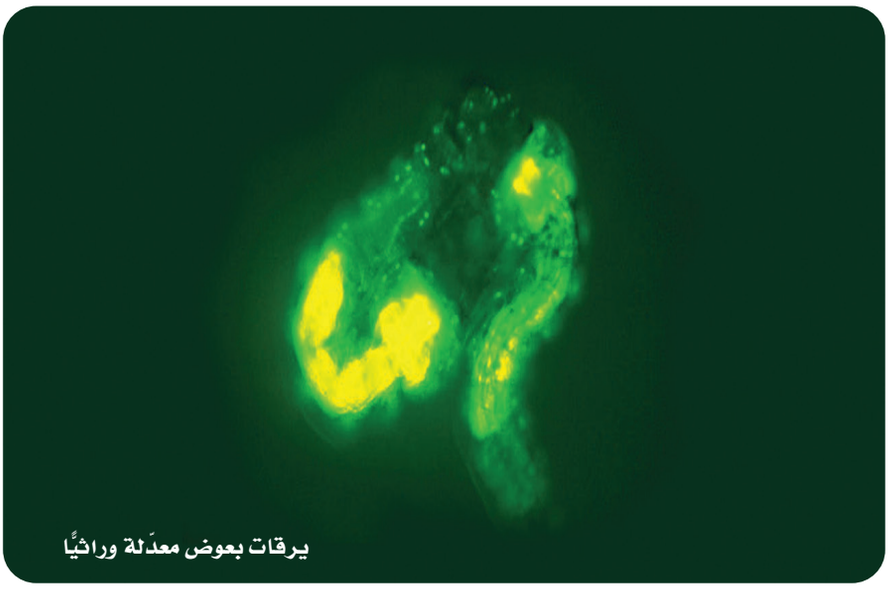
العامل المسبب للطفرة Mutagen
من الكلمة اللاتينية *Mutare*، وتعني التغيير، ومن الكلمة الإغريقية *genes* أيضًا وتعني الولادة الجديدة.

الهندسة الوراثية Genetic Engineering

بحلول عام 1970م، اكتشـف العلماء تركيب جزيء DNA، واستطاعوا تحديد المبدأ الأساسـي الذي تنتقل فيه المعلومات مـن DNA إلى RNA، ومن RNA إلـى البروتين. وعلى الرغم من ذلك لم يعرف العلماء الكثير عن عمل الجينات منفردة.

تغير الوضع عندما بدأ العلماء يستعملون **الهندسة الوراثية** genetic engineering، وهي تقنية تتضمن التحكم في جزيء DNA لأحد المخلوقات الحية، وذلك بإضافة DNA خارجي، أيْ DNA من مخلوق حي آخر. فعلى سبيل المثال حقن الباحثون جين بروتين للإضاءة الحيوية يُسمى بروتين الإضاءة الخضراء في مخلوقات حية مختلفة. يُشع بروتين الإضاءة الخضراء –وهو مادة موجودة طبيعيًّا في قناديل البحر التي تعيش في شـمال المحيط الهادئ– ضوءًا أخضر عندما تتعرض لضوء فوق بنفسجي. المخلوقات الحية التي عُدِّلت وراثيًّا لكي تحتوي DNA المسؤول عن تكوين بروتين الإضاءة الخضراء، ومنها يرقات البعوضة المبينة في **الشكل 18–6**، يمكن تمييزها بسهولة في وجود ضوء فوق بنفسجي. يُربط DNA الخاص ببروتين الإضاءة الخضراء مع DNA خارجي. هذه المخلوقات المعدَّلة وراثيًّا تستعمل في عمليات مختلفة، ومنها دراسة التعبير عن جين محدد، ودراسة عمليات خلوية، ودراسة تطور مرض معين، واختيار صفات قد تكون ذات فائدة للبشر.

تستعمل الهندسـة الوراثية أدوات فاعلة ، كما في **الجدول 4–6**، لدراسة DNA وتعديلـه. وعلى الرغـم من أن الباحثيـن يبحثون في العديد من المشـكلات المختلفـة فإن تجاربهم تتضمن غالبًا القَطع بواسـطة إنزيمـات القطع، وعزل القِطع، وربطها مع جزيئات DNA خارجية، وتحديد التسلسل.


يرقات بعوض معدّلة وراثيًّا

■ **الشـكل 18–6** أدخـل جـين بروتين الإضاءة الخضراء في يرقات البعوض، وبذلك تحقق الباحثون مـن أن DNA الخارجي قد ارتبط مع المادة الوراثية للبعوض.

الجدول 4–6	الهندسة الوراثية	
العملية / الأداة	الوظيفة	التطبيق
إنزيمات القطع **مثال** *EcoRI*	تُقطِّع سلاسل DNA إلى قطع.	يُستعمل لإنتاج قطع DNA بنهايات عريضة يمكنها أن ترتبط بقطع DNA أخرى.
الفصل الكهربائي الهلامي	يفصل قطع DNA بحسب الحجم.	يُستعمل لدراسة قطع DNA بحسب أحجامها.
نسخ الجين	يُنتج كميات كبيرة من جزيئات DNA هجينة متطابقة.	يُستعمل لإنتاج كميات كبيرة من DNA المعاد تركيبه لكي تُستعمل في المخلوقات المعدلة وراثيًّا.
تسلسل القواعد النيتروجينية (DNA)	تعرّف تسلسل القواعد في جزيء DNA الهجين، لدراسته بشكل مفصل.	يُستعمل لتعرف الأخطاء في تسلسل القواعد، تحديد وظيفة جين معين، المقارنة بين جينات ذات تسلسلات متشابهة من مخلوقات حية مختلفة.
تفاعل البوليمر المتسلسل (PCR)	إنتاج نسخ من مناطق محددة من DNA الذي يجري تحديد ترتيب قواعده.	يُستعمل لنسخ DNA من أجل أي بحث علمي مثل التحليل الجنائي، والاختبارات الطبية.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

علماء الوراثة Genetics باستخدام عدة آليات تتحكم في جزيء DNA، يبحث علماء الوراثة في الجينات والوراثة والتنوع في المخلوقات الحية. بعض علماء الوراثة أطباء يشخصون ويعالجون الأمراض الوراثية.

التقنيات الحيوية Biotechnology

جعلت التقنيات الحيوية – وهي استعمال الهندسة الوراثية لإيجاد حلول لمشكلات محددة – عملية استخلاص جينات من مخلوق حي ممكنة. تذكر أن مخلوقات مثل يرقات البعوضة المبينة في **الشكل 18–6**. لها جين من مخلوق حي آخر. مثل هذه المخلوقات المعدّلة وراثيًّا بواسطة إدخال جين من مخلوق حي آخر تُسمى **المخلوقات المعدّلة وراثيًّا** transgenic organisms. لا تستعمل الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدّلة وراثيًّا في الأبحاث فقط، وإنما تستعمل أيضًا في النواحي الطبية والزراعية.

الحيوانات المعدّلة وراثيًّا Transgenic animals ينتج العلماء حاليًّا معظم الحيوانات المعدّلة وراثيًّا في المختبرات من أجل الأبحاث الحيوية. فتستعمل الفئران وذبابة الفاكهة والدودة الأسطوانية *Caenorhabdities elegans* على نحوٍ واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير طرائق لمعالجتها. وبعض المخلوقات المعدّلة وراثيًّا –ومنها المواشي– أُنتجت لتحسين المصادر الغذائية وتحسين معيشة البشر.

واستعمل الماعز المعدّل وراثيًّا لإنتاج بروتين يُسمى مضاد ثرومبين III، الذي يُستعمل لمنع تخثر دم الإنسان في أثناء العمليات الجراحية. ويعمل الباحثون حاليًّا على إنتاج ديك رومي ودجاج معدّل وراثيًّا مقاوم للأمراض. والعديد من أنواع الأسماك تم تعديلها وراثيًّا لتنمو سريعًا. وقد تصبح المخلوقات المعدّلة وراثيًّا في المستقبل مصدرًا يستخدم في مجال زراعة الأعضاء.

النباتات المعدلة وراثيًا Transgenic plants أنتج العديد من النباتات المعدلة وراثيًّا لكي تكون أكثر مقاومة للحشرات والآفات الفيروسية، ومقاومة لمبيدات الأعشاب والحشرات، ومنها الذُّرة وفول الصويا والقطن. وينتج العلماء الآن قطنًا معدلاً وراثيًّا، **الشكل 19-6**؛ حيث يقاوم هذا القطن هجوم الحشرات على محافظ أوراق القطن. كما يطور الباحثون أيضًا نباتات فستق وفول صويا لا تسبب تفاعلات حساسية لمستهلكيها.

البكتيريا المعدّلة وراثيًّا Transgenic bacteria يمكن للبكتيريا المعدّلة وراثيًّا إنتاج الأنسولين، وهرمونات النمو، ومواد تذيب خثرات الدم . كما يمكنها أيضًا أن تبطئ من تكوّن بلورات الثلج على المحاصيل الزراعية لحمايتها من التلف في الصقيع، وتزيل بقع النفط، وتحلّل القمامة.

الشكل 19-6 يفحص هذا الباحث أوراق نبات القطن. الورقة عن اليسار تم هندستها وراثيًّا لمقاومة الحشرات.

مشروع الجينوم البشري The Human Genome Project

مشروع الجينوم (المحتوى الجيني) البشري مشروع عالمي تم اكتماله عام 2003م. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في الخلية. وهدف هذا المشروع هو تحديد تسلسل وترتيب ثلاثة مليارات نيوكليوتيد تقريبًا تشكل DNA البشري، وتحديد جميع الجينات البشرية، والبالغ عددها 20,000–25,000 جين تقريبًا.

تحديد تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري: لتحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري المتصل، يجب تقطيع كل كروموسوم من الكروموسومات البشرية البالغة 46 كروموسومًا. وقد استعمل لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة للحصول على قطع ذات تسلسل قواعد متداخل. وربطت هذه القطع بناقل للحصول على DNA هجين لزيادة عددها لتحديد تسلسل القواعد بواسطة أجهزة خاصة حددت مناطق التداخل لتعطي في النهاية تسلسلًا واحدًا متواصلًا من القواعد النيتروجينية.

تشبه عملية فك شفرة تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري قراءة كتاب طبع بشفرة معينة. تخيل الجينوم كتابًا كُتب بأحرف متلاصقة دون تنقيط أو فواصل بين الفقرات أو الجُمل أو الكلمات. يوضح **الشكل 20-6** كيف تبدو الصفحة في مثل هذا الكتاب. وحتى تفهم ما هو مكتوب يجب عليك فك شفرة النص المبعثر. كما يتعين على العلماء فك الشفرة الوراثية في الجينوم البشري بالطريقة نفسها. وقد لاحظ العلماء أن أقل من 2% فقط من نيوكليوتيدات الجينوم البشري كاملاً تشفر جميع البروتينات في الجسم. أيْ أن الجينوم يحوي سلاسل من القواعد النيتروجينية المتكررة والطويلة التي ليس لها وظيفة مباشرة، وتسمى هذه المناطق السلاسلَ غير المشفَّرة، انظر **الشكل 20-6**. وعلى الرغم من انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أن تحليل البيانات الناتجة سيستمر لعدة عقود.

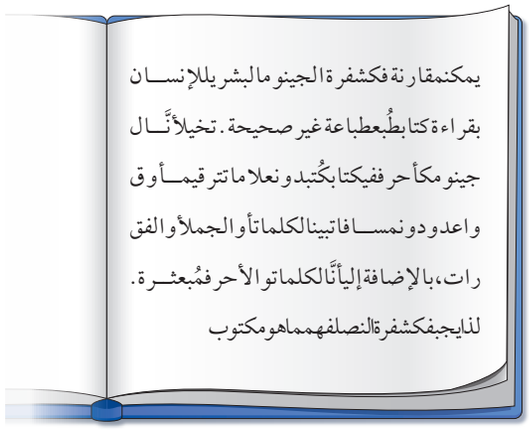
تجربة علمية

من فعلها؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

■ **الشكل 20-6** يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة في الجينوم البشري للكشف عن تسلسل القواعد المهمة.

فسّر النص من خلال فك شفرته المتداخلة وحوِّله إلى كلمات وجمل ذات معنى.



وقد درس الباحثون أيضًا المحتوى الجيني لعدة مخلوقات حية تشمل ذبابة الفاكهة، والفأر وبكتيريا *E. coli* – البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان. وقد ساعدت دراسات المخلوقات الحية غير البشرية على تطوير التقنيات الضرورية للتعامل مع الكم الكبير من البيانات التي نتجت عن مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التقنيات على تعرُّف وظائف الجينات البشرية المكتشفة حديثًا.

التقويم 6-4

الخلاصة

- تُنظم الخلايا بدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة.
- تُنظم الخلايا حقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتداخل RNA.
- تتراوح الطفرات بين طفرات نقطية، وطفرات حذف، وطفرات سببها تحرك قطع كبيرة من الكروموسوم.
- العوامل المسببة للطفرات –ومنها المواد الكيميائية والإشعاعات– قد تسبب الطفرات.
- حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اربط** التنظيم الجيني بالطفرات.
2. **حدد** النوعين الرئيسين من العوامل المسببة للطفرات.
3. **حلّل.** كيف يمكن لطفرة نقطية أن تنتج بروتينات لا تؤدي وظائفها الطبيعية.
4. **قارن** بين التنظيم الجيني في الخلايا بدائية وحقيقية النوى.
5. **طبق.** كيف يمكن أن تحسّن الهندسة الوراثية حياة البشر؟
6. **اربط** بين المحتوى الجيني البشري ومخططات بناء منزل.

التفكير الناقد

7. **فسر.** لماذا تكون معظم الطفرات في الخلايا الحقيقية النوى متنحية؟
8. **كون فرضية.** لماذا يتميز تضاعف DNA بمثل هذه الدقة؟
9. الرياضيات في علم الأحياء إذا كان 1.5% من الجينوم البشري يتكون من سلاسل مسؤولة عن تشفير البروتين، والمحتوى الجيني كاملاً يتكون من 3.2×10^9 نيوكليوتيد، فما عدد الكودونات في الجينوم البشري؟ تذكر أن طول الكودون ثلاثة نيوكليوتيدات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

إثراء علمي

اكتشافات في علم الأحياء

الكشف عن هوية جزيء DNA الحلزوني المزدوج

كان مجتمع مـا بعد الحرب العالمية الثانية العلمي متشـوقًا إلى الكشـف عن علم الحيـاة- الخلية والوراثة بشكل رئيس. فبعد أن انتقل من علم القتل والقنبلة الذرية، نشـأت بيئة من التنافس الشـديد كان يحـاول فيها الكل أن يكون الأول في حل لغز تركيب DNA.

الاعتماد على الماضي تعلمـت روزالند فرانكلين عن حيود الأشـعة السـينية، وهي تقنية تسـتخدم الأشعة السـينية لإنتاج صور لمواد بلورية. وعلى الرغم من اسـتخدام هذه التقنية للمواد النقية ذات العنصر الواحد، اسـتخدمت فرانكلين هذه التقنية لأخذ صور لجزيئات حيوية.

إضافة بيانات في خريـف عام 1951م، اكتشـفت فرانكلين أن لـ DNA شـكلين (جافًا ومبللًا). وكانت فرانكلين رائدة في مجال التصوير باسـتخدام الأشعة السـينية، وفـي تقنية توجيه الأشـعة نحـو DNA. وتوصلـت فرانكلين إلـى عزل سلاسـل مُفردة من DNA. وأخيرًا اسـتعملت فتـرات التعرض الطويلة للأشعة السينية؛ فقد كان بعضها يصل إلى 100 ساعة، لالتقاط صور بينت مفاتيح تركيب DNA.

وقد أظهرت إحدى صور فرانكلين أن شكل DNA المبلل يشـبه الحرف "X"، وهو كذلك على شكل الحلـزون. فكـرت فرانكلين أن الشـكل الجاف سيكشـف عن تركيب DNA، لذا فقد نحّت جانبًا الصورة التي سمّتها الصورة 51.

وفي بدايات عـام 1953م قررت فرانكلين مغادرة جامعة كنج لدراسة تركيب الفيروس. وفي الوقت نفسـه رأى جيمس واطسـون وفرانسيس كريك بيانات فرانكلين غير المنشورة. وكان مساعدها في العمل موريس ويلكنز يعمل على نحوٍ مسـتقل مع واطسـون وكريك، وكلاهما لم ينجح في التوصل إلى نموذج لتركيب DNA.

حل لغز تركيب DNA في مارس من عام 1953م نشر واطسـون وكريك نموذجهما عن DNA الذي كان مبنيًّا أساسًا على نتائج فرانكلين. ونشرت فرانكلين كذلك نتائجها التي دعمت نظرية واطسون وكريك، واتجهت نحو مجال ناجح في علم الفيروسـات، ممهدة الطريق نحو علم الفيروسات التركيبي، أيْ دراسة التركيب الجزيئي للفيروسات.

جائـزة نوبـل: فـي عـام 1962م حصـل العلماء واطسـون وكريك وويلكنـز على جائـزة نوبل؛ لاكتشـافهم تركيب جزيء الـ DNA الحلزوني المزدوج. ولم ترشح فرانكلين لجائزة نوبل؛ لأنها كانت متوفاة.

وفـي عـام 1968م، اعترف واطسـون فـي كتابه الحلزون المـزدوج أنهم اسـتعملوا بياناتها دون علمها. ومنذ ذلك الوقت اعتُرف بأهمية مسـاهمة فرانكلين في اكتشاف تركيب DNA.

الكتابة في علم الأحياء

مقالة صحفية تخيـل أنك مراسـل صحفـي في العام 1953م عندمـا تـم التوصل إلى اكتشـاف نموذج جزيء DNA الحلزوني المزدوج. أجـر بحثًا واكتب مقالاً صحفيًّا تتناول فيه "السـباق للكشف عن تركيب "، وكذلك أهمية الاكتشاف للعالم.

مختبر الأحياء

علم الأدلة الجنائية Forensics: كيف يتم استخلاص جزيئات DNA؟

الخلفية النظرية: تُعد فحوص DNA مهمة لعلماء الأحياء والأطباء، وحتى محققي الجرائم. تخيل أنك تعمل في مختبر، وقد أحضر أحدهم عينة ذُرة من موقع جريمة ليتم تحليلها. لقد قررت أن تفحص جزيئات DNA للذُّرة للبحث عن جينات يتم من خلالها تعرّف نوع الذُّرة. قبل تحديد ترتيب القواعد في جزيء DNA، يجب أن يتم عزل جزيء DNA.

سؤال: كيف يمكن استخلاص جزيئات DNA؟

المواد والأدوات

- حبوب ذُرة (50 g).
- كأس زجاجية (2).
- خلاّط كهربائي.
- قماش يستعمل في صناعة الجبن (4 مربعات– طول كل واحد 30 cm).
- أربطة مطاطية.
- ساق زجاجية في أحد طرفيها التواء.
- وسط زرعي متجانس (100–150 mL).
- أنابيب بلاستيكية لجهاز الطرد المركزي (30–50 mL).
- أقراص غسل العدسات اللاصقة (يحتوي على البابين).
- إيثانول 95% (12 mL).
- ماء مقطر (3 mL).
- أنبوب اختبار.
- وعاء من الثلج.
- حمام مائي 60 °C.
- ساق تحريك زجاجية.
- ساعة إيقاف.

احتياطات السلامة

طريقة العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. زن 50 g من حبوب الذرة.
3. ضع حبوب الذرة في الكأس، واغمرها في وسط متجانس تم تسخينه إلى درجة حرارة 60 °C، ثم ضع الكأس الزجاجية في الحمام المائي عند درجة حرارة 60 °C مدة 10 دقائق. وحركه بلطف كل 45 ثانية.
4. أخرج الكأس الزجاجية من الحمام المائي وبردها بسرعة داخل حمام ثلجي مدة 5 دقائق.
5. صبّ الخليط داخل الخلاّط الكهربائي واطحنه، حتى تحصل على خليط متجانس.
6. رشح الخليط باستعمال أربع طبقات من قماش الجبن داخل كأس زجاجية كبيرة موجود في الثلج.
7. صُبّ 15 mL من الراشح في أنبوب طرد مركزي (30–50 mL).
8. ذوِّب قرصًا واحدًا يستعمل لغسل العدسات اللاصقة في أنبوب اختبار يحتوي على 3 mL ماء مقطر. ثم أضف المحلول إلى أنبوب الراشح، واخلطه بلطف.
9. أمسك أنبوب الراشح بشكل مائل، وصبّ ببطء 12 mL من 95% إيثانول بارد على جدران الأنبوب.
10. راقب صعود DNA إلى طبقة الكحول بوصفه معلقًا أبيض مكونًا من خيوط بيضاء. واستعمل الساق الزجاجية المعقوفة لاستخراج خيوط DNA، ودعها حتى تجف.
11. **التنظيف والتخلص من الفضلات** نظف مكان عملك وتخلص من المواد الكيميائية وغيرها بحسب إرشادات معلمك، ثم اغسل يديك بعد الانتهاء من العمل.

حلل ثم استنتج

1. **صف** مظهر DNA في المعلّق، وبعد أن تم تجفيفه.
2. **فسّر.** لماذا وضعت حبوب الذرة في الخلاط الكهربائي؟
3. **التفكير الناقد.** لماذا يشترط عدم تلوث عينة DNA المطلوب معرفة تسلسل القواعد فيها؟ وكيف يمكنك معرفة ما إذا كانت عينتك قد تلوثت؟

الكتابة في علم الأحياء

كتابة تقرير تخيل أنك أول باحث يعزل DNA من الذرة. اكتب تقريرًا توضح فيه طريقتك والتطبيقات المجتمعية لما توصلت إليه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

المطويات **قوّم** أهمية عمليتي النسخ والترجمة في المبدأ الأساسي المتعلق بالجينات والبروتينات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–1 المادة الوراثية: DNA	
الجزيء الحلزوني المزدوج الجسيم النووي (نيوكليوسوم)	**الفكرة الرئيسة** **تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.** • تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفري أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية. • وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات. • تنص قاعدة تشارجاف على أن –في جزيء DNA– كمية السايتوسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين. • وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.
6–2 تضاعف DNA	
التضاعف شبه المحافظ. إنزيم بلمرة DNA قطعة أوكازاكي.	**الفكرة الرئيسة** **يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.** • تسهم الإنزيمات: إنزيم فك التواء DNA، إنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA وإنزيم ربط DNA في عملية تضاعف DNA. • تُصنع السلسلة الرئيسة بصورة متواصلة، إلا أن السلسلة الثانوية تُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي. • يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.
6–3 DNA و RNA، والبروتين	
RNA RNA الرسول RNA الرايبوسومي RNA الناقل عملية النسخ إنزيم بلمرة RNA إنترون الإكسون الشفرة الوراثية عملية الترجمة.	**الفكرة الرئيسة** **تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.** • تدخل ثلاثة أنواع رئيسة من RNA في تصنيع البروتين: mRNA وtRNA وrRNA. • تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ. • الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايبوسوم وتصنيع البروتين. • يحتوي mRNA، في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، على إنترونات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويُضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.
6–4 التنظيم الجيني والطفرة	
التنظيم الجيني المنطقة الفعالة الطفرة العامل المُسبب للطفرة الهندسة الوراثية المخلوقات المعدّلة وراثيًّا	**الفكرة الرئيسة** **يتم تنظم التعبير الجيني داخل الخلية، وقد تؤثر الطفرات في هذا التعبير.** • تُنظم الخلايا البدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة. • تُنظم الخلايا الحقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتداخل RNA. • تتراوح الطفرات من طفرات نقطية، إلى طفرات حذف، إلى طفرات سببها تحرُّك قطع كبيرة من الكروموسوم. • العوامل المسببة للطفرات، مثل المواد الكيميائية والإشعاعات، يمكن أن تسبب الطفرات. • حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

الفصل 6 التقويم

6-1

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل؛ لتصبح الجملة صحيحة:.

1. يُسمى شكل السلم الملتوي لـ DNA النيوكليوتيد.
2. يتكون الجزيء الحلزوني المـزدوج من DNA ملتف حول بروتينات الهستون.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

3. ما وحدات البناء الأساسية لكل من DNA وRNA؟

a. الرايبوز.
b. البيورينات.
c. النيوكليوتيدات.
d. الفوسفور.

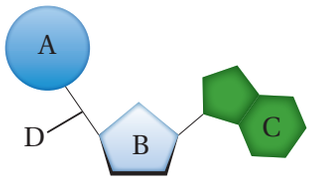
4. إذا كانت قطعة من DNA تحوي 27 % ثايمين، فما نسبة السايتوسين فيها؟

a. 23%　**c.** 46%
b. 27%　**d.** 54%

5. ما الاستنتاج الذي توصل إليه جريفيث حول تجاربه على بكتيريا المكورات السبحية *Streptococcus pneumoniae*؟

a. أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
b. تركيب DNA حلزوني مزدوج.
c. يمكن للبكتيريا التي يتم إدخال DNA إليها أن تُغير طرازها الشكلي.
d. كمية الثايمين تساوي كمية الأدينين في DNA.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7.



6. ماذا يمثل الشكل أعلاه ؟

a. النيوكليوتيد.　**c.** القاعدة.
b. RNA .　**d.** الفوسفات.

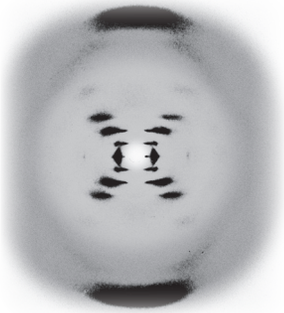
7. ما الرمز الذي يمثل الجزء المسـؤول عن الشـفرة في DNA؟

a. A　**c.** C
b. B　**d.** D

أسئلة بنائية

8. **إجابة قصيرة.** فسّر كيف يتشكّل DNA في الكروموسومات في الخلايا الحقيقية النوى؟

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 9.



9. **إجابة قصيرة.** لخّـص التجارب والبيانات التي تبينها الصورة وأدت إلى اكتشاف DNA.

6 تقويم الفصل

التفكير الناقد

10. صمّم. كيف يمكنك استعمال الفوسفور المشع لتبين أن المركّب الذي تحول في البكتيريا المستعملة في تجارب جريفيث هو DNA؟

11. حلّل. كيف يمكن أن تختلف نتائج تجربة هيرشي – تشيس إذا كان البروتين هو المادة الوراثية؟

6-2

مراجعة المفردات

اكتب جملة توضح المقصود مما يأتي:

12. إنزيم بلمرة DNA.

13. تضاعف شبه محافظ.

14. قطعة أوكازاكي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

15. بم يبدأ بناء سلسلة DNA الجديد؟

a. RNA بادئ. **c.** RNA الرسول.

b. وحدة نيوكليوتيد. **d.** RNA الناقل.

16. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق باستطالة السلسلة الثانوية؟

a. لا تحتاج إلى سلسلة أساسية.

b. تنتج قطع أوكازاكي.

c. تحتاج إلى نشاط إنزيم ربط RNA.

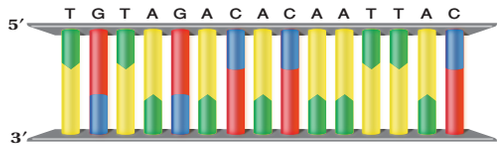
d. إضافة نيوكليوتيدات بصورة متواصلة على النهاية 3′.

أسئلة بنائية

17. إجابة قصيرة. اعمل جدولاً يتضمن الإنزيمات التي تدخل في عملية تضاعف DNA ، وصف وظائفها.

التفكير الناقد

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 18 و19.



18. حدد. يمثل الرسم أعلاه جزيء DNA. ما ترتيب القواعد النيتروجينية في السلسلة المتممة من DNA؟ تأكد أنك أشرت إلى ترتيب السلسلة.

19. وضّح. افترض أن قواعد الثايمين المتجاورة في الشكل أعلاه تكررت في منطقة أخرى من السلسلة نفسها بعد تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، فكيف يؤثر هذا التكرار في تركيب جزيء DNA؟

6-3

مراجعة المفردات

اكتب جملة تربط بين كل زوج من المفردات الآتية:

20. tRNA –mRNA.

21. الكودون (الشفرة) – إنزيم بلمرة RNA.

22. إنترون – إكسون.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

23. ما الترتيب الصحيح للتغيرات التي تحدث في mRNA الأولي في الخلايا الحقيقية النوى لينتج mRNA نهائي؟

a. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يُضاف ذيل متعدد من T.

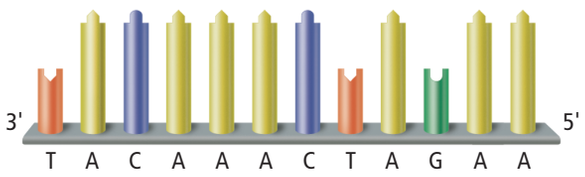
b. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يضاف ذيل متعدد من T.

c. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يضاف ذيل متعدد من A.

d. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يُضاف ذيل متعدد من A.

تقويم الفصل 6

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 24 و 25.



24. ما تسلسل القواعد في mRNA الذي يُقابل سلسلة DNA المبينة في الشكل؟

a. 5′ ATGTTTGATCTT 3′

b. 5′ AUGUUUGAUCUU 3′

c. 5′ TACAAACTAGAA 3′

d. 5′ UACAAACUAGAA 3′

25. ما تسلسل القواعد في السلسلة الأخرى المتممة لسلسلة DNA المبينة في الشكل؟

a. 5′ ATGTTTGATCTT 3′

b. 5′ AUGUUUGAUCUU 3′

c. 5′ TACAAACTAGAA 3′

d. 5′ UACAAACUAGAA 3′

أسئلة بنائية

26. إجابة قصيرة. قارن بين عمليتي النسخ والترجمة، ووضّح مكان حدوثهما في الخلايا الحقيقية النوى.

27. إجابة قصيرة. فسر لماذا يكون عدد القواعد في سلسلة mRNA مختلفًا عن عدد القواعد في DNA الذي نُسخ عنه؟

التفكير الناقد

28. حدّد تسلسل القواعد على سلسلة mRNA إذا كان الترتيب في سلسلة DNA غير الأساسية (المتممة) 5′ATGCCAGTCATC 3′ . استعمل **الشكل 13–6** لتحديد سلسلة الأحماض الأمينية التي يشفرها mRNA المتكوّن.

6-4

مراجعة المفردات

اكتب المفردة من صفحة دليل مراجعة الفصل، التي تصف كل عملية من العمليات الآتية:

29. تنظيم الجينات في الخلايا البدائية النوى.

30. التحكم في الوحدات الوظيفية لـ DNA.

31. تغيرات في سلسلة DNA.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

32. أيّ الجمل الآتية صحيحة فيما يتعلق بتنظيم الجينات في الخلايا الحقيقية النوى؟

a. التنظيم الجيني في الخلايا الحقيقية النوى مشابه تمامًا للتنظيم الجيني في الخلايا البدائية النوى.

b. توجِّه عوامل التضاعف ارتباط إنزيم بلمرة DNA إلى المنظم في الخلايا الحقيقية النوى.

c. تقوم بروتينات التنشيط بطيّ DNA في اتجاه مواقع التحفيز التي تزيد من معدل انتقال الجين.

d. يمنع ارتباط عوامل منشطة بالبروتينات المثبطة من ارتباط هذه البروتينات مع DNA.

6 تقويم الفصل

33. أيّ مما يأتي يوضح طفرة إضافة إلى السلسلة 5′GGGCCCAAA 3′؟

a. 5′GGGGCCAAA 3′.

b. 5′GGGCCAAA 3′.

c. 5′GGGAAACCC 3′.

d. 5′GGGCCCAAAAAA 3′.

34. أيّ مما يأتي لا يعد نوعًا من الطفرات؟

a. استبدال القاعدة.

b. الإضافة.

c. تداخل RNA.

d. الانتقال.

35. أيّ الجمل الآتية المتعلقة بالجينوم البشري غير صحيحة؟

a. يحتوي الجينوم البشري على 25,000 جين تقريبًا.

b. يحتوي الجينوم البشري على امتدادات طويلة من DNA ليس لها وظيفة معروفة.

c. تم تحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري من قبل علماء من جميع دول العالم.

d. يحتوي الجينوم البشري على سلاسل تحوي النيوكليوتيدات جميعها تنتج البروتينات.

أسئلة بنائية

36. **إجابة قصيرة.** صف تداخل RNA.

37. **نهاية مفتوحة.** توقع أثر الهندسة الوراثية الذي ستحدثه في المادة الوراثية للأنواع.

التفكير الناقد

38. **استنتج.** لماذا يكون استبدال القواعد في الموقع الثالث من الكودون أقل احتمالاً في تغيير نوع الحمض الأميني الناتج عن الشفرة الأصلية؟

تقويم إضافي

39. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب فقرة تناقش فيها إيجابيات الهندسة الوراثية وسلبياتها.

أسئلة المستندات

فيما يأتي المعلومات التي وصف بها واطسون وكريك تركيب DNA: "الصفة الخاصة للتركيب هي كيف ترتبط السلسلتان معًا بقواعد نيتروجينية من البيورينات والبيريميدينات. وتكون هذه القواعد عمودية على محور الجزيء، وهي ترتبط معًا على شكل أزواج، فالقاعدة الواحدة من السلسلة الأولى ترتبط مع رابطة هيدروجينية بقاعدة واحدة في السلسلة الأُخرى، حيث تستمر الاثنتان جنبًا إلى جنب بأبعاد ثابتة، ويكون أحد الزوجين بيورين والآخر بيريميدين".

"لم يغب عنا أن نلاحظ ترتيب القواعد في أزواج، الذي قادنا إلى توقع آلية نسخ محتملة للمادة الوراثية".

40. ارسم شكلاً يبين تركيب DNA بالاعتماد على الوصف أعلاه.

41. كيف ترتبط القواعد معًا، اعتمادًا على هذا الوصف؟

42. ما آلية النسخ المحتملة التي توقعها واطسون وكريك؟

مراجعة تراكمية

43. صف العملية التي تتكون من خلالها الأمشاج؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الإنزيم المسؤول عن فك الارتباط بين سلسلتي DNA خلال عملية التضاعف هو:

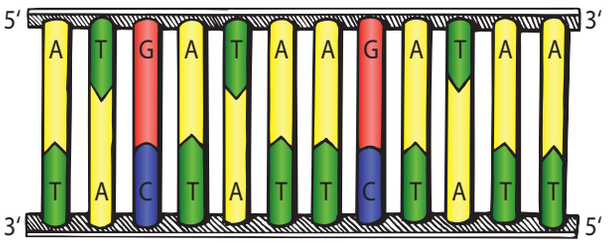
a. إنزيم فك التواء DNA.

b. إنزيم ربط DNA.

c. إنزيم بلمرة DNA.

d. إنزيم RNA البادئ.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 2 .



2. يوضح الشكل سلسلة DNA، فما سلسلة mRNA المحتمل تكونها في عملية النسخ؟

a. 5′ AATAGAATAGTA 3′.

b. 5′AAUAGAAUAGUA 3′.

c. 5′ATGATAAGATAA 3′.

d. 5′ AUGAUAAGAUAA 3′.

3. ما كودون الانتهاء في mRNA؟

a. AUG. **c.** CAU.

b. AUU. **d.** UAA.

4. أيٌّ مما يأتي يرتبط بتنظيم الجين في الخلايا البدائية النوى؟

a. السلسلة الثنائية لـ DNA.

b. البروتينات المثبطة.

c. تداخل RNA.

d. عامل النسخ.

5. قطعة من DNA تحمل التسلسل الآتي: CCCCGAATT، افترض أن طفرة حدثت في هذه القطعة فأصبح التسلسل الجديد CCTCGAATT. فما المصطلح الذي يصف هذه الطفرة؟

a. طفرة كروموسومية.

b. طفرة حذف.

c. طفرة تضاعف.

d. طفرة استبدال.

أسئلة الإجابات القصيرة

6. لماذا تكون المناطق المسؤولة عن إنتاج بروتينات متشابهة في معظم البشر؟
7. اذكر القواعد البيورينية والقواعد البيريميدينية في DNA؛ وفسّر أهميتها في تركيب DNA.

أسئلة الإجابات المفتوحة

8. اذكر نوعين من الطفرات التي تحدث في DNA، ووضح كيف يمكن أن تغير كل واحدة في تسلسل القواعد في القطعة الآتية:

CGATTGACGTTTTAGGAT

9. فسّر دور نشر نتائج الأبحاث في التوصل إلى تركيب DNA.

يساعد هذا الجدول على تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الفصل / القسم	6–2	6–3	6–3	6–4	6–4	6–4	6–1	6–4	6–1
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

المصطلحات

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444

(أ)

الاتـزان الداخلـي homeostasis: تنظيـم البيئة الداخلية للمخلوق الحي للحفاظ على الظروف اللازمة للحياة.

أجسـام جولجـي golgi apparatus: أنابيـب غشـائية مسـطحة ومتراصة، تعـدل وتفـرز وتغلف البروتينـات في حويصـلات، وتنقلها إلـى العضيات الأخرى أو إلى خارج الخلية

أحادي المجموعة الكروموسومية haploid: خلية تحمل نصف العدد من الكروموسومات (1n).

الإخصاب fertilization: عملية تتحد فيها الأمشاج الأحادية المجموعة الكروموسـومية معًا، مكوِّنة خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n)، (n) كروموسوم من الأب، و(n) كروموسوم من الأم.

أدينوسـين ثلاثي الفوسـفات adenosine triphos-phate ATP: جزيء حيوي ناقـل للطاقة، يدفع عند تحطمه الخليةَ للقيام بالأنشطة الخلوية.

الأكتيـن actin: خيـوط بروتينيـة رفيعة في الخلايا العضليـة، تعمل مع خيوط الميوسـين علـى انقباض العضلات وانبساطها.

الإكسون exon: أجزاء تبقى من سلاسل mRNA التي تحمل الشفرات الوراثية في أثناء عملية معالجة RNA.

الإنترون intron: يحـدث في أثناء معالجة RNA حذف للسلاسل التي لا تحمل الشفرات الوراثية.

الإنزيـم enzyme: بروتين يُسرع التفاعلات الحيوية بخفض طاقة التنشـيط (energy activation) التي يتطلبها بدء التفاعل.

إنزيم بلمرة RNA RNA polymerase: إنزيم ينظم بناء جزيء RNA.

إنزيم ربط DNA DNA ligase: إنزيم يربط أو يلصق قطع DNA معًا.

إنزيـم روبسـكو rubisco: إنزيم يحول ثاني أكسيد الكربون غير العضوي إلى مركبات عضوية خلال المرحلة الأخيرة من حلقة كالفن.

انقسام السيتوبلازم cytokinesis: المرحلة الثالثة من دورة الخلية، ينقسـم فيها السيتوبلازم مكوِّنًا خلايا جديدة.

الانقسـام المتسـاوي mitosis: المرحلـة الثانية الرئيسـة من دورة حيـاة الخلية، حيـث يتضاعف فيها DNA وينقسم، وينتج عنها خلايا متطابقة جينياً وثنائية المجموعة الكروموسومية.

الانقسـام المنصـف meiosis: عملية الانقسـام المخفض لعـدد الكروموسـومات، وتحدث فقط في الخلايا الجنسـية، حيث تنتج الخليـة الواحدة الثنائية العدد الكروموسـومي (2n) أربع خلايا أحادية (n) لا تتطابق جينيًّا.

(ب)

البروتيـن protein: مركـب عضـوي يتكون من أحماض أمينية مرتبطة معًا بروابط ببتيدية، وهي وحدات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

البذرة seed: تركيب نباتي متكيف في النباتات الوعائية تحوي الجنين ومواد مغذية، ومغطاة بطبقة واقية.

البروتيـن الناقـل transport protein: بروتين ينقل المواد أو الفضلات عبر الغشاء الخلوي.

بصمـة DNA الوراثية DNA fingerprint-ing: عزل سلسـلة مميزة من DNA الخاص بالفرد، لملاحظـة نمط انتقال الأشـرطة فيها، وتسـتعمل في التحقيقات الجنائية لتحديد المشـتبه فيهم، وكذلك في إثبات النسب.

البلازميد plasmid: أي قطعة من سلسلة صغيرة حلقية مزدوجة من جزيء DNA تستعمل ناقلاً.

البلاستيدة الخضراء chloroplast: عضية ذات غشاء مزدوج، تلتقط الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية من خلال البناء الضوئي.

البناء الضوئي photosynthesis: عملية بناء من مرحلتين، يتم من خلالها تحويل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية.

(ت)

التحلل السكري glycolysis: عملية لاهوائية، وهي المرحلة الأولى من عملية التنفس الخلوي؛ حيث يتحلل سكر الجلوكوز إلى جزيئين من البيروفيت.

التحول transition: نوع من التفاعلات التي تحدث في الحشوة في الميتوكندريا، يتم فيها تحويل جزيئي البيروفيت الثلاثي الكربون الناتجين عن عملية التحلل السكري إلى جزيئين من مرافق إنزيم-أ الثنائية الكربون.

التخمر fermentation: عملية يتم فيها توليد جزيئات NAD^+، مما يسمح للخلايا بالقيام بعملية انحلال السكر في غياب الأكسجين.

التراكيب الجينية الجديدة genetic recombination: مزيج من الجينات التي تنتج عن عملية العبور والتوزيع الحر لها.

التعدد الشكلي لنيوكليوتيد منفرد single nucleotide polymorphism: تنوع يحدث في سلسلة DNA عند تبديل نيوكليوتيد واحد في الجين.

تعدد المجموعة الكروموسومية polyploidy: وجود مجموعة أو أكثر من الكروموسومات جميعها، حيث تؤدي في النباتات مثلًا إلى زيادة الحجم، ونمو أفضل لها، وكذلك القدرة على العيش.

تفاعل البوليمر المتسلسل (PCR): تقنية تستعمل في هندسة الجينات لعمل نُسخ كثيرة لمناطق خاصة في قطعة DNA.

التكاثر reproduction: إنتاج الأبناء.

التلقيح الاختباري test cross: تلقيح يستعمل لتحديد الطراز الجيني للمخلوق الحي.

التنفس الخلوي cellular respiration: مسار هدم، يتم فيه تحليل الجزيئات العضوية لإطلاق الطاقة اللازمة للخلية.

التنفس الهوائي aerobic respiration: عملية أيضية يتم فيها تحليل البيروفيت، وتستعمل الجزيئات الناقلة للإلكترون لإنتاج الطاقة ATP من خلال عملية انتقال الإلكترونات.

التنوع الوراثي genetic diversity: التنوع في الخصائص الموروثة أو الجينات.

التهجين الانتقائي breeding selective: تهجين مباشر لإنتاج نباتات أو حيوانات تحمل صفات مرغوبة.

التهجين الذاتي inbreeding: تهجين انتقائي لمخلوقات حية تجمعها صلة قرابة لإنتاج صفات مرغوبة والتخلص من الصفات غير المرغوبة، حيث تنتج في النهاية صفات نقية (متماثلة الجينات).

التيلوميرات telomere: طبقة (أو غلاف) حماية تتكون من DNA، وتوجد على أطراف الكروموسوم.

(ث)

ثايلاكويد thylakoid: يوجد في داخل البلاستيدات الخضراء، وهو أحد الأغشية المكدسة والمسطحة والمحتوية على الصبغات، وتحدث فيه التفاعلات الضوئية.

المصطلحات

الثغر Stoma : فتحات في الطبقة الخارجية لسطح الورقة وبعض السيقان؛ تسمح بتبادل الماء وثاني أكسيد الكربون والأكسجين وغازات أخرى بين النبات والبيئة المحيطة به.

ثنائي المجموعة الكروموسومية diploid: له نسختان من كل كروموسوم (2n).

الثيروكسين thyroxine: هرمون درقي يزيد من معدل أيض الخلايا.

(ج)

جدار الخلية cell wall: الجدار الصلب في النباتات الذي يحيط بالغشاء البلازمي، ويتكون من السيليلوز، ويوفر الدعم والحماية للخلية.

الجرانا grana: مجموعة من الثايلاكويدات المتراصة التي تحوي الصبغات في البلاستيدات الخضراء في النباتات.

الجزيء molecule: مركب ترتبط ذراته معًا بروابط مشتركة.

جزيء DNA الحلزوني المزدوج double helix DNA: يشبه شكل السلم، يتكون نتيجة التفاف سلاسل النيوكليوتيدات بعضها حول بعض.

الجسيم النووي nucleosome: وحدات مكررة من ألياف الكروماتين، تتكون من DNA ملتف حول الهستونات.

الجهاز المغزلي spindle apparatus: تركيب مكون من الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية التي تدخل في تحريك وتنظيم الكروموسومات قبل أن تنقسم الخلية.

الجين gene : وحدة وظيفية تتحكم في الصفات الموروثة التي تنتقل من جيل إلى آخر.

الجينات المتعددة المتقابلة multiple alleles: وجود أكثر من جينين متقابلين لصفة معينة.

الجينوم البشري human genome: معرفة جميع المعلومات الوراثية في خلية بشرية.

(ح)

حامض نووي ريبوزي RNA: الحمض الذي يوجِّه بناء البروتينات.

حلقة كالفن calvin cycle: تفاعلات لاضوئية تحدث في أثناء المرحلة الثانية من البناء الضوئي، يتم فيها اختزان الطاقة في الجزيئات العضوية مثل الجلوكوز.

حلقة كربس krebs cycle: سلسلة من التفاعلات، يتم فيها تحطيم البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون داخل ميتوكندريا الخلايا، ويطلق عليها أيضًا اسم دورة الأحماض الثلاثية الكربوكسيل ودورة حمض الستريك.

(خ)

خلية cell: وحدة التركيب والوظيفة في جميع المخلوقات الحية.

خلية بدائية النواة prokaryotic cell: مخلوق بدائي مجهري، لا يحتوي على نواة أو أي عضيات غشائية أخرى.

خلية حقيقية النواة eukaryotic cell: مخلوق حي وحيد الخلية يحتوي على نواة محاطة بغشاء وعضيات، ويكون عادة أكبر من الخلايا البدائية النوى وأكثر تعقيدًا.

(د)

دورة الخلية cell cycle: عملية التكاثر الخلوي، تمر بثلاث مراحل رئيسة – الطور البيني (نمو)، والانقسام المتساوي (انقسام نووي) وانقسام السيتوبلازم.

ديناميكا حرارية thermodynamics: دراسة تدفق الطاقة وتحولها في الكون.

(ذ)

ذاتي التغذية autotrophic: مخلوق حي يستعمل طاقة الضوء أو المواد غير العضوية لينتج غذاءه؛ ويعد المزود الأساسي لغذاء المخلوقات الحية الأخرى، ويُسمى أحيانًا المنتج.

(ر)

الرايبوسوم ribosome: عضية تعمل على تصنيع البروتينات.

الرقم الهيدروجيني pH: قياس تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) في المحلول.

روبيسكو rubisco: إنزيم يحول جزيئات ثاني أكسيد الكربون غير العضوية إلى جزيئات عضوية في أثناء الخطوة الأخيرة لحلقة كالفن.

RNA الرسول (messenger RNA) mRNA: نوع من جزيئات RNA يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة التي توجِّه بناء البروتينات في السيتوبلازم.

RNA الرايبوسومي (ribosomal RNA) rRNA: نوع من جزيئات RNA ترتبط مع بروتينات فتكوّن الرايبوسومات.

(س)

سايكلين cyclin: نوع من البروتينات المتخصصة التي تنظم دورة الخلية.

سايكلين معتمد على الكاينيز cyclin-dependent kinase: إنزيم يرتبط مع السايكلين في أثناء الطور البيني والانقسام المتساوي، يحفز ويتحكم في الأنشطة في أثناء دورة الخلية.

السنترومير (القطعة المركزية) centromere: تركيب خلوي يجمع بين الكروماتيدات الشقيقة.

سيادة غير تامة incomplete dominance: نمط وراثي معقد حيث ينتج طراز شكلي وسطي مختلف يجمع بين صفات الآباء.

سيادة مشتركة codominance: نمط وراثي معقد يحدث عندما لا يسود جين على آخر، ويكون الصفة الوراثية.

سيتوبلازم cytoplasm: مادة شبه سائلة داخل غشاء الخلية البلازمي.

(ش)

الشبكة الإندوبلازمية endoplasmic reticulum: نظام من الأغشية كثير الانثناءات التي توجد في الخلايا الحقيقية النوى، وتعد مكان بناء البروتين والدهون.

المصطلحات

(ص)

الصبغة pigment: جزيء ملون يمتص الضوء، مثل الكلوروفيل والكاروتين، ويوجد في الأغشية الثايلاكويدية للبلاستيدات الخضراء.

الصفة السائدة dominant: اسم أطلقه مندل على صفة محددة تظهر في أفراد الجيل الأول F1.

الصفة المتعددة الجينات polygenic trait: صفة تنتج عن تفاعل جينات متعددة، ومنها لون العيون ولون الجلد.

الصفة المتنحية recessive: اسم أطلقه مندل على صفة محددة مستترة أو مخفية في أفراد الجيل الأول F1.

الصفة المرتبطة مع الجنس sex-linked trait: صفة تتحكم فيها جينات محمولة على الكروموسوم الجنسي X، مثل صفة عمى اللونين الأحمر والأخضر.

(ط)

الطاقة energy: المقدرة على أداء شغل ، لا يمكن إنتاج الطاقة أو تدميرها من الإنسان ويمكن تحويلها فقط.

طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة phospholipid bilayer: طبقات الغشاء البلازمي التي تتكون من جزيئات الدهون المفسفرة، تترتب بحيث تكون الرؤوس القطبية للخارج والذيول غير القطبية للداخل.

الطراز الجيني genotype: أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي.

الطراز الشكلي phenotype: الخصائص المظهرية التي يملكها الفرد تعبر عن أزواج الجينات المتقابلة.

الطفرة mutation: تغير دائم في DNA الخلية، يتراوح بين تغيير في القواعد النيتروجينية وإزالة مقاطع كبيرة من الكروموسومات.

الطور الاستوائي metaphase: المرحلة الثانية من الانقسام المتساوي، وفيها تعمل البروتينات الحركية على سحب الكروماتيدات الشقيقة إلى خط استواء الخلية.

الطور الانفصالي anaphase: المرحلة الثالثة من الانقسام المتساوي، حيث يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بعيدًا بعضها عن بعض، وتنتقل الكروموسومات بواسطة الأنيبيبات الدقيقة والبروتينات الحركية إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية.

الطور البيني interphase: المرحلة الأولى من دورة الخلية، تنمو في خلالها الخلية، وتنضج وتضاعف مادتها الوراثية DNA.

الطور التمهيدي prophase: المرحلة الأولى من الانقسام المتساوي، وفي أثنائها يتحول الكروماتين إلى كروموسومات.

الطور النهائي telophase: المرحلة النهائية من الانقسام المتساوي، تعود فيها النوية إلى الظهور، ويبدأ تشكل غشاءين نوويين، لم تكمل الخلية انقسامها بعد.

طول الفترة الضوئية photoperiodism: مصطلح يشير إلى استجابة إزهار النبات بناءً على عدد ساعات الظلام التي يتعرض لها.

(ع)

العبور الجيني crossing over: تبادل أجزاء كروموسومية بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي (1) من الانقسام المنصف.

عدم انفصال الكروموسومات nondisjunction: لا تنفصل الكروماتيدات الشقيقة بالشكل الصحيح في أثناء الانقسام الخلوي، فتنتج أمشاج تحوي أعدادًا غير طبيعية من الكروموسومات.

العضيات organelles: مجموعة من التراكيب التي تنتشر داخل الخلية، وتقوم بوظائف محددة.

العلاج الجيني gene therapy: تقنية علاجية تستعمل في تصحيح الأمراض الناتجة عن الطفرات الجينية.

علم الوراثة genetics: العلم الذي يدرس الصفات الوراثية وانتقالها من الآباء إلى الأبناء.

عملية الأيض metabolism: جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل جسم المخلوق الحي.

عملية الترجمة translation: عملية يرتبط فيها جزيء mRNA مع الرايبوسوم، حيث تبدأ عملية صنع البروتين.

عملية التنفس اللاهوائي anaerobic process: عملية أيضية لا تتطلب وجود الأكسجين.

عملية التنفس الهوائي aerobic process: عملية أيضية تتطلّب وجود الأكسجين.

عملية النسخ transcription: عملية يتم فيها بناء سلسلة mRNA من الـ DNA اللاقالب.

عنق الورقة Petiole: هو جزء من النبات يربط نصل الورقة بالساق.

(غ)

الغشاء البلازمي plasma membrane: غشاء مرن، يمتاز بخاصية النفاذية الاختيارية التي تساعد على التحكم في المواد الداخلة والخارجة من الخلية.

غير متماثل الجينات heterozygous: مخلوق يحمل جينين مختلفين لصفة محددة.

(ق)

قانون انعزال الصفات law of segregation: أحد قوانين مندل، وينص على أن زوج الجينات لكل صفة ينفصلان في أثناء الانقسام المنصف.

قانون التوزيع الحر law of independent assortment: أحد قوانين مندل، ينص على أن توزيعًا عشوائيًّا للجينات يتم في أثناء تكوين الأمشاج.

القسم النباتي Plant Divission: مصطلح تصنيفي يستعمل بدلاً من الشعبة لتجميع الطوائف المختلفة من النباتات والبكتيريا.

القشرة cortex: طبقة مكوّنة من النسيج الأساسي بين البشرة والنسيج الوعائي في الجذور.

قطعة أوكازاكي okazaki fragment: قطعة صغيرة من DNA تُصنع على شكل قطع صغيرة في الاتجاه من 3` إلى 5` بواسطة إنزيم بلمرة DNA.

المصطلحات

(ك)

الكروماتيد الشقيق sister chromatid: تركيب يحتوي على نسخ متطابقة من DNA، ويتكون في أثناء تضاعف DNA.

الكروماتين chromatin: الشكل الممتد لـ DNA الموجود في نواة الخلية.

الكروموسوم chromosome: تركيب يحمل المادة الوراثية من جيل إلى آخر.

الكروموسومات الجنسية sex chromosome: كروموسوم X وكروموسوم Y؛ زوج من الكروموسومات الجنسية يحدد جنس الفرد، XX تشير إلى الأنثى، و XY تُشير إلى الذكر.

الكروموسوم المتماثل homologous chromosome: كروموسوم واحد من زوج من الكروموسومات، واحد من كل أب يحمل جينات صفة محددة على الموقع نفسه.

الكودون codon: شفرة مكونة من ثلاث قواعد توجد في DNA أو RNA.

(ل)

لاقحة zygote: البويضة المخصبة التي تتكون عندما يخترق الحيوان المنوي البويضة.

اللُّحمة stroma: حيز يحيط بالجرانا مملوء بسائل تحدث فيه التفاعلات التي تعتمد على الضوء.

(م)

المتماثل الجينات homozygous: مخلوق يحمل جينين متشابهين لصفة محددة.

المحيط الدائر pericycle: طبقة من النسيج النباتي تنتج الجذور الجانبية.

مخطط السلالة pedigree: مخطط يبين تاريخ العائلة، يُستخدم لدراسة الأنماط الوراثية لصفة محددة عبر أجيال عدة، ويمكن استخدامه لتوقع الاختلالات في الأبناء القادمين.

مخطط الكروموسومات karyotype: رسم دقيق تترتب فيه الكروموسومات المتماثلة تنازليًّا بحسب حجمها.

مخلوقات حية معدلة وراثيًّا transgenic organisms: مخلوقات حية تم تعديلها بواسطة هندسة الجينات من خلال إدخال جين ما من مخلوق حي آخر.

مخلوقات غير ذاتية التغذية heterotrophy: مخلوقات حية لا تصنع غذاءها بنفسها وتحصل على المواد المغذية والطاقة اللازمة بتناول مخلوقات حية أخرى، ويطلق عليها أيضًا اسم مستهلكات.

المريكز centriole: عضية في الخلية تؤدي دورًا في انقسام الخلية، وتتكون من الأنيبيبات الدقيقة.

المشيج gamete: خلية جنسية أحادية، تتكون في أثناء الانقسام المنصف، ويمكنها الاتحاد مع خلية جنسية أحادية أخرى لإنتاج بويضة مخصبة ثنائية المجموعة الكروموسومية.

موت الخلية المبرمج apoptosis: موت الخلية وفق نظام محدد.

ميتوكندريا mitochondrion: عضيــة غشــائية تحول السكر إلى طاقة لتتمكن الخلية من القيام بوظائفها الحيوية.

(ن)

ناقـل الإلكتـرون $NADP^+$: ناقل الإلكترون الرئيس في عمليــة نقل الإلكترون التي تحدث فــي عملية البناء الضوئي.

نظريــة الخليــة cell theory: تنص على أن: 1- المخلوقات الحية تتكــون من خلية أو أكثر. 2- الخلايا هي الوحدة الأساسية في الحياة. 3- تنتج جميع الخلايا عن خلايا سابقة لها.

النفاذية الاختيارية selective permeability: خاصية للغشاء البلازمي تسمح له بتنظيم مرور المواد من الخلية وإليها.

النمـوذج الفسيفسـائي السـائل fluid mosaic model: نموذج يوضح أن الغشاء البلازمي وما يحتويه من مكونات تتحرك بشكل ثابت، وينزلق بعضها فوق بعض داخل طبقة الليبيدات المزدوجة.

النـواة nucleus: هــي عضيــة مركزية غشــائية في الخلايــا الحقيقية النوى تتحكم فــي الوظائف الخلوية، وتحتوي على المادة الوراثية DNA.

النويــة nucleolus: موقــع إنتاج الرايبوســومات داخل أنوية الخلايا الحقيقية النوى.

نيوكليوتيد nucleotide: وحدة فرعية من الحمض النووي، تتكون من ســكر بســيط ومجموعة فوســفات وقاعدة نيتروجينية.

(هـ)

الهجيـن hybrid: مخلوق غير متماثل الجينات لصفة محددة.

الهدب cilium: بروزات صغيرة تشــبه الشعيرات لها دور في حركة الخلية.

الهندسـة الوراثيـة genetic engineering: تقنية تُركــز على التعامل مع جــزيء DNA للمخلوق الحي، وذلك بإدخال DNA من مخلوق حي آخر.

الهيكل الخلوي cytoskeleton: شــبكة داعمة من ألياف البروتينات، حيث توفر مســاحات لعمل عضيات الخلية في السيتوبلازم.

(و)

الوراثة genetics: علم يبحث في وراثة الصفات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2022 - 1444