الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

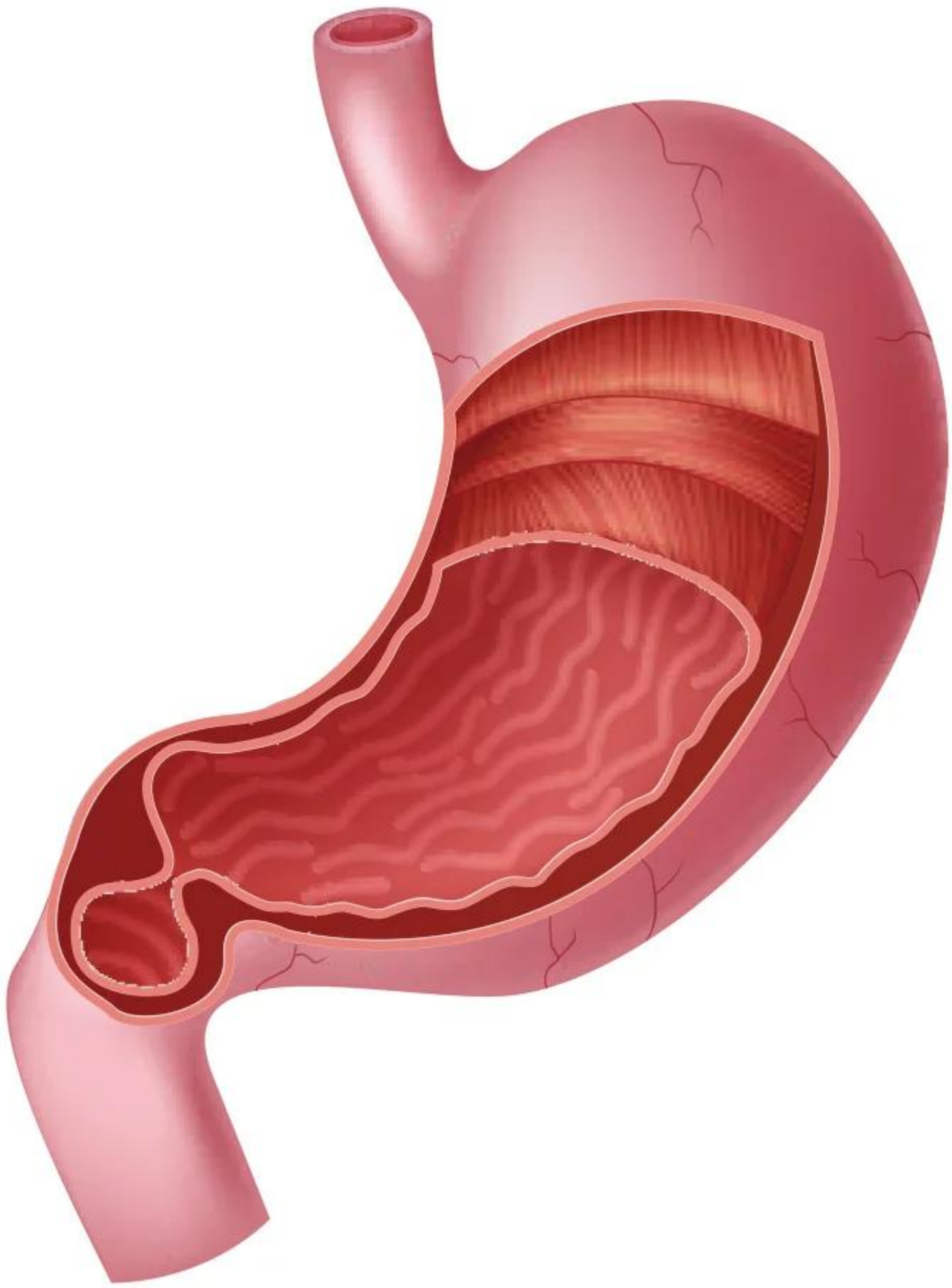
عام المجتمع
54
YEAR OF COMMUNITY
UAE ٢٠٢٤

نحن الإمارات
WE THE UAE
2031

2025-2026

الأحياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة



الصف
9
متقدّم

Mc Graw Hill

McGraw-Hill Education

الأحياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 9 المتقدّم

مجلد 1

Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Advanced Science Grade 9 Vol 1 Biology
FM. Front Matter, from Glencoe Biology ©2017
1. Chemistry in Biology, Chapter 6, from Glencoe Biology ©2017
2. Cellular Structure and Function, Chapter 7, from Glencoe Biology ©2017
3. Plant Structure and Function, Chapter 22, from Glencoe Biology ©2017
4. Integumentary, Skeletal, and Muscular Systems, Chapter 32, from Glencoe Biology ©2017
EM. End Matter, from Glencoe Biology ©2017

صورة الغلاف: Teguh Mujiono/Shutterstock

mheducation.com/prek-12

جميع الحقوق محفوظة © للعام 2021 لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو توزيعه في أي صورة أو بأي وسيلة كانت أو تخزينه في قاعدة بيانات أو نظام استرداد من دون موافقة خطية مسبقة من McGraw-Hill Education، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التخزين على الشبكة أو الإرسال عبرها أو البث لأغراض التعليم عن بُعد.

الحقوق الحصرية للتصنيع والتصدير عائدة لمؤسسة McGraw-Hill Education. لا يمكن إعادة تصدير هذا الكتاب من البلد الذي باعته له McGraw-Hill Education. هذه النسخة الإقليمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

طُبع في دولة الإمارات العربية المتحدة.

رقم النشر الدولي: 978-1-39-891142-0 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-891142-9 (نسخة الطالب)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 XXX 22 21 20 19 18 17

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-39-891146-8 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-891146-1 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-39-891148-2 (نسخة المعلم)
MHID: 1-39-891148-8 (نسخة المعلم)

موجز بالمحتويات

1 الكيمياء في علم الأحياء..... 2

2 تركيب الخلية ووظائفها..... 36

3 تركيب النبات ووظائفه..... 72

4 الجهاز الغشائي والهيكلي والعضلي 102

5 الجهاز الهضمي وجهاز الغدد الصماء XX

6 الجهاز الدوري والجهاز التنفسي والجهاز الإخراجي..... XX

7 الجهاز العصبي XX

8 تكاثر الإنسان وتطوره XX

9 التكاثر الخلوي XX

10 التكاثر الجنسي والجينات..... XX

يتم تعريف المحتوى على تطبيق التعلم الذكي

Chapter Sourced From: FM. Front Matter, from Glencoe Biology ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وزارة التربية والتعليم
MINISTRY OF EDUCATION

معتمد

محتوى هذا الكتاب معتمد
من وزارة التربية والتعليم

المحتويات

ينقسم كتابك إلى وحدات تنتظم حول موضوعات وأفكار رئيسة وأفكار أساسية عن الأحياء.

الموضوعات مفاهيم شاملة تستخدم في جميع أجزاء الكتاب تساعدك في الربط بين ما تتعلمه. وهي تساعدك في تمييز الروابط بين الأفكار والمفاهيم الرئيسة.

الفكرة الرئيسة تظهر في كل وحدة وتساعدك على التركيز على مواضيع محددة داخل الموضوعات. كما تنقسم الأفكار الرئيسة إلى أفكار أساسية.

الفكرة الرئيسة تلفت انتباهك إلى تفاصيل أكثر تحديدًا عن علم الأحياء. وتعمل كل الأفكار الأساسية الواردة في الوحدة على تعزيز الفكرة الرئيسة.

الموضوعات

التغير

التنوع

الطاقة

الاتزان الداخلي

الاستقصاء العلمي

الفكرة الرئيسة

فكرة واحدة في كل وحدة

الفكرة الرئيسة

فكرة واحدة في كل قسم

الوحدة 1
الكيمياء في علم الأحياء 2
القسم 1 الذرات والعناصر والمركّبات 4
تجربة مصغرة 10
القسم 2 التفاعلات الكيميائية 12
تجربة مصغرة 15
القسم 3 الماء والمحاليل 17
مساحة لتحليل البيانات 20
القسم 4 العناصر الأساسية اللازمة للحياة 22
مساحة لتحليل البيانات 25
تجربة فى الأحياء 29

الوحدة 2
تركيب الخلية ووظائفها 36
القسم 1 اكتشاف الخلية ونظرية الخلية 38
تجربة مصغرة 40
القسم 2 الغشاء البلازمي 43
مساحة لتحليل البيانات 45
القسم 3 التراكيب والعضيات 47
مساحة لتحليل البيانات 50
القسم 4 النقل الخلوي 57
تجربة مصغرة 59
تجربة فى الأحياء 65

الوحدة 3
تركيب النبات ووظائفه 72
القسم 1 الخلايا والأنسجة النباتية 74
تجربة مصغرة 76
القسم 2 الجذور والسيقان والأوراق 81
مساحة لتحليل البيانات 88
القسم 3 هرمونات النباتات واستجاباتها 90
تجربة مصغرة 92
تجربة فى الأحياء 95

الوحدة 4
الجهاز الغشائي والهيكلي والعضلي 102
القسم 1 الجهاز الغشائي 104
تجربة مصغرة 106
القسم 2 الجهاز الهيكلي 109
تجربة مصغرة 113
القسم 3 الجهاز العضلي 115
مساحة لتحليل البيانات 118
تجربة فى الأحياء 121

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chemistry in Biology, Chapter 6, from Glencoe Biology © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1

الكيمياء في علم الأحياء

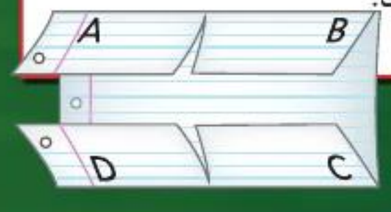
التجربة الاستهلالية

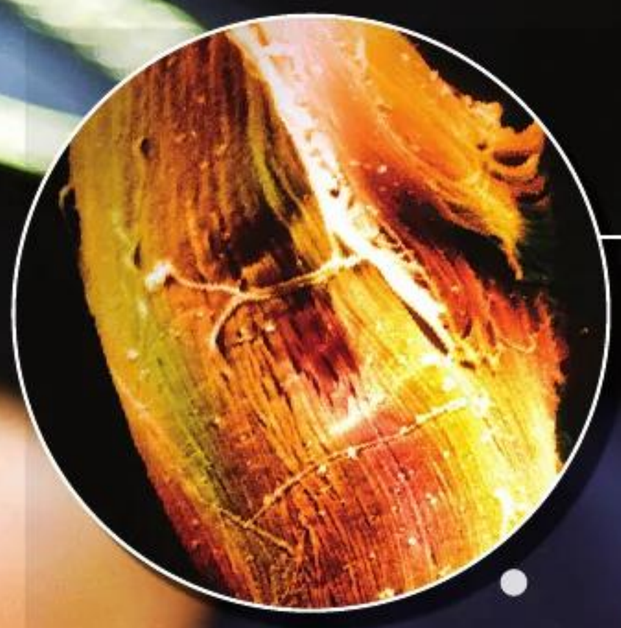
ما أوجه المقارنة بين المغذيات في أطعمة مختلفة؟

تعتمد تراكيب الجسم ووظائفه على العناصر الكيميائية ومنها تلك الموجودة في البروتينات والكربوهيدرات والدهون والفيتامينات والمعادن والماء. في هذه التجربة، ستتقصى المغذيات التي توفر هذه العناصر.

المطويات®

قم بإعداد مطوية مؤلفة من أربع بطاقات مستخدمًا التسميات الموضحة، واستعملها لتنظيم ملاحظاتك حول نشاط الإنزيمات.





ليف كولاجين فردي
صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: غير متوفر

ألياف كولاجين متعددة
صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: 8000×

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الموضوع المحوري الطاقة

خلال كل تفاعل كيميائي، يحدث تغيّر في الطاقة.

الفكرة الرئيسة تُعتبر الذرات أساس الكيمياء الحيوية والعناصر الأساسية اللازمة لجميع الكائنات الحية.

القسم 1 • الذرات والعناصر والمركّبات

القسم 2 • التفاعلات الكيميائية

القسم 3 • الماء والمحاليل

القسم 4 • العناصر الأساسية اللازمة للحياة

القسم 1

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالذرات؟
- كيف يتم رسم الجسيمات التي تكوّن الذرات؟
- ما أوجه الشبه بين الروابط التساهمية والأيونية؟
- كيف يتم وصف قوى فاندرفال؟

مفردات للمراجعة

المادة substance: أحد أشكال المادة ذات التركيب المنتظم الذي لا يتغير

مفردات جديدة

atom	الذرة
nucleus	النواة
proton	البروتون
neutron	النيوترون
electron	الإلكترون
element	العنصر
isotope	النظير
compound	المركّب
covalent bond	الرابطة التساهمية
molecule	الجزيء
ion	الأيون
ionic bond	الرابطة الأيونية
van der Waals force	قوى فاندرفال

الذرات والعناصر والمركّبات

الفكرة الرئيسة **تتكوّن المادة من جسيمات صغيرة تُسمّى الذرات.**

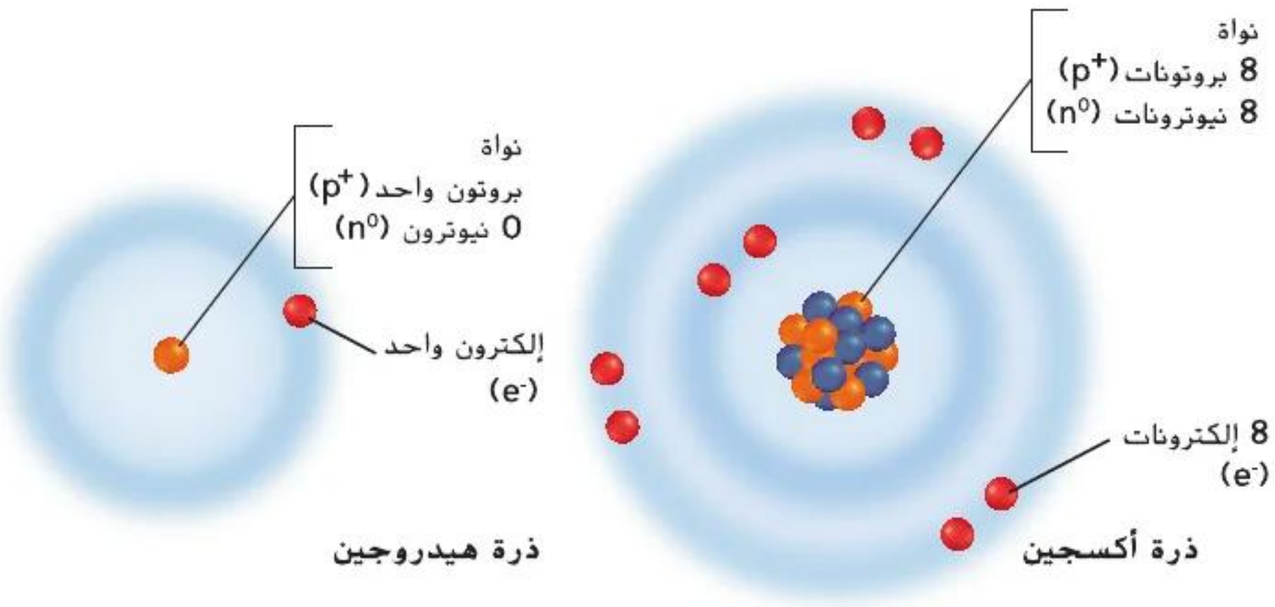
الربط بالحياة اليومية يعتقد الكثير من العلماء أن الكون بدأ بتمدد سريع ومفاجئ حدث منذ مليارات السنين. ويعتقدون أنّ العناصر الأساسية اللازمة التي تُكوّن التنوع المذهل للحياة الذي نراه اليوم كانت نتيجة هذا التمدد. ويختص علم الكيمياء بدراسة وحدات البناء هذه.

الذرات

تختص الكيمياء بدراسة المادة وتركيبها وخواصها. والمادة هي شيء له كتلة ويشغل حيزًا من الفراغ. إضافةً إلى ذلك، تتكوّن جميع الكائنات الحية التي تدرسها في علم الأحياء من مادة. **الذرات** هي وحدات بناء المادة.

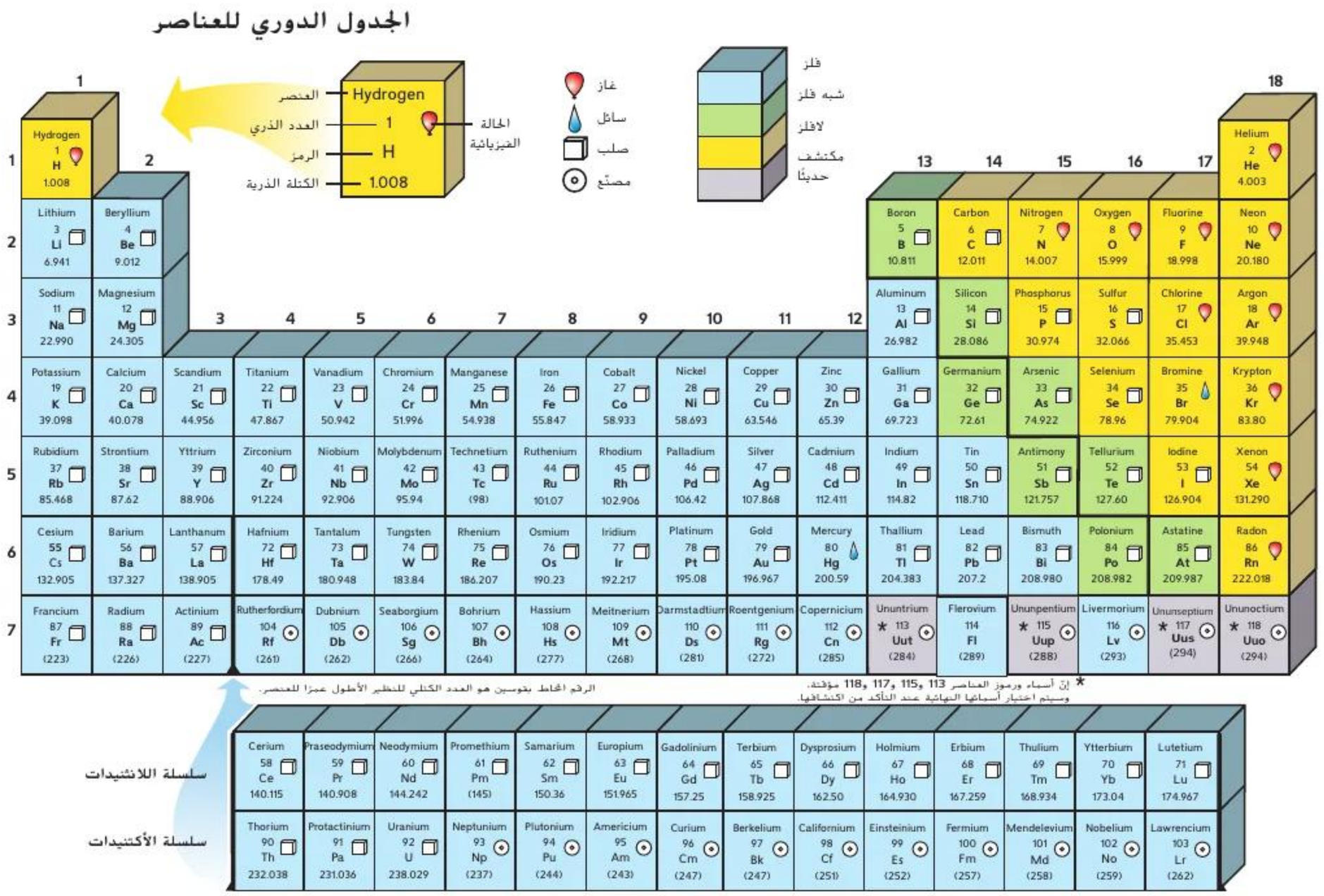
الربط بالتاريخ في القرن الخامس قبل الميلاد، كان الفيلسوفان اليونانيان ليوسيبوس وديموقريطوس أول من اقترح فكرة أن المادة مكوّنة من جسيمات صغيرة غير قابلة للتجزئة. واستمر الأمر على ذلك حتى القرن السابع عشر عندما بدأ العلماء بجمع أدلة تجريبية لإثبات وجود الذرات. ومع تقدم التكنولوجيا خلال القرنين التاليين، لم يثبت العلماء وجود الذرات فحسب بل أثبتوا أيضًا أنها تتكوّن من جسيمات أصغر حجمًا منها حتى.

تركيب الذرة الذرة متناهية الصغر حتى إنه يمكن دمج مليارات الذرات في رأس دبوس. لكن الذرات تتكوّن من جسيمات أكثر صِغَرًا تسمى النيوترونات والبروتونات والإلكترونات كما هو مبيّن في **الشكل 1**. تتواجد النيوترونات والبروتونات في مركز الذرة المسمّى **النواة**. **والبروتونات** هي جسيمات موجبة الشحنة (p^+). أما **النيوترونات** فهي جسيمات غير مشحونة (n^0). **والإلكترونات** هي جسيمات سالبة الشحنة (e^-) توجد خارج النواة، تدور باستمرار حول نواة الذرة في مستويات الطاقة. ينشأ التركيب الأساسي للذرة نتيجة الجذب بين البروتونات والإلكترونات، وتحتوي الذرات على عدد متساوٍ من البروتونات والإلكترونات، لذا تكون الشحنة الإجمالية للذرة صفرًا.



■ **الشكل 1** يحتوي الهيدروجين على بروتون واحد وإلكترون واحد. فيما يحتوي الأكسجين على ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات وثمانية إلكترونات. تدور الإلكترونات حول النواة في مستويين من مستويات الطاقة (تبدو كدوائر مظللة بلون أكثر دُكنةً).
استدلّ على شحنة الذرة إذا كان عدد الإلكترونات أكبر من البروتونات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



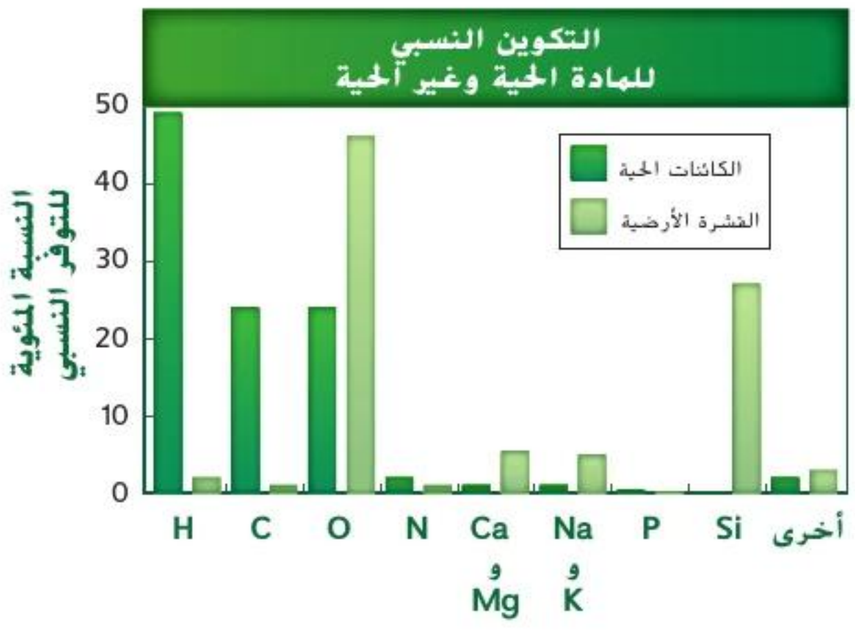
■ **الشكل 2** ينظم الجدول الدوري للعناصر جميع العناصر المعروفة. راجع دليل الجدول الدوري لعلماء الأحياء في الغلاف الخلفي لهذا الكتاب صفحة RH-8.

العناصر

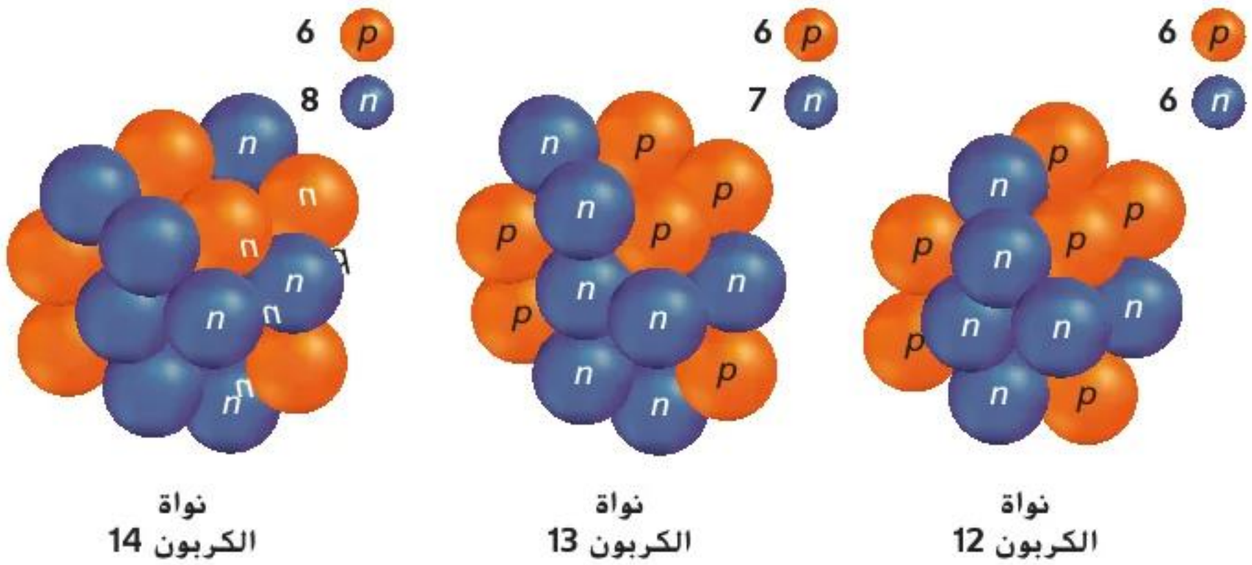
العنصر مادة نقية لا يمكن تقسيمها إلى مواد أخرى بالوسائل الكيميائية أو الفيزيائية. تتكون العناصر من نوع واحد فقط من الذرات. ويوجد أكثر من 100 عنصر معروف منها 92 عنصرًا موجودًا بشكل طبيعي. لقد جمع العلماء معلومات كثيرة عن العناصر مثل عدد البروتونات والإلكترونات التي ينطوي عليها كل من العناصر والكتلة الذرية لكل منها. كما إنّ لكل عنصر اسمًا ورمزًا فريدين. وتمّ جمع كل هذه البيانات وغيرها في جدول منظم يُسمّى الجدول الدوري للعناصر.

الجدول الدوري للعناصر كما يظهر في **الشكل 2**، فإنّ الجدول الدوري منظّم في صفوف أفقية تُسمّى دورات. ومن أعمدة رأسية تُسمّى مجموعات. تمثّل كل وحدة فردية في الشبكة عنصرًا. ويُسمّى بالجدول الدوري لأنّ كلّ العناصر الموجودة في المجموعة نفسها لها خواص كيميائية وفيزيائية متشابهة. كما يسمح هذا التنظيم للعلماء بتوقع العناصر التي لم تُكتشف أو لم يتم عزلها بعد. وكما هو مبيّن في **الشكل 3**، تتواجد عناصر الكائنات الحية أيضًا في القشرة الأرضية.

■ **الشكل 3** تختلف عناصر القشرة الأرضية والكائنات الحية من حيث وفرتها. إذ تتكون الكائنات الحية بشكل أساسي من ثلاثة عناصر هي: الكربون والهيدروجين والأكسجين.
فسّر أي من عناصر الكائنات الحية هو الأكثر وفرة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Graw-Hill Education



نواة الكربون 14 | نواة الكربون 13 | نواة الكربون 12

■ **الشكل 4** يتواجد كربون 12 وكربون 13 بشكل طبيعي في الكائنات الحية والغير حية. وتحتوي جميع الكائنات الحية على كمية صغيرة من كربون 14 أيضًا.
قارن بين أوجه الشبه وأوجه الاختلاف بين النظائر.

النظائر على الرغم من أن ذرات العنصر نفسه تحتوي على العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات إلا أن عدد النيوترونات مختلف في ما بينها. كما هو مبيّن في **الشكل 4**. إن ذرات عنصر ما التي تختلف من حيث عدد النيوترونات فيها تسمّى **النظائر**. يتمّ تحديد نظائر العنصر عن طريق جمع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة. على سبيل المثال، يحتوي شكل الكربون الأكثر وفرة، الكربون-12، على ستة بروتونات وستة نيوترونات في النواة. أحد نظائر الكربون وهو الكربون-14 يحتوي على ستة بروتونات وثمانية نيوترونات. يكون لنظائر العناصر الخصائص الكيميائية نفسها.

النظائر المشعة لا يؤدي تغير عدد النيوترونات في الذرة إلى تغير إجمالي شحنة الذرة. لكنّ تغير عدد النيوترونات يمكن أن يؤثر في استقرار النواة، ففي بعض الحالات يؤدي إلى تحلل النواة أو انقسامها. وعند انقسام النواة، تُطلق إشعاعًا يمكن اكتشافه. وتُسمّى النظائر التي تطلق إشعاعًا نظائر مشعة.

يُعدّ الكربون 14 نظيرًا مشعًا يوجد في جميع الكائنات الحية. ويحدد العلماء عمر النصف أو الوقت المُستغرق حتى يتكسّر نصف الكربون 14، ومن ثَم يمكنهم حساب عمر جسم ما عن طريق معرفة مقدار الكربون 14 المتبقي في العينة. وتوجد نظائر مشعة أخرى لها استخدامات طبية كما هو مبيّن في **الشكل 5**.

التأكد من فهم النص **اذكر** الفرق بين النظير والنظير المشع.

■ **الشكل 5** تُستخدم النظائر المشعة لمساعدة الأطباء في تشخيص المرض وتحديد مواقع بعض أنواع السرطان وعلاجها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تعتمد عروض الألعاب النارية المبهرة على مركّبات مثل فلز السترونسيوم.

ملح الطعام هو المركّب كلوريد صوديوم NaCl.

الأراضي الرطبة هي مصدر الكائنات الحية المكوّنة من مركّبات معقدة ومركّب الميثان البسيط (CH_4).

المركّبات

يمكن أن تتحد العناصر لتكوين مواد أكثر تعقيدًا. و**المركّب** هو مادة نقية تتكوّن عندما يتحد عنصران مختلفان أو أكثر. ثمة ملايين من المركّبات المعروفة ويتم اكتشاف الآلاف سنويًا. ويبيّن **الشكل 6** بعضًا منها. لكل مركّب صيغة كيميائية تتكوّن من الرموز الكيميائية من الجدول الدوري. ربما تعرف أن الماء هو المركّب H_2O، وأن كلوريد الصوديوم ($NaCl$) هو المركّب الشائعة تسميته ملح الطعام، وأن الوقود الذي يُستخدَم في السيارات عبارة عن خليط من مركّبات الهيدروكربون. الجدير بالذكر أنّ الهيدروكربونات تحتوي على ذرات هيدروجين وكربون فقط، كما أنَّ الميثان (CH_4) هو أبسط هيدروكربون. أما البكتريا الموجودة في مناطق معيّنة مثل الأراضي الرطبة المبيّنة في **الشكل 6**، فهي تُطلق 76% من الانتاج العالمي للميثان من المصادر الطبيعية عن طريق تحلل النباتات والكائنات الحية الأخرى، وهي تتكوّن أيضًا من مركّبات.

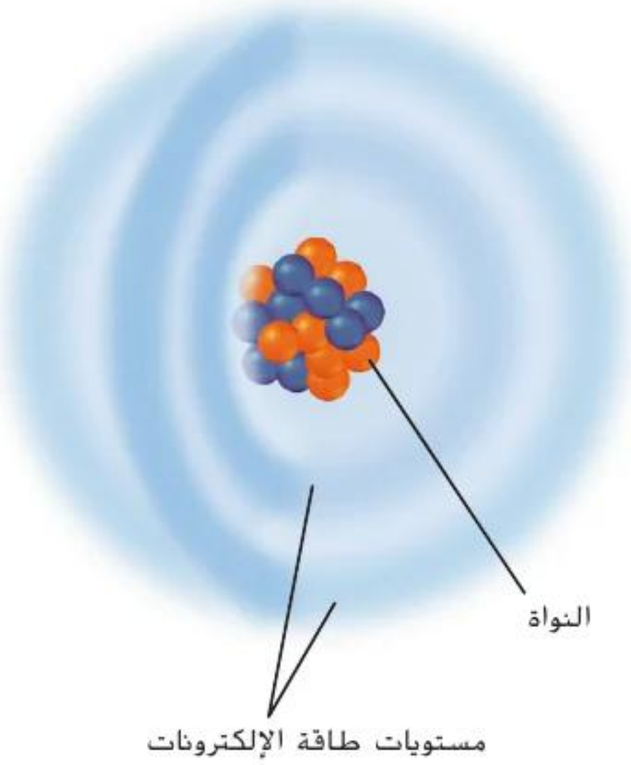
للمركّبات العديد من الخصائص الفريدة. أولًا، هي تتكوّن دائمًا من مجموعة معينة من العناصر بنسب ثابتة. فمثلًا يتكوّن الماء دائمًا بنسبة ذرتي هيدروجين إلى ذرة أكسجين واحدة، ولكل جزيء ماء التركيب نفسه. ثانيًا، تختلف المركّبات كيميائيًا وفيزيائيًا عن العناصر المكوّنة لها. فعلى سبيل المثال، تختلف خصائص الماء عن خصائص كل من الهيدروجين والأكسجين.

من الخصائص الأخرى للمركّبات عدم إمكانية تكسيرها إلى مركّبات أو عناصر أكثر بساطة بالطرق الفيزيائية مثل التفكيك والسحق. لكن يمكن تكسيرها بالطرق الكيميائية إلى مركّبات أبسط أو إلى عناصرها الأصلية. فكّر في مثال الماء مرة أخرى. لا يمكنك تمرير الماء عبر مرشح وفصل الهيدروجين عن الأكسجين، لكن يمكن لعملية تُسمّى التحليل الكهربائي، المبيّنة في **الشكل 7**، تكسير الماء إلى غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين.

■ **الشكل 6** أنت والعالَم من حولك مكوّنان من مركّبات.

■ **الشكل 7** تؤدّي عملية التحليل الكهربائي للماء إلى إنتاج غاز الهيدروجين الذي يمكن استخدامه في خلايا وقود الهيدروجين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 8** تتحرك الإلكترونات بانتظام داخل مستويات الطاقة المحيطة بالنواة.

الروابط الكيميائية

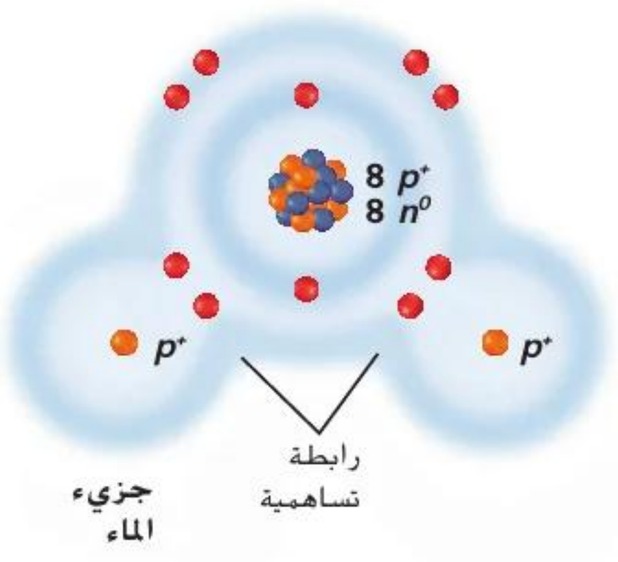
تتكوّن المركّبات مثل الماء والملح والميثان عند اتحاد مادتين أو أكثر. وتُسمّى القوة التي تربط المواد ببعضها رابطة كيميائية. فكّر مرة أخرى في البروتونات والنيوترونات والإلكترونات التي تكوّن الذرة. تحدّد النواة الهوية الكيميائية للذرة، فيما تُعتَبَر الإلكترونات عاملًا أساسيًا في تكوين الروابط الكيميائية. تدور الإلكترونات حول نواة الذرة في مناطق تُسمّى مستويات الطاقة، كما هو مبيّن في **الشكل 8**. إن لكل مستوى من مستويات الطاقة قدرة على استيعاب عدد محدد من الإلكترونات في وقت محدد. فبإمكان مستوى الطاقة الأول، وهو المستوى الأكثر قربًا إلى النواة، استيعاب إلكترونين، في حين بإمكان المستوى الثاني استيعاب ثمانية إلكترونات.

لا يكون لمستوى الطاقة الممتلىء درجة الاستقرار نفسها التي لمستوى الطاقة الفارغ أو المملوء كلّيًا. تصبح الذرات أكثر استقرارًا عند فقدان إلكترونات أو جذب إلكترونات من ذرات أخرى. بالتالي، يؤدي هذا إلى تكوّن روابط كيميائية بين الذرات. ويؤدي تكوّن هذه الروابط إلى تخزين الطاقة، فيما يؤدي تكسيرها إلى توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو والتطور والتكيف والتكاثر في الكائنات الحية. تجدر الإشارة إلى وجود نوعين أساسيين من الروابط الكيميائية وهما الروابط التساهمية والروابط الأيونية.

الروابط التساهمية إنك على الأرجح قد تعلمتَ المشاركة حين كنتَ صغيرًا. بمعنى أنه إذا كنت تملك كتابًا يريد صديقك قراءته أيضًا، فستستمتعان بقصته معًا. بهذه الطريقة، تستفيدان كلاكما من الكتاب. وبالمثل، يتكوّن أحد أنواع الروابط الكيميائية عندما تتشارك الذرات في الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية.

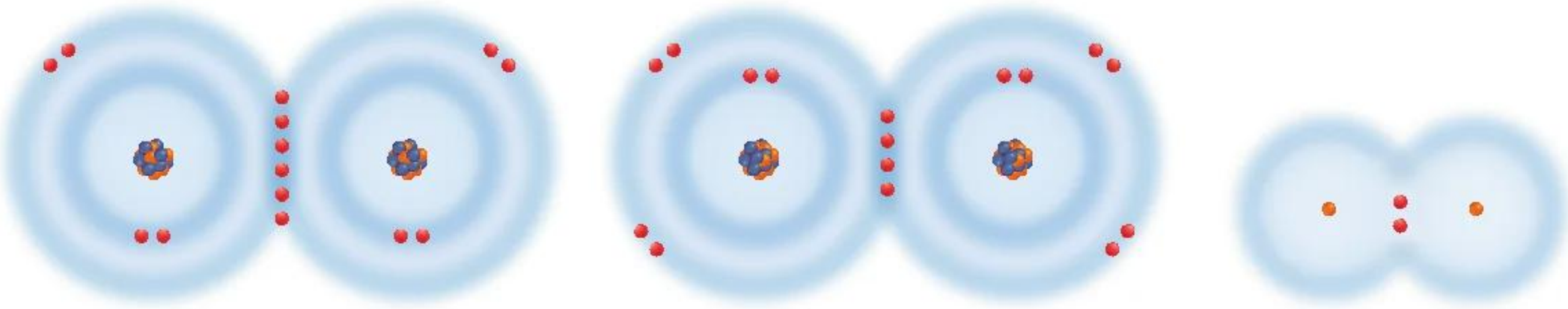
تُسمّى الرابطة الكيميائية التي تتكوّن عند مشاركة الإلكترونات **بالرابطة التساهمية**. ويبيّن **الشكل 9** الروابط التساهمية بين الأكسجين والهيدروجين التي تكوّن الماء. فتحتوي كل ذرة هيدروجين (H) على إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجي ويحتوي الأكسجين (O) على ست الكترونات. ونظرًا إلى أنّ مستوى الطاقة الخارجي للأكسجين هو المستوى الثاني الذي يمكنه استيعاب ما لا يزيد عن ثمانية إلكترونات، يميل الأكسجين بقوة إلى ملء مستوى الطاقة من خلال مشاركة إلكترونات من ذرتي الهيدروجين المجاورتين. ولا يتنازل الهيدروجين عن الإلكترونات تمامًا لكن يميل بقوة إلى مشاركة الإلكترونات مع الأكسجين لملء مستوى الطاقة الخارجي. فتتشكّل رابطتان تساهميتان تؤديان إلى تكوّن الماء.

لمعظم مركّبات الكائنات الحية روابط تساهمية تربط في ما بينها. إن الماء والمواد الأخرى التي لها روابط تساهمية تُسمّى جزيئات. **والجزيء** هو مركّب ترتبط فيه الذرات بعضها ببعض بروابط تساهمية. قد تكون الروابط التساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية تبعًا لعدد أزواج الإلكترونات المتشارَكة، كما هو مبيّن في **الشكل 10**.



■ **الشكل 9** في الماء (H_2O)، تتشارك كل ذرة من ذرتي الهيدروجين بإلكترون واحد مع ذرة الأكسجين. ونظرًا إلى أنّ ذرة الأكسجين تحتاج إلى إلكترونين لملء مستوى الطاقة الخارجي، فإنها تكوّن رابطتين تساهميتين، رابطة مع كل ذرة هيدروجين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



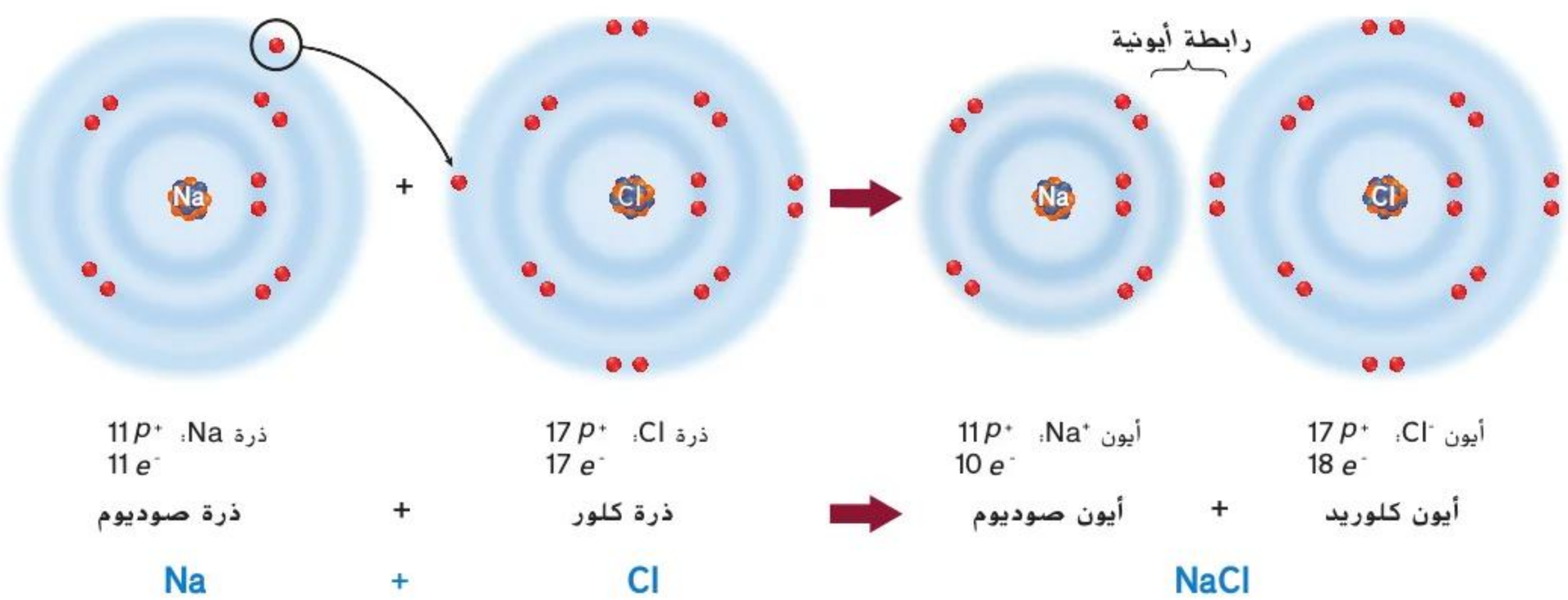
■ **الشكل 10** تتم في الرابطة الأحادية مشاركة زوج واحد من الإلكترونات وتتم في الرابطة الثنائية مشاركة زوجين وتتم في الرابطة الثلاثية مشاركة ثلاثة أزواج.

الروابط الأيونية تذكّر أن الذرات متعادلة وغير مشحونة كهربائيًا. تذكّر أيضًا أنه لكي تصل الذرة إلى أقصى درجات الاستقرار، يجب أن يكون مستوى الطاقة الخارجي إما فارغًا أو ممتلئًا كليًا. وتميل بعض الذرات إلى فقْد (منح) الإلكترونات أو اكتسابها لإفراغ مستوى الطاقة الخارجي أو ملئه لكي تصبح مستقرة. وتتحول الذرة التي فقدت إلكترونًا واحدًا أو أكثر أو اكتسبته إلى **أيون** وتصبح مشحونة كهربائيًا. فعلى سبيل المثال، لذرة الصوديوم إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجي. ويمكن أن تصبح أكثر استقرارًا في حال فقدت هذا الإلكترون فيصبح بالتالي مستوى الطاقة الخارجي فارغًا. وعند فقد هذه الشحنة السالبة، تتحول ذرة الصوديوم المتعادلة إلى أيون صوديوم موجب الشحنة (Na^+). وبالمثل، تحتوي ذرة الكلور على سبعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي وهي تحتاج إلى إلكترون واحد فقط لملئه. عندما يقبل الكلور إلكترونًا من ذرة مانحة مثل الصوديوم، يتحول الكلور إلى أيون سالب الشحنة (Cl^-).

الرابطة الأيونية هي تجاذب كهربائي بين ذرتين أو مجموعتي ذرات مختلفة الشحنة تُسمّى أيونات. ويبيّن **الشكل 11** كيفية تكوّن الرابطة الأيونية نتيجة التجاذب الكهربائي بين Na^+ وCl^- لتكوين NaCl (كلوريد الصوديوم). ويُطلق على المواد التي تتكوّن بسبب الروابط الأيونية اسم مركّبات أيونية.

من الأيونات الموجودة في الكائنات الحية نذكر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والكلوريد والكربونات، وهي تساعد في الحفاظ على الاتزان الداخلي عند انتقالها إلى داخل الخلية وخارجها. بالإضافة إلى ذلك، تساعد الأيونات في نقل الإشارات بين الخلايا مما يتيح لك الرؤية والتذوق والسمع والإحساس والشم.

■ **الشكل 11** لتكوين الأيونات، يمنح الصوديوم إلكترونًا ويكتسب الكلور إلكترونًا. وتتكوّن رابطة أيونية عندما يتقارب ايونان مختلفا الشحنة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تميل بعض الذرات إلى منح إلكترونات أو اكتسابها بسهولة أكبر من غيرها. راجع الجدول الدوري للعناصر في الجزء الداخلي للغلاف الخلفي لهذا الكتاب. تميل العناصر المحددة على أنها فلزات إلى منح الإلكترونات، في حين تميل العناصر المحددة على أنها لافلزات إلى قبول الإلكترونات. ويكون للمركّبات الأيونية الناتجة خصائص فريدة. فعلى سبيل المثال يذوب معظمها في الماء. عندما تذوب المركّبات الأيونية في محلول تتكسّر إلى أيونات ويمكن أن تنقل هذه الأيونات تيارًا كهربائيًا. وتكون معظم المركّبات الأيونية، مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) بلورية الشكل في درجة حرارة الغرفة. وتكون درجات انصهار المركّبات الأيونية بشكل عام أعلى من درجات انصهار المركّبات الجزيئية المتكوّنة عن طريق الروابط التساهمية.

الربط بعلوم الأرض على الرغم من أن معظم المركّبات الأيونية تكون صلبة عند درجة حرارة الغرفة، تكون المركّبات الأيونية الأخرى سائلة عند درجة حرارة الغرفة. وتتكوّن السوائل الأيونية، مثل نظيراتها الصلبة، من أيونات موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة. فضلًا عن ذلك، تتمتّع السوائل الأيونية بفوائد مهمة في تطبيقات الحياة اليومية لأنها تعتبر مذيبات آمنة وصديقة للبيئة يمكن أن تحل محل المذيبات الضارة الأخرى. والخاصية الأساسية في المذيبات السائلة الأيونية هي أنها لا تتبخر ولاتطلق المواد الكيميائية في الغلاف الجوي. إنّ معظم السوائل الأيونية آمنة في التعامل والتخزين ويمكن إعادة تدويرها بعد الاستخدام. لهذه الأسباب، تكون السوائل الأيونية جذابة للصناعات المراعية للبيئة.

التأكد من فهم النص **قارن** بين السوائل والمواد الصلبة الأيونية.

المفردات

أصل الكلمة

الذرة atom

مشتقة من الكلمة اليونانية *atomos*، وتعني لا يتجزّأ

تجربة مصغرة 1

اختبار اكتشاف وجود السكريات البسيطة

ما الأطعمة الشائعة التي تحتوي على الجلوكوز؟ الجلوكوز هو سكر بسيط يمد الخلايا بالطاقة. في هذه التجربة، ستستخدم كاشفًا يُسمّى **محلول بندكت** (Benedict)، يدل على وجود مجموعات CHO- (الكربون، الهيدروجين، الأكسجين). ويدل تغير اللون على وجود الجلوكوز والسكريات البسيطة الأخرى في الأطعمة الشائعة.

الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أنشئ جدول بيانات على أن تكون عناوين الأعمدة هي: المادة الغذائية وتوقع وجود السكر، الملاحظات والنتائج.
3. اختر أربع **مواد طعام** من بين تلك التي يقدمها المعلم. اقرأ ملصقات الأطعمة وتوقع وجود السكر البسيط في كل طعام. وسجّل توقعك.
4. جهّز **وعاء الماء ساخن** درجة حرارته بين 40°-50°C مستخدمًا **سخانًا كهربائيًا وإناء سعته 1000 mL**.
5. قم بتسمية **أنابيب الاختبار الأربعة**. وأحضر **مخبارًا مدرّجًا**. أضف 10 mL من المواد الغذائية المختلفة إلى كل أنبوب اختبار. ثم أضف 10 mL من **الماء المقطّر**. وحرّك برفق للمزج.
6. أضف 5 mL من **محلول بندكت** (Benedict) إلى كل أنبوب. واستخدم **عصا تحريك** نظيفة لمزج المحتويات.
7. باستخدام **حوامل أنابيب الاختبار**، قم بتدفئة أنابيب الاختبار في وعاء الماء الساخن لمدة دقيقتين إلى ثلاث دقائق. وسجّل الملاحظات والنتائج.

التحليل

1. **فسّر البيانات** هل يحتوي أي من الأطعمة على سكريات بسيطة؟ اشرح ذلك.
2. **التفكير الناقد** هل يمكن أن تكون نتيجة اختبار غذاء مكتوب عليه "خالٍ من السكر" إيجابية باستخدام محلول بندكت (Benedict) كمؤشر؟ اشرح ذلك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

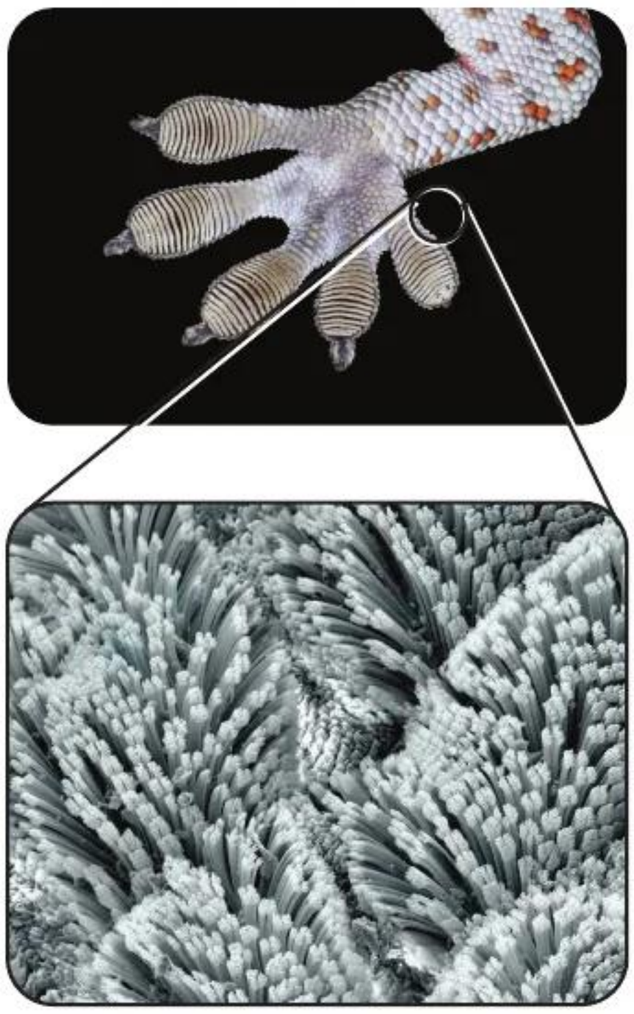
قوى فاندرفال

سبق وتعلّمت أن الأيونات الموجبة والأيونات السالبة تتكوّن بناء على قدرة الذرة على جذب الإلكترونات. فإذا كانت قوة جذب نواة الذرة للإلكترون ضعيفة، فإنها ستمنح الإلكترون الذي لديها للذرة ذات قوة الجذب الأقوى. وبالمثل، فإن عناصر الرابطة التساهمية لا تجذب الإلكترونات بالتساوي. تذكّر أيضًا أن الإلكترونات في الجزيء تتحرك عشوائيًا حول الأنوية، وقد تؤدي حركتها هذه إلى توزيع غير متساوٍ لسحابة الإلكترونات حول الجزيء، مما يكوّن مناطق مؤقتة ذات شحنات موجبة وسالبة.

عندما تقترب الجزيئات بعضها من بعض. تؤدي قوى الجذب بين المناطق السالبة والموجبة الشحنة هذه إلى سحب الجزيئات وربطها معًا. وتُسمّى قوى الجذب هذه بين الجزيئات باسم **قوى فاندرفال**، تيمنًا بعالم الفيزياء الهولندي يوهانس فاندرفال، الذي كان أول مَن وصف هذه الظاهرة. تعتمد قوة الجذب على حجم الجزيء، شكله وقدرته على جذب الإلكترونات. وعلى الرغم من أن قوى فاندرفال ليست بقوة الروابط التساهمية والأيونية، إلا أنها تلعب دورًا مهمًا في العمليات الحيوية.

أوضح العلماء أن أبو بريص يمكنه تسلق الأسطح الناعمة بسبب قوى فاندرفال بين ذرات التراكيب التي تشبه الشعر في أصابع قدمه، والذرات على الأسطح التي يتسلقها كما هو مبيّن في **الشكل 12**.

قوى فاندرفال في الماء فكّر كيف تعمل قوى فاندرفال في مادة شائعة كالماء. تنجذب المناطق ذات الشحنات الموجبة والسالبة المنخفضة حول جزيء الماء إلى الشحنة المضادة على جزيئات الماء الأخرى القريبة. وتعمل هذه القوى على ربط جزيئات الماء معًا. من دون قوى فاندرفال، لن تكوّن جزيئات الماء قطرات ولن تكوّن القطرات سطح ماء، ومن المهم إدراك أن قوى فاندرفال هي قوى الجذب بين جزيئات الماء وليست القوى بين الذرات التي يتكوّن منها الماء.



صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: × 240

■ **الشكل 12** لدى أبو بريص ملايين الشعرات المجهرية في أسفل القدم ويكون طولها ضعف عرض شعرة من شعر الإنسان. وينقسم كلّ منها إلى 1000 حشوة أصغر.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- العناصر هي مواد نقية مكوّنة من نوع واحد فقط من الذرات.
- إنّ النظائر هي أشكال للعنصر نفسه لها عدد نيوترونات مختلف.
- إنّ المركّبات هي مواد لها خصائص فريدة تتكوّن عند اتحاد العناصر.
- يمكن للعناصر أن تكوّن روابط تساهمية وأيونية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **أنشىء رسمًا** يحتوي الصوديوم على 11 بروتونًا و 11 نيوترونًا في نواته. ارسم ذرة صوديوم، ولا تنسَ تسمية الجسيمات.
2. **علّل** ما إذا كان اول أكسيد الكربون (CO) ذرة.
3. **اشرح** هل كلّ المركّبات جزيئات؟ أجب مع التعليل.
4. **قارن** بين قوى فاندرفال والروابط الأيونية والروابط التساهمية.

التفكير الناقد

5. **اشرح** طريقة تأثير عدد الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة في تكوّن الرابطة.

الرياضيات في علم الأحياء

6. يحتوي البريليوم على أربعة بروتونات في نواته. كم عدد النيوترونات في البريليوم-9؟ اشرح طريقة حساب إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

التفاعلات الكيميائية

الأسئلة الرئيسة

- ما أجزاء التفاعل الكيميائي؟
- كيف ترتبط تغيرات الطاقة بالتفاعلات الكيميائية؟
- ما أهمية الإنزيمات في الكائنات الحية؟

مفردات للمراجعة

العملية process: سلسلة من الخطوات أو الإجراءات تعطي ناتجًا نهائيًا

مفردات جديدة

chemical reaction	التفاعل الكيميائي
reactant	المتفاعل
product	الناتج
activation energy	طاقة التنشيط
catalyst	الحفّاز
enzyme	الإنزيم
substrate	المادة المتفاعلة مع الإنزيم
active site	الموقع النشط

الفكرة الرئيسة **تسمح التفاعلات الكيميائية للكائنات الحية بالنمو والتطور والتكاثر والتكيف.**

الربط بالحياة اليومية عندما تتمدد في المساء، قد تظن أن جسمك في حالة استرخاء كامل. لكنه في الحقيقة ما زال يهضم الطعام الذي تناولته طوال اليوم ويشفي الجرح الذي كان في مرفقك وينمّي العضلات والعظام. فكلّ الأشياء التي تحدث داخل جسمك هي نتيجة لتفاعلات كيميائية.

المتفاعلات والنواتج

تكون السيارة الجديدة المطلية بالكروم اللامع وذات المظهر النظيف جذابة للعديد من السائقين. لكن مع مرور الوقت، قد تصدأ هذه السيارة وتفقد بريقها. والصدأ هو نتيجة تغير كيميائي يُسمّى تفاعلًا كيميائيًا و**التفاعل الكيميائي** هو عملية تتّخذ خلالها الذرات أو مجموعات الذرات الموجودة في المواد ترتيبًا جديدًا يتسبب في تحوّل هذه المواد إلى مواد مختلفة. تتكسّر الروابط الكيميائية وتتكوّن خلال التفاعلات الكيميائية. فالصدأ الذي يغطي السلسلة في **الشكل 13** هو مركّب يُسمّى أكسيد الحديد (Fe_2O_3) تكوّن عندما تفاعل الأكسجين (O_2) الموجود في الهواء مع الحديد (Fe).

من المهم معرفة أنّ المواد قد تطرأ عليها تغيّرات لا تنطوي على تفاعلات كيميائية. على سبيل المثال، فكّر في الماء الظاهر في **الشكل 13**، حيث يمر الماء بتغير فيزيائي. يؤدي التغير الفيزيائي إلى تغيّر في شكل المادة وليس في تركيبها. فالماء يظل ماءً قبل التغير وبعده.

كيف تعرف بحدوث تفاعل كيميائي؟ على الرغم من أنّك قد لا تكون على دراية بكلّ التفاعلات التي تحدث داخل جسمك، إلا أنك تعلم أنّ سطح السلسلة في **الشكل 13** قد تغيّر. فالجسم الذي كان فضيًا ولامعًا أصبح الآن باهتًا وبُنيًا مائلًا إلى البرتقالي. ومن الأدلة الأخرى على حدوث تفاعل كيميائي إنتاج حرارة أو ضوء وتكوّن غاز جديد أو سائل جديد أو مادة صلبة جديدة.

■ **الشكل 13** بعد التغير الناتج عن التفاعل الكيميائي، مثل الصدأ، تتكوّن مادة جديدة. وأثناء التغير الفيزيائي، مثل انصهار الثلج أو غليان الماء، لا يتغير التركيب الكيميائي للماء.

تغيُّر كيميائي

تغيُّر فيزيائي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المعادلات الكيميائية عند كتابة العلماء للتفاعلات الكيميائية، يعبرون عن كل مكوّن من مكوّنات التفاعل في معادلة كيميائية. ففي المعادلات الكيميائية المكتوبة، تصف الصيغ الكيميائية المواد المتفاعلة مع أسهم تشير إلى عملية التغير.

المتفاعلات والمنتجات تظهر المعادلة الكيميائية **المتفاعلات**، أي المواد الكيميائية التي يبدأ التفاعل بها، على يسار السهم. وتظهر **النواتج**، أي المواد الكيميائية المتكوّنة أثناء التفاعل، على يمين السهم. وعند قراءة المعادلة نقول عوضًا عن السهم: "يعطي" أو "يتفاعل ليكوّن".

المتفاعلات ← (يتفاعل ليكوّن) النواتج

يمكن كتابة المعادلة الكيميائية التالية لوصف التفاعل الذي يوفر الطاقة للاعبي الكرة الطائرة في **الشكل 14**.

المتفاعلات	النواتج
$C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$	

يتفاعل الجلوكوز مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء.

المعادلات المتوازنة في التفاعلات الكيميائية، لا يمكن استحداث مادة أو إفناؤها. يُطلَق على هذا المبدأ اسم قانون حفظ الكتلة. لذا يجب أن تُظهر جميع المعادلات الكيميائية هذا التوازن في الكتلة، ما يعني أنّ عدد ذرات كل عنصر في المتفاعلات يجب أن يكون مساويًا لعدد ذرات العنصر نفسه في النواتج. وتُستخدَم المعاملات لضمان تساوي عدد الذرات لكل عنصر في الطرفين.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

لكل عنصر، اضرب المعامل في الرمز السفلي. ترى في هذا المثال أنّه يوجد ست ذرات كربون واثنتي عشرة ذرة هيدروجين وثماني عشرة ذرة أكسجين على كل من طرفي السهم. وتؤكد المعادلة تساوي عدد الذرات في كل من الطرفين وبالتالي تكون المعادلة موزونة.

التأكد من فهم النص **اشرح** لماذا يجب أن تكون المعادلات الكيميائية متوازنة.

■ **الشكل 14** تتضمن العملية التي تمد جسمك بالطاقة تفاعل الجلوكوز مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء.

المفردات

مفردات أكاديمية

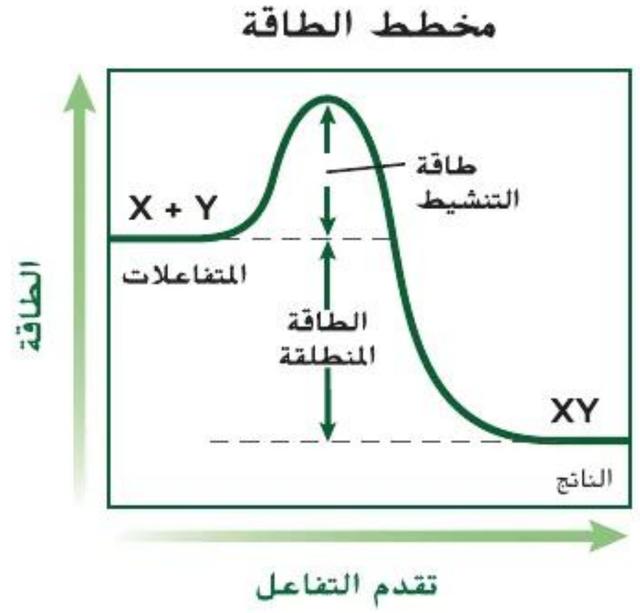
المُعامل coefficient

هو العدد الذي يكتب أمام المتفاعلات أو النواتج في المعادلة الكيميائية 6 في $6Fe_2O_3$ هو مُعامل.

طاقة التفاعلات

الربط بالفيزياء يتكوّن كعك السكر من دقيق وسكر ومكونات أخرى تُخلط معًا، لكنّها لا تتحول إلى كعك إلى أن تُخبز. شيء ما يجب أن يُطلِق هذا التحول من عجين إلى كعك. إن مفتاح بدء التفاعل الكيميائي هو الطاقة. التفاعلات الكيميائية التي تحول العجين إلى كعك مصدرها الطاقة الحرارية. وبالمثل، فإن معظم المركّبات الموجودة في الكائنات الحية لا يمكنها أن تتحول بواسطة التفاعلات الكيميائية من دون مصدر للطاقة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

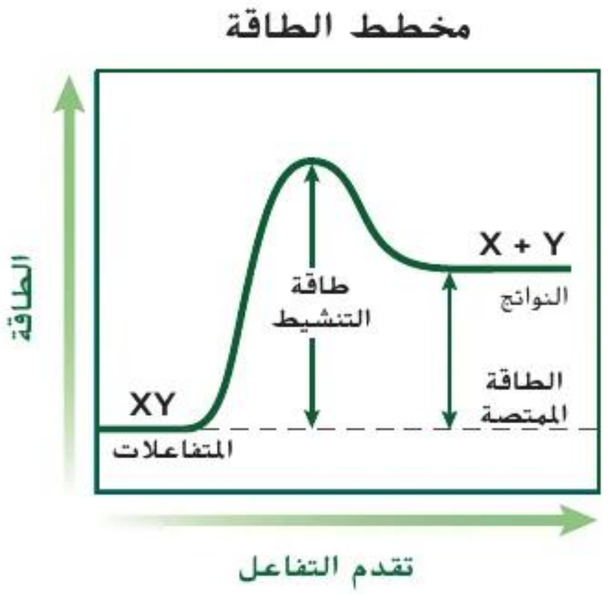


■ **الشكل 15** يوفر لهب عود الثقاب طاقة التنشيط. وهي مقدار الطاقة اللازم لبدء التفاعل. ويطلق التفاعل طاقة حرارية وضوئية.

طاقة التنشيط يُطلق هذا التعريف على الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لكي تكوّن المتفاعلات نواتج في تفاعل كيميائي اسم **طاقة التنشيط**. على سبيل المثال، أنت تعلم أن الشمعة لن تحترق حتى تُشعل فتيلها، أي إن اللهب يوفر طاقة التنشيط لتفاعل المواد الكيميائية في فتيل الشمعة مع الأكسجين. في هذه الحالة، بمجرد بدء التفاعل، لا يعود بحاجة إلى المزيد من الطاقة وتستمر الشمعة في الاحتراق من تلقاء نفسها. يبيّن التمثيل البياني في **الشكل 15** أنّ طاقة التنشيط أساسية لبدء التفاعل لكي تكوّن المتفاعلات X و Y الناتج XY، يلزم وجود طاقة لبدء التفاعل. وتُمثل قمة التمثيل البياني مقدار الطاقة الذي يجب إضافته إلى النظام لكي لإطلاق التفاعل. تجدر الإشارة إلى أنّ بعض التفاعلات نادرًا ما تحدث لأنها تحتاج إلى مقدار كبير للغاية من طاقة التنشيط.

تغير الطاقة في التفاعلات الكيميائية قارن بين كيفية تغير الطاقة أثناء التفاعل المبيّن في التمثيل البياني في **الشكل 15** والتفاعل المبيّن في التمثيل البياني في **الشكل 16**. يحتاج التفاعلان إلى طاقة تنشيط كي ينطلقا. لكن في التفاعل المبيّن في **الشكل 15**، يكون للناتج طاقة أقل مما للمتفاعلات. فهو تفاعل طارد للحرارة، أي يطلق الطاقة على شكل طاقة حرارية. في حين أن التفاعل المبيّن في التمثيل البياني في **الشكل 16** هو ماص للحرارة، أي يحدث فيه امتصاص لطاقة حرارية، ويكون للناتج طاقة أكبر مما للمتفاعلات. في كل تفاعل كيميائي، يحدث تغيّر في الطاقة نتيجة تكوّن الروابط الكيميائية أو تكسّرها أثناء تكوين المتفاعلات من النواتج. تحاول التفاعلات الطاردة للحرارة الحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية عند حوالي 37°C.

■ **الشكل 16** في التفاعل الماص للحرارة، تكون طاقة النواتج أكبر من طاقة المتفاعلات.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

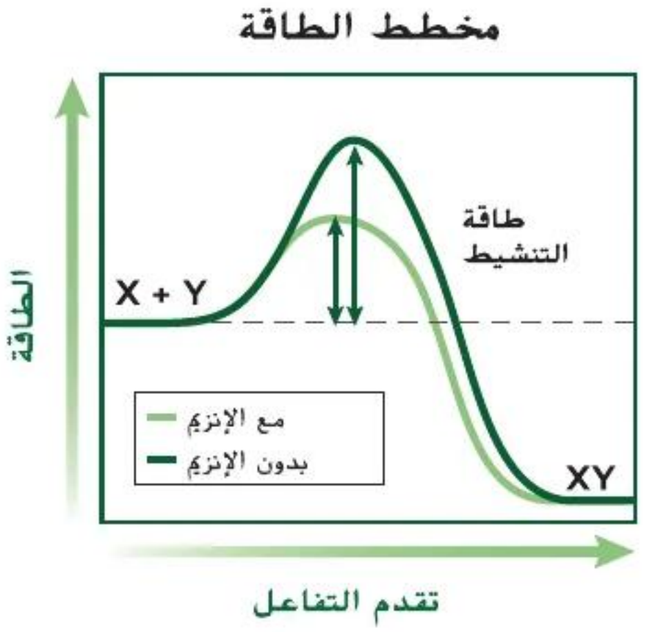
الإنزيمات

إن الكائنات الحية تُعتَبَر مصانع كيميائية تحرّكها تفاعلات كيميائية. لكن حدوث هذه التفاعلات الكيميائية يكون بطيئًا للغاية عند تنفيذها في المختبر لأن مقدار طاقة التنشيط اللازم لها يكون كبيرًا. لكي تكون هذه التفاعلات الكيميائية مفيدة للكائنات الحية، يلزم وجود مواد إضافية أخرى في مكان حدوثها لتقلل من مقدار طاقة التنشيط اللازمة ولتسمح بتقدم التفاعل بسرعة.

الحفّاز مادة تقلل من مقدار طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي. وعلى الرغم من أهمية الحفّاز في تسريع التفاعل الكيميائي، إلا أنه لا يعمل على زيادة مقدار الناتج، ولا يُستهلَك في التفاعل. ويستخدم العلماء أنواعًا كثيرة من الحفّازات لكي تحدث التفاعلات بشكل أسرع آلاف المرات مما لو حدثت من دونها.

تُعدّ بروتينات خاصة تُسمّى **الإنزيمات** حفّازات حيوية تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية. فالإنزيمات ضرورية للحياة. قارن بين تقدم التفاعل المبيّن في التمثيل البياني في **الشكل 17** لمعرفة تأثير الإنزيم في التفاعل الكيميائي. والإنزيم كأي حفّاز لا يُستهلك في التفاعل الكيميائي ويمكن استخدامه مرة أخرى بعد مساهمته في أي تفاعل كيميائي.

إن اسم الإنزيم يصف ما يقوم به. على سبيل المثال، الأميليز إنزيم مهم موجود في اللعاب. إن هضم الطعام يبدأ في الفم عندما يعمل الأميليز على تسريع تحليل الأميلوز، أحد مكوّنات النشا. وكما هو حال الأميليز، فإن معظم الإنزيمات يختص كل منها بتفاعل واحد.



■ **الشكل 17** عندما يعمل الإنزيم حفازًا حيويًا، يحدث التفاعل بسرعة بحيث تستفيد منه الخلايا. **قارن بين طاقة تنشيط التفاعل بدون وجود الإنزيم وطاقة تنشطيه مع وجود الإنزيم.**

تجربة مصغرة 2

دراسة الاسمرار الإنزيمي

ما العوامل التي تؤثر في الاسمرار الإنزيمي؟ عند تقطيع التفاح، يتعرض نسيجه اللين للأكسجين مما يؤدي إلى حدوث تفاعل كيميائي يُسمّى الأكسدة. وتؤدي الإنزيمات الموجودة في التفاح إلى تسريع هذا التفاعل، مما ينتج عنه اسمرار الثمرة وتغير لونها. في هذه التجربة، ستتقصّى الطرائق المستخدَمة لإبطاء الاسمرار الإنزيمي.

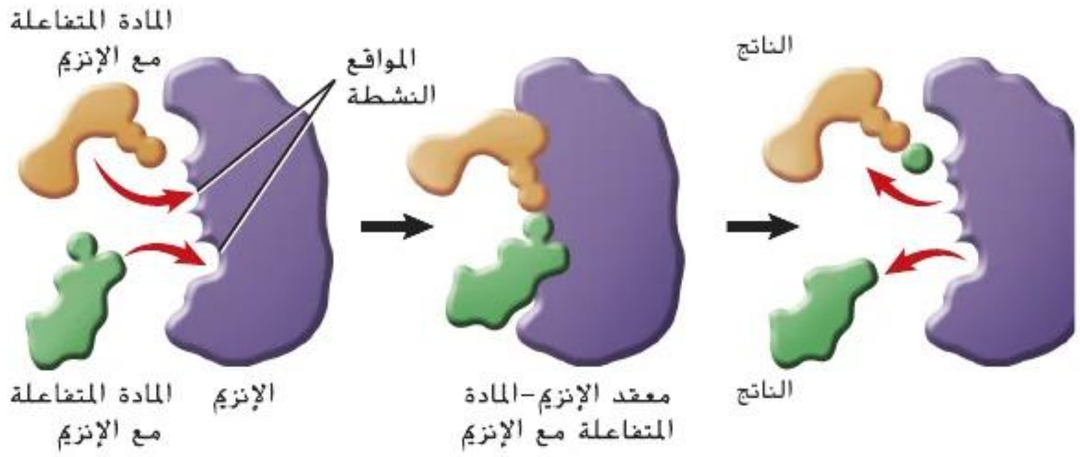
الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. توقَّع المقدار النسبي لتغير لون كل قطعة تفاح مما يلي عند تعرضها للهواء. برّر توقعاتك.
   العينة 1: قطعة تفاح غير معالجة
   العينة 2: قطعة تفاح غُمرت في مياه مغلية
   العينة 3: قطعة تفاح غُمرت في عصير ليمون
   العينة 4: قطعة تفاح غُمرت في محلول سكري
3. جهّز 75 mL من كل مما يلي: **مياه مغلية وعصير ليمون ومحلول سكري** في ثلاثة **إناءات سعتها 250 mL**.
4. قطّع **تفاحة** إلى أربع قطع. استخدم **الملقط** فورًا لغمر كل قطعة في سائل مختلف. ضع إحدى القطع جانبًا.
5. اغمر القطع لمدة ثلاث دقائق ثم ضعها على **منشفة ورقية** بحيث تكون القشرة في الأسفل. راقبها لمدة 10 دقائق ثم سجّل المقدار النسبي لتغير لون كل قطعة تفاح.

التحليل

1. **حلل** طريقة تأثير كل معالجة في التفاعل الكيميائي الذي حدث في النسيج اللين لثمرة الفاكهة. لمَ كانت بعض المعالجات ناجحة؟
2. **فكّر بشكل ناقد** في العوامل التي قد يراعيها صاحب مطعم يريد تقديم فاكهة مقطعة حديثًا عند اختيار الوصفة وطريقة التحضير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 18** تتفاعل المادة المتفاعلة مع الأنزيم في مواقع محددة تُسمّى المواقع النشطة. لا يرتبط بالموقع النشط في الإنزيم إلا مادة ذات شكل محدد.

اتبع **الشكل 18** لمعرفة طريقة عمل الإنزيم. إن المتفاعلات التي ترتبط بالإنزيم تُسمّى **المواد المتفاعلة مع الإنزيم**. أما الموقع المحدد الذي ترتبط فيه المادة المتفاعلة مع الإنزيم فيُسمّى **الموقع النشط**. لشكل كل من الموقع النشط والمادة المتفاعلة مع الإنزيم شكلين متكاملين يتيحان لهما التفاعل بطريقة دقيقة شبيهة بطريقة الجمع بين قطع الأحاجي. وكما هو مبيّن في **الشكل 18**، يرتبط الإنزيم بالمادة المتفاعلة التي لها نفس حجم الموقع النشط وشكله.

ما إن ترتبط المادة المتفاعلة بالموقع النشط، يتغير شكل الموقع النشط ويكوّن معقد الإنزيم-المادة المتفاعلة مع الإنزيم. هذا المعقّد يساعد في تكسير الروابط الكيميائية في المتفاعلات وتكوين روابط جديدة، فيمكن القول إن المواد المتفاعلة مع الإنزيم تتفاعل لتكوين النواتج. ثم يُطلق الإنزيم تلك النواتج.

بعض العوامل مثل الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة والمواد الأخرى تؤثر في نشاط الإنزيم. فعلى سبيل المثال، تكون معظم الإنزيمات الموجودة في خلايا الإنسان في أقصى نشاط لها عند درجة حرارة مثالية قريبة من 37°C، لكن الإنزيمات في كائنات حية أخرى مثل البكتيريا تكون نشطة عند درجات حرارة أخرى.

تؤثر الإنزيمات في الكثير من العمليات الحيوية. فعندما تلدغ أفعى سامة إنسانًا، تحلل الإنزيمات الموجودة في السم أنسجة خلايا الدم الحمراء لدى الإنسان. كما إن التفاح الأخضر الصلب ينضج نتيجة نشاط الإنزيمات، ويوفر كل من عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي الطاقة للخلية بمساعدة الإنزيمات. وتمامًا كما النحلة العاملة مهمة في بقاء خلية النحل، فإن الإنزيم هي العامل الكيميائي في الخلايا.

المطويات®

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- في المعادلات الكيميائية الموزونة، يجب أن يكون عدد ذرات كل من العناصر متساويًا في كلا الطرفين.
- إن طاقة التنشيط الطاقة هي اللازمة لبدء أي تفاعل.
- إنّ الحفّازات هي مواد تغيّر التفاعلات الكيميائية.
- إنّ الإنزيمات هي حفّازات حيوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** أجزاء هذا التفاعل الكيميائي: $A+B \rightarrow AB$.
2. **ارسم تمثيلًا** لتغيرات الطاقة التي يمكن أن تحدث في تفاعل كيميائي.
3. **اشرح** سبب ضرورة التساوي بين عدد ذرات المتفاعلات وعدد ذرات النواتج.
4. **صِف** أهمية الإنزيمات للكائنات الحية.

التفكير الناقد

الرياضيات في علم الأحياء

5. بالنسبة إلى التفاعل الكيميائي التالي، اذكر أسماء المتفاعلات والنواتج ثم زِن المعادلة الكيميائية. $____H_2O_2 \rightarrow ____H_2O + ____O_2$

الكتابة في علم الأحياء

6. ارسم تمثيلًا لعربة أفعوانية واكتب فقرة تظهر الرابط بين ركوبها وطاقة التنشيط والتفاعل الكيميائي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

الأسئلة الرئيسة

- كيف يجعل تركيب الماء منها مذيبًا جيدًا؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين المحاليل والمعلقات؟
- ما أوجه الاختلاف بين الأحماض والقواعد؟

مفردات للمراجعة

الخاصية الفيزيائية physical property: سمة في المادة مثل اللون أو درجة الذوبان يمكن ملاحظتها أو قياسها من دون اي تغيير في تركيب المادة

مفردات جديدة

polar molecule	الجزيء القطبي
hydrogen bond	الرابطة الهيدروجينية
mixture	الخليط
solution	المحلول
solvent	المذيب
solute	المذاب
acid	الحمض
base	القاعدة
pH	الرقم الهيدروجيني
buffer	المنظِم

الماء والمحاليل

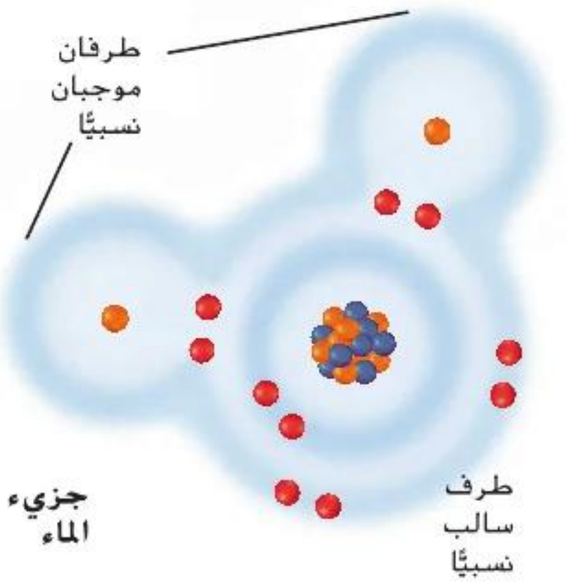
الفكرة الرئيسة **إنّ خصائص الماء تجعله مناسبًا تمامًا للحفاظ على الاتزان الداخلي في الكائن الحي.**

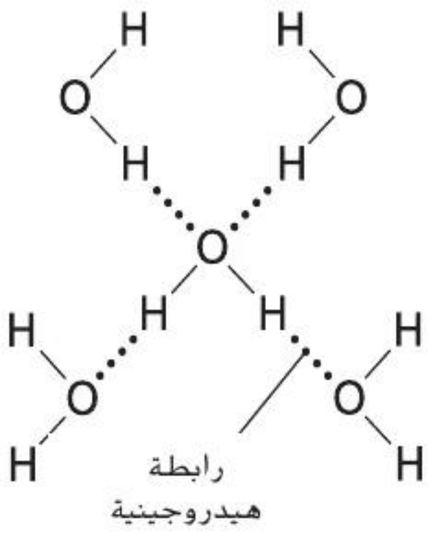
الربط بالحياة اليومية الأزرق هو اللون الأساسي الذي يكسو الكرة الأرضية، ويعود سبب ذلك إلى أنّ المياه تغطي حوالي 70% من سطح الأرض. لنفترض الآن أننا قمنا بتكبير خلية من كائن حي على سطح الأرض، سنرى أن نسبة المياه تساوي حوالي 70% من كتلة الخلية. لهذا يعدّ الماء أحد أهم الجزيئات لاستمرار الحياة.

قطبية الماء

تبيّن لك سابقًا في هذه الوحدة أن جزيئات الماء تتكون بواسطة روابط تساهمية تربط ذرتَي هيدروجين (H) بذرة أكسجين (O). ونظرًا إلى أنّ الإلكترونات أكثر إنجذابًا إلى نواة ذرة الأكسجين، فإنها لا تنقسم بالتساوي في الرابطة التساهمية. وفي الماء، تبقى الإلكترونات بالقرب من نواة ذرة الأكسجين مدة أطول من بقائها بالقرب من نواة كل من ذرّتَي الهيدروجين. يبيّن **الشكل 19** التوزيع غير المتساوي للإلكترونات في جزيء الماء. ويؤدي هذا، إلى جانب الشكل المنحني لجزيئات الماء، إلى أن تكون شحنة طرف الأكسجين في الجزيء سالبة نسبيًا وشحنة طرف الهيدروجين في الجزيء موجبة نسبيًا. فتُسمى الجزيئات التي تتوزّع فيها الشحنات بشكل غير متساوٍ **جزيئات قطبية**، ما يعني أنّ فيها مناطق ذات شحنات متعاكسة.

إنّ القطبية هي خاصية وجود قطبين أو طرفين متعاكسين. فالمغناطيس لديه قطبية، إذ له قطب شمالي وآخر جنوبي ينجبذبان عند تقريبهما من بعضهما البعض. عند تقريب الطرفين بعضهما من بعض فإنهما ينجذبان. بالمثل، عندما تقترب منطقة مشحونة في جزيء قطبي من منطقة ذات شحنة معاكسة في جزيء قطبي آخر، يحدث تجاذب كهروسكوني ضعيف. يُسمى التجاذب الكهروسكوني في الماء **رابطة هيدروجينية** وهي عبارة عن تفاعل ضعيف بين ذرة هيدروجين من جهة وذرة فلور أو أكسجين أو نيتروجين من جهة ثانية. وتعتبر الرابطة الهيدروجينية نوعًا قويًا من قوى فاندرفال. ويبيّن **الشكل 20** القطبية وغيرها من الخصائص الفريدة للماء التي تجعله مهمًا للكائنات الحية.





الشكل 19 تتكوّن الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات نظرًا للشكل المنحني لجزيئات الماء وعدم توزيع الإلكترونات بالتساوي بين الهيدروجين والأكسجين. وبسبب التجاذب بين الذرات التي تكوّن الماء، يحمل سطح الماء حشرة متزلج المياه (water strider).

متزلج الماء

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

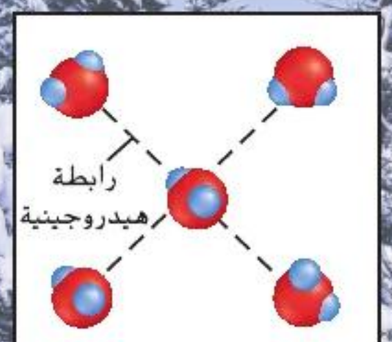
تصوُّر خصائص الماء

الشكل 20
الماء ضروري للحياة على كوكب الأرض. فخصائصه تجعله قادرًا على توفير بيئات مناسبة للحياة ومساعدة الكائنات الحيّة في الحفاظ على اتزانها الداخلي. يستطيع الإنسان العيش من دون طعام لفترة طويلة لكنّه لا يستطيع البقاء من دون ماء سوى بضعة أيام.

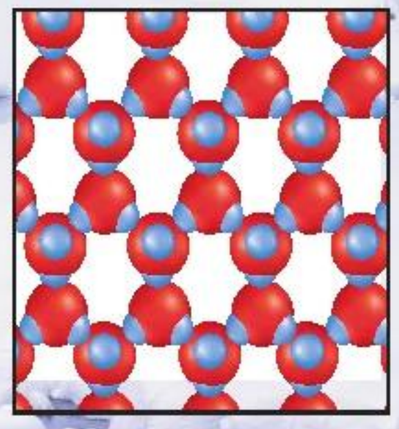
جزيء الماء

- يتكون جزيء الماء من ذرة أكسجين وذرتَي هيدروجين.
- جزيء الماء قطبي. وشكله المنحني يجعل ذرتَي الهيدروجين تحملان شحنة موجبة نسبيًا وذرة الأكسجين تحمل شحنة سالبة نسبيًا. نتيجة لذلك، يكوّن الماء روابط هيدروجينية.
- يسمى الماء المذيب العالمي لأن العديد من المواد تذوب فيه.

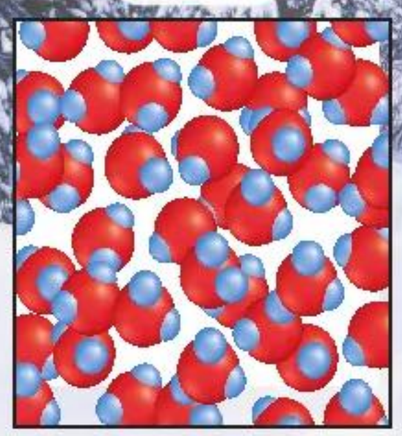
تكوين الرابطة الهيدروجينية



صلب



سائل



يصبح الماء السائل أكثر كثافة عندما تصل برودته إلى 4°C. لكن الجليد أقل كثافة من الماء السائل. نتيجة لذلك، تمتزج المواد المغذية الموجودة في المسطحات المائية بسبب التغيرات في كثافة الماء خلال فصلي الربيع والخريف. فضلًا عن ذلك، يمكن للأسماك ان تبقى حيّة في الشتاء لأن الجليد يطفو وبالتالي تستطيع العيش وأداء وظائفها في المياه الراكدة تحت الجليد.

الماء مادة لاصقة – فهي تكوّن روابط هيدروجينية مع جزئيات الأسطح الأخرى. ويعرف ذلك بالخاصية الشعرية. ينتقل الماء في جذع النبات، وتنمو البذور والبراعم بفعل الخاصية الشعرية هذه.

الماء مادة متماسكة – تنجذب الجزئيات بعضها إلى بعض بسبب الروابط الهيدروجينية. ويسبّب هذا التجاذب توتراً سطحياً يجعل الماء يتشكل في قطرات صغيرة ويسمح للحشرات والأوراق بأن تطفو فوق مسطح مائي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المخاليط مع الماء

قد تكون على دراية بمنتجات المشروبات المسحوقة التي تذوب في المياه للحصول على مشروبات ذات نكهة. فعندما تضيف مادة مسحوقة إلى الماء، لا تتفاعل هذه المادة مع الماء لتكوين ناتج جديد. لكنك تقوم بإعداد خليط. **الخليط** مزيج يتكون من مادتين أو أكثر حيث تحتفظ كل مادة بخصائصها وميزاتها الفردية.

المخاليط المتجانسة عندما يكون للخليط تركيب متماثل فإنه يُسمى خليطًا متجانسًا. و**المحلول** هو اسم آخر للخليط المتجانس. على سبيل المثال، في محلول مزيج المشروب المسحوق المبيَّن في **الشكل 21**، يوجد مزيج المشروب أعلى الكوب وفي وسطه وفي أسفله. يحتفظ الماء بخصائصه ويحتفظ خليط المشروب بخصائصه.

يتألف المحلول من مكونين: المذيب والمذاب. **المذيب** هو المادة التي تذوب فيها مادة أخرى، و**المذاب** هو المادة التي تذوب في المذيب. وفي حالة خليط المشروب، الماء هو المذيب والمادة المسحوقة هي المذاب. يُعدّ خليط الملح والماء مثالًا آخر على محلول لأن المذاب (الملح) يذوب تمامًا في المذيب (الماء). يعمل اللعاب على ترطيب الفم ويبدأ هضم جزء من الطعام. إنه عبارة عن محلول يحتوي على ماء وبروتينات وأملاح. كذلك الأمر بالنسبة للهواء الذي تتنفسه، فهو أيضاً محلول يتكون من غازات.

المخاليط غير المتجانسة تذكّر آخر مرة تناولت فيها سلطة. قد تكون احتوت السلطة على الخس وخضروات أخرى وقطع الخبز المحمص وبعض التوابل. هذه السلطة تمثل خليطًا غير متجانس. ففي هذا النوع من الخليط، تظل المكوّنات متمايزة، بمعنى أنه يمكنك تمييز كل مكوّن منها على حدة. قارن بين خليط الرمل والماء وبين محلول الملح والماء المجاور له في **الشكل 22**. يكوّن الرمل والماء أحد أنواع الخليط غير المتجانس الذي يُسمى المعلق. بمرور الوقت، تترسب الجسيمات في أسفل المعلق.

المادة الغروانية هي خليط غير متجانس لا تترسب فيه الجسيمات على غرار ترسب حبيبات الرمل في الماء. قد تكون على دراية بالعديد من المواد الغروانية، مثل الضباب والدخان والزبدة والمايونيز واللبن والدهان والحبر. كما إن الدم مادة غروانية تتكون من البلازما والخلايا وغيرها من المواد.

التأكد من فهم النص **ميِّز** بين المحاليل والمعلقات.

■ **الشكل 21** يمثل مزيج المشروب خليطًا متجانسًا في الماء، إذ تذوب جسيمات المذاب (مزيج المشروب) وتنتشر في المذاب (الماء) بأكمله.

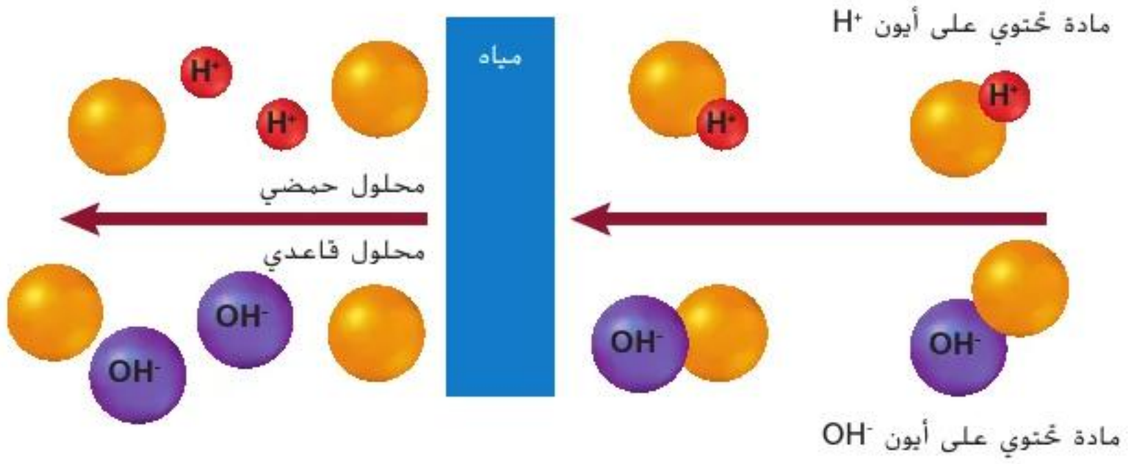
المفردات

مفردات أكاديمية

يعلق suspend
حماية من السقوط أو الغرق
مثال: يتعلق العنكبوت بشبكته بواسطة خيط رفيع.

■ **الشكل 22**
اليمين: يكوّن الرمل والماء (A) خليطًا غير متجانس؛ ويمكنك رؤية السائل والمادة الصلبة. أما خليط الملح والماء المتجانس (B) فهو عبارة عن سائل ولا يمكنك رؤية الملح.
اليسار: الدم عبارة عن خليط غير متجانس يُسمى مادة غروانية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 23** المواد التي تطلق أيون الهيدروجين الموجب H^+ في الماء هي الأحماض. والمواد التي تطلق أيونَي الهيدروكسيد السالب OH^- في الماء هي القواعد.

الأحماض والقواعد إن الكثير من المذابات تذوب في الماء بسهولة بسبب قطبيته. وهذا يعني أن الكائن الحي الذي تقارب نسبة الماء فيه الـ 70٪ يمكن أن ينطوي على مجموعة متنوعة من المحاليل. عندما تذوب مادة تحتوي على الهيدروجين في الماء، فقد تطلق أيون الهيدروجين الموجب (H^+) بسبب انجذابها إلى ذرات الأكسجين سالبة الشحنة الموجودة في الماء، كما هو مبيَّن في **الشكل 23**. وتُسمى المواد التي تطلق أيونات الهيدروجين الموجبة عندما تذوب في الماء بـ **الأحماض**، وكلما ازداد عدد أيونات الهيدروجين الموجبة التي تطلقها المادة، ارتفعت حموضة المحلول.

بالمثل، تُسمى المواد التي تطلق أيونات الهيدروكسيد السالب (OH^-) عندما تذوب في الماء بـ **القواعد**. فهيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$) مركّب قاعدي شائع يتكسّر في الماء مُطلقًا أيونات الصوديوم الموجب (Na^+) وأيونات الهيدروكسيد السالب (OH^-). كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد السالب التي تطلقها المادة، ارتفعت قاعدية المحلول.

إنّ الأحماض والقواعد مواد أساسية في علم الأحياء. فالكثير من الأغذية والمشروبات التي نتناولها حمضية، كما إنّ المواد التي تهضم الطعام في المعدة هي مرتفعة الحموضة وتُسمى العصارات المعدية.

مساحة لتحليل البيانات 1

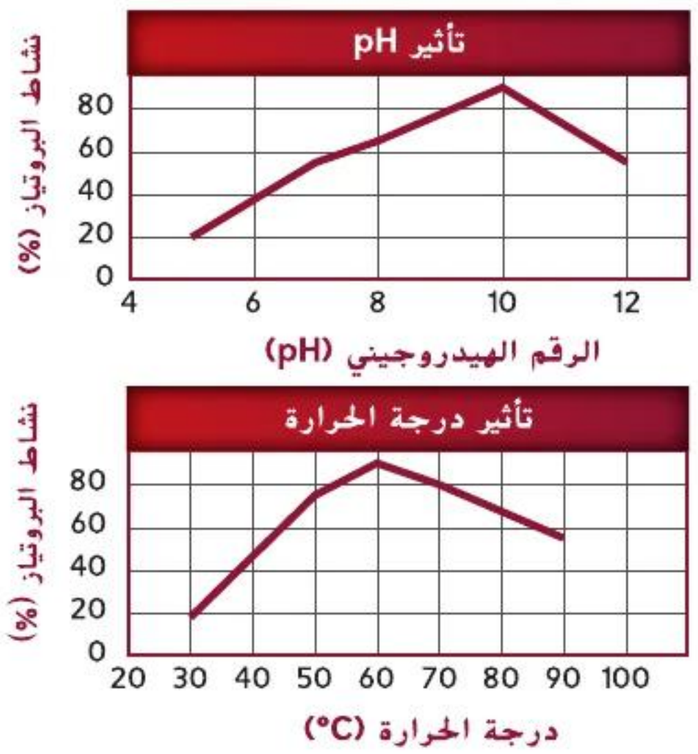
استنادًا إلى دراسات*

إدراك السبب والنتيجة

كيف يؤثر الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة في نشاط إنزيم البروتييز (protease)؟ البروتيازات هي إنزيمات تعمل على تكسير البروتين. وغالبًا ما تُستخدم البروتيازات البكتيرية في المنظفات للمساعدة في إزالة البقع عن الملابس مثل بقع البيض والعشب والدم والعرق.

البيانات والملاحظات

تمت دراسة بروتياز مأخوذ من سلالة من البكتيريا معزولة حديثًا في نطاق من قيم الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجات الحرارة.

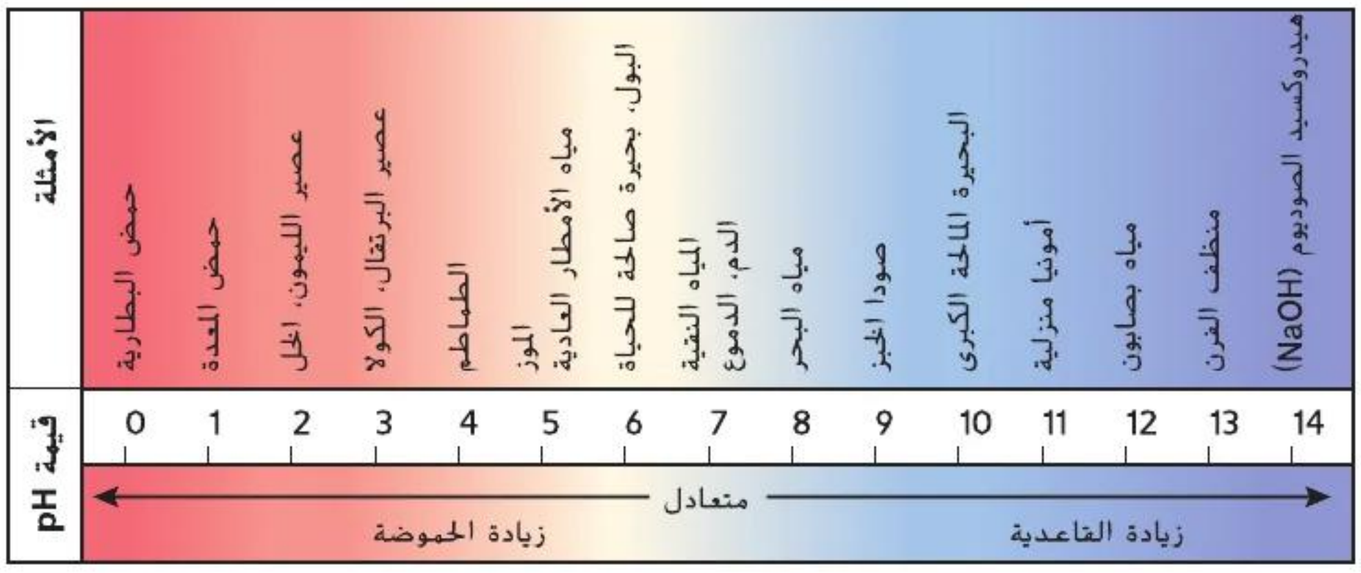


*أُخذت البيانات من: Adinarayana, et al. 2003. Purification and partial characterization of thermostable serine alkaline protease from a newly isolated *Bacillus subtilis* PE-11. *AAPS PharmSciTech 4: article 56*.

التفكير الناقد

1. **حدِّد** نطاق قيم الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجات الحرارة المستخدمة في التجربة.
2. **لخِّص** نتائج كلًّا من الرسمين البيانيين.
3. **استدلّ** إذا كان منظف الملابس مركّبًا قاعديًّا ويحتاج إلى المياه الساخنة ليكون في أقصى درجات فاعليته، فهل سيكون هذا البروتياز مفيدًا؟ اشرح ذلك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 24** يُستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني (pH) للإشارة إلى القوة النسبية للأحماض والقواعد، أي كمية أيونات الهيدروجين الموجب (H^+) في المحلول.

الرقم الهيدروجيني (pH) والمنظِمات تحدّد كمية أيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد في المحلول قوة الحمض أو القاعدة. وقد ابتكر العلماء طريقة سهلة لقياس درجة حموضة أو قاعدية المحلول. يُسمى قياس تركيز الهيدروجين الموجب H^+ في المحلول **الرقم الهيدروجيني (pH)**. وكما هو مبيَّن في **الشكل 24**، فإن الماء النقي متعادل وتبلغ قيمة رقمه الهيدروجيني (pH) 7.0. أما المحاليل الحمضية فتحتوي على كمية كبيرة من أيونات الهيدروجين الموجب H^+ وقيم أرقامها الهيدروجينية (pH) أقل من 7. وتحتوي المحاليل القاعدية على كمية من أيونات الهيدروكسيد السالب OH^- أكبر من أيونات الهيدروجين الموجب H^+ وقيم أرقامها الهيدروجينية (pH) أكبر من 7.

الربط بالصحة تحدث معظم العمليات الحيوية التي تقوم بها الخلايا في نطاق للأس الهيدروجيني (pH) يتراوح بين 6.5 و7.5. وللحفاظ على الاتزان الداخلي، من الأهمية بمكان التحكم بمستويات الهيدروجين الموجب H^+. فإذا كنت تعاني من اضطراب في المعدة، يمكنك تناول مضاد للحموضة لتشعر بتحسن. ويعمل القرص المضاد للحموضة كمنظِم للمساعدة في معادلة حموضة المعدة. و**المنظِمات** عبارة عن مخاليط يمكن أن تتفاعل مع الأحماض أو القواعد للحفاظ على الرقم الهيدروجيني (pH) ضمن نطاق محدد. في الخلايا، تبقي المنظِمات على قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) في الخلايا ضمن نطاق يتراوح بين 6.5 و 7.5. الدم على سبيل المثال يحتوي على منظِمات تحافظ على قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) أقل من 7.4.

مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

فنّي حوض السباحة يجب أن تستوفي جميع المسطحات المائية الترفيهية، مثل حوض السباحة الترفيهي، والنادي الصحي التدريبي وحوض العلاج الطبي، متطلبات صارمة تتعلق بنوعية الماء. ويحرص فنّيو أحواض السباحة على استيفاء هذه المتطلبات من خلال مراقبة قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه ومستويات البكتيريا والطحالب ونقاء الماء.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- الماء جزيء قطبي.
- تُعتبر المحاليل مخاليط متجانسة تتكون عندما يذوب المذاب في المذيب.
- الأحماض هي مواد تُطلق أيونات الهيدروجين في المحاليل. والقواعد هي مواد تُطلق أيونات الهيدروكسيد في المحاليل.
- يُعدّ الرقم الهيدروجيني (pH) مقياسًا لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **صِف** إحدى الطرق التي يساعد بها الماء في الحفاظ على الاتزان الداخلي في الكائن الحي.
2. **اربط** تركيب الماء بقدرته على العمل كمذيب.
3. **ارسم** مقياسًا للرقم الهيدروجيني (pH) وقم بتسمية المياه (H_2O) وحمض الهيدروكلوريك (HCl) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) في المواقع العامة الخاصة بها على المقياس.
4. **قارن وقابل** بين المحاليل والمعلقات. اذكر مثالًا على كل منهما.

التفكير الناقد

5. **اشرح لماذا** تُصنَّف صودا الخبز ($NaHCO_3$) على أنّها مركّب قاعدي. صِف تأثير صودا الخبز في تركيز أيون H^+ في محتويات المعدة التي تبلغ قيمة رقمها الهيدروجيني (pH) 4.
6. **توقَّع** إذا أضفت حمض الهيدروكلوريك (HCl) إلى الماء، فماذا سيكون تأثير ذلك في تركيز أيون H^+؟ وفي الرقم الهيدروجيني (pH)؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4

العناصر الأساسية اللازمة للحياة

الأسئلة الرئيسة

- ما دور الكربون في الكائنات الحية؟
- ما الفئات الأربع الرئيسة للجزيئات الضخمة الحيوية؟
- ما وظائف كل مجموعة من مجموعات الجزيئات الضخمة الحيوية؟

مفردات للمراجعة

المركب العضوي organic compound: مادة أساسها الكربون ضرورية للمادة الحية

مفردات جديدة

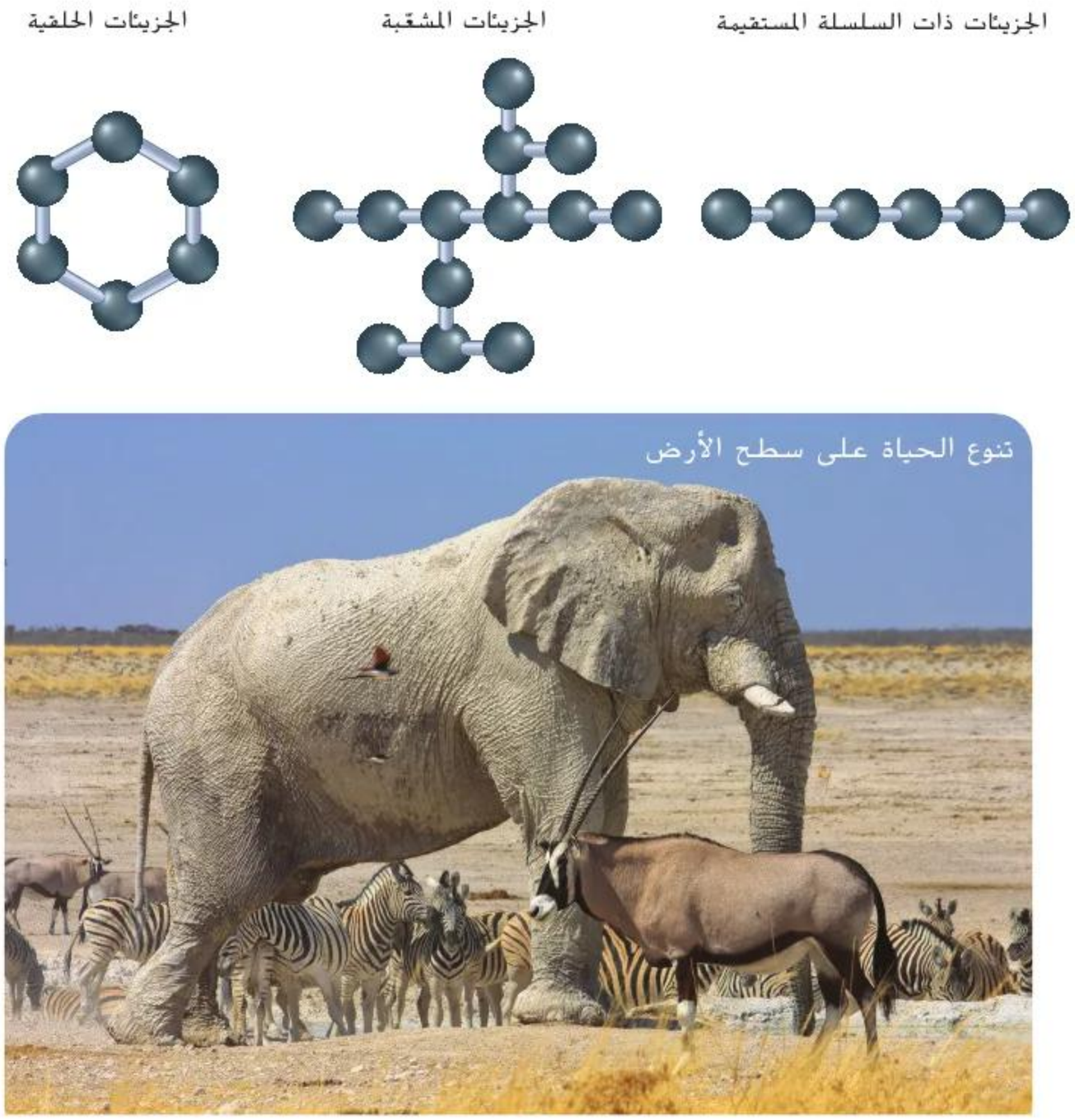
macromolecule	الجزيء الضخم
polymer	البوليمر
carbohydrate	الكربوهيدرات
lipid	الدهون
protein	البروتين
amino acid	الحمض الأميني
nucleic acid	الحمض النووي
nucleotide	النيوكليوتيد

الفكرة الرئيسة **تتكوّن الكائنات الحية من جزيئات تحتوي على الكربون.**

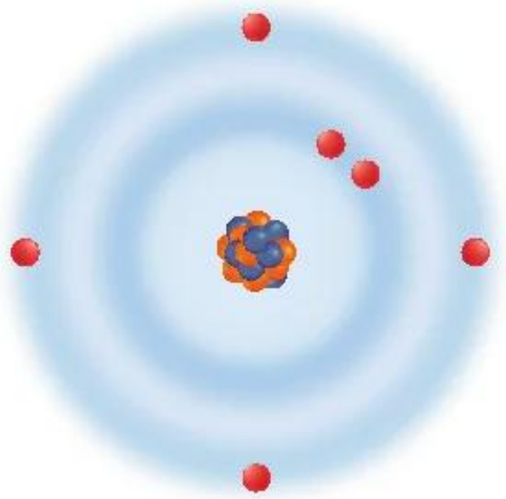
الربط بالحياة اليومية يستمتع الأطفال بألعاب القطارات لأنهم يستطيعون ربط مجموعات طويلة من العربات معًا وابتكار أشكال من خلال ضمّ العربات المتشابهة من حيث اللون أو الوظيفة. وينطبق الأمر نفسه على علم الأحياء، حيث توجد جزيئات ضخمة تتكوّن من وحدات صغيرة متعددة مرتبطة معًا.

الكيمياء العضوية

يدخل عنصر الكربون كمكوّن في كل الجزيئات الحيوية تقريبًا. لهذا السبب، غالبًا ما تُعتبر الحياة على كوكب الأرض معتمدة على الكربون. ونظرًا إلى أن الكربون عنصر أساسي، فقد خصص له العلماء فرعًا كاملًا من الكيمياء يُسمى الكيمياء العضوية، وذلك بهدف دراسة المركّبات العضوية، وهي المركّبات التي تحتوي على الكربون. كما هو مبيَّن في **الشكل 25**، ثمة أربعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي للكربون. تذكَّر أن مستوى الطاقة الثاني يستطيع أن يحمل ثمانية إلكترونات كحدّ أقصى، لذلك يمكن لذرة كربون واحدة تكوين أربع روابط تساهمية مع ذرات أخرى. هذه الروابط التساهمية تسمح لذرات الكربون بالارتباط بعضها مع بعض، مما يتيح تكوين مجموعة متنوعة من المركّبات العضوية المهمة. تجدر الإشارة إلى أنّ هذه المكوّنات يمكن أن تتخذ شكل سلاسل مستقيمة وسلاسل متشعبة وحلقات، مثل تلك المبيَّنة في **الشكل 25**، وتؤدي مكوّنات الكربون مجتمعة إلى تنوع الحياة على سطح الأرض.



■ **الشكل 25** ينجم التنوع المذهل للحياة بصورة أساسية عن تنوع مركّبات الكربون. يتيح مستوى الطاقة الخارجي نصف الممتلئ في الكربون تكوين جزيئات ذات سلسلة مستقيمة وجزيئات متشعّبة وجزيئات حلقية.



الكربون

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الجزيئات الضخمة

يمكن أن تتحد ذرات الكربون معًا لتكوّن جزيئات الكربون. وبالمثل، تخزِّن معظم الخلايا مركّبات الكربون الصغيرة التي تُعتبر بمثابة وحدات بناء للجزيئات الضخمة. إنّ **الجزيئات الضخمة** هي جزيئات كبيرة تتكون من خلال جمع جزيئات عضوية صغيرة معًا. وتُسمى هذه الجزيئات الكبيرة بوليمرات أيضًا. إنّ **البوليمرات** هي جزيئات تتكوّن من وحدات متكررة من مركّبات متماثلة أو شبه متماثلة تُسمى المونومرات ترتبط في ما بينها بواسطة سلسلة من الروابط التساهمية. كما هو مبيَّن في **الجدول 1**، تنقسم الجزيئات الضخمة الحيوية إلى أربع فئات رئيسة: الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

التأكد من فهم النص **استخدم تشبيهًا** لوصف الجزيئات الضخمة.

المفردات

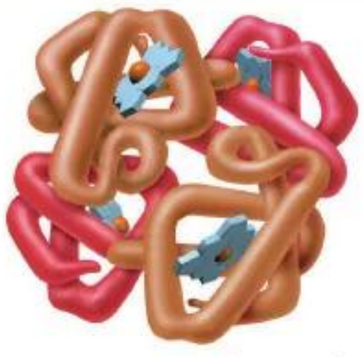
أصل الكلمة

البوليمر polymer

poly- مشتقة من اليونانية، وتعني "العديد"

meros- مشتقة من اليونانية، وتعني "جزء"

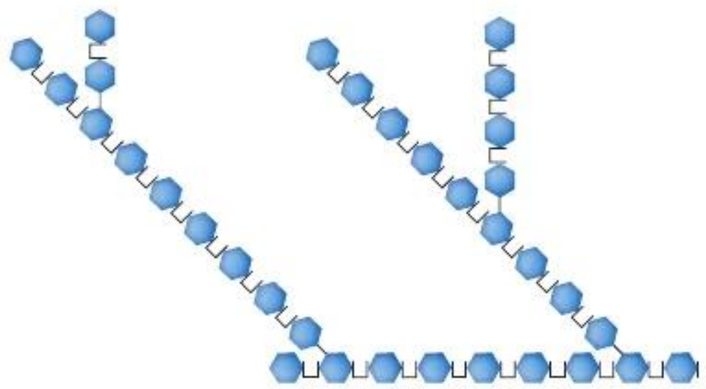
الجدول 1 الجزيئات الضخمة الحيوية

المجموعة	مثال	الوظيفة
الكربوهيدرات	الخبز والحبوب	• تخزين الطاقة • توفير دعم هيكلي
الدهون	شمع النحل	• تخزين الطاقة • توفير حواجز
البروتينات	 الهيموجلوبين	• نقل المواد • تسريع التفاعلات • توفير دعم هيكلي • إنتاج الهرمونات
الأحماض النووية	DNA	• تخزين المعلومات الوراثية ونقلها

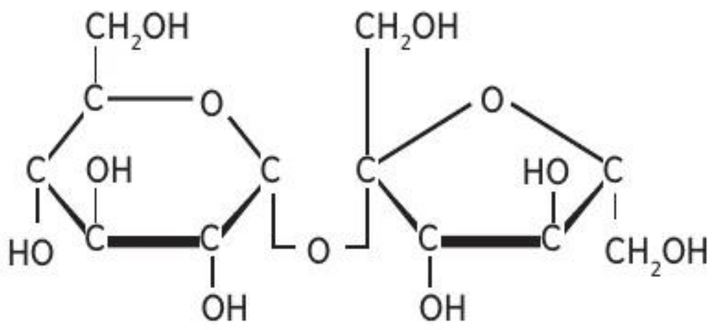
اقتراح لدراسة

ورقة ملاحظات مزدوجة اطو ورقة إلى نصفين طوليًا واكتب العناوين الفرعية العريضة التي تظهر تحت العنوان الجزيئات الضخمة الحيوية جهة اليسار. وأثناء قراءة النص، أنشئ قائمة بالملاحظات المتعلقة بأهم الأفكار والمصطلحات.

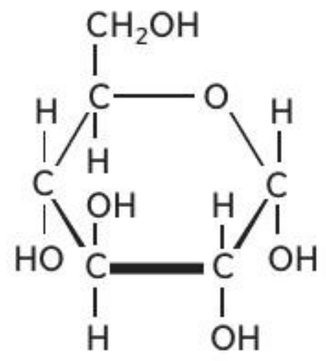
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الجلايكوجين
(عديد السكريات)



سكروز
(ثنائي السكر)



جلوكوز
(أحادي السكر)

■ **الشكل 26** إنّ الجلوكوز هو مركّب أحادي السكر. والسكروز مركّب ثنائي السكر يتكوّن من مركّبات الجلوكوز والفركتوز أحادية السكر. أما الجليكوجين، فهو مركّب متشعّب متعدد السكر يتكوّن من مونومرات الجلوكوز.

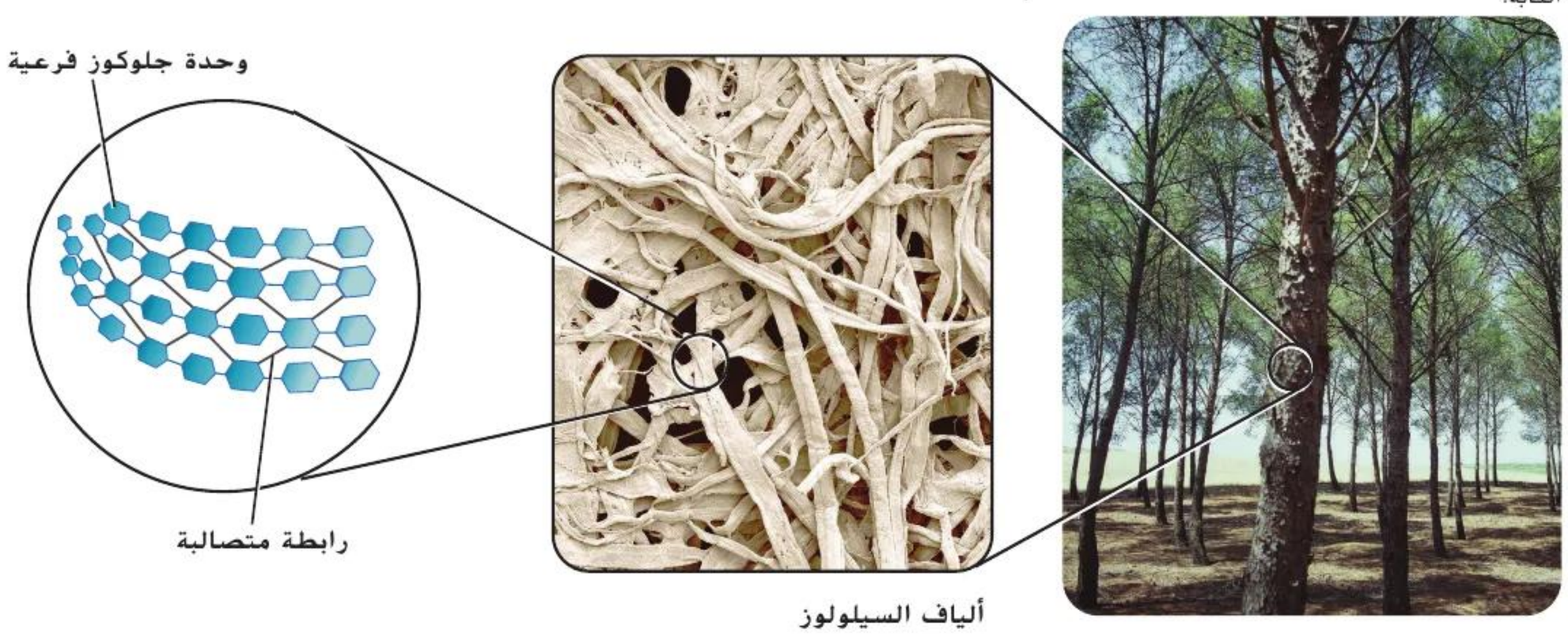
الكربوهيدرات إن المركّبات التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين بنسبة ذرّة أكسجين واحدة وذرّتي هيدروجين مقابل كل ذرّة كربون تُسمّى **كربوهيدرات**. تُكتب الصيغة العامة للكربوهيدرات على هذا النحو $(CH_2O)_n$. ويشير الرمز السفلي n إلى عدد وحدات الفورمالدهيد (CH_2O) في السلسلة. إنّ الكربوهيدرات المهمة أحيائيًا والتي تتراوح فيها قيمة n بين ثلاثة وسبعة تُعرَف بالسكريات البسيطة أو السكّريّات الأحادية. فضلًا عن ذلك، يضطلع الجلوكوز أحادي السكر، المبيَّن في **الشكل 26**، بدور محوري كمصدر للطاقة في الكائنات الحية.

يمكن أن ترتبط السكّريّات الأحادية لتكوّن جزيئات أكبر، ويجتمع اثنان من السكريات الأحادية معًا ليكوّنا مُركّبًا ثنائي السكّر.

إضافةً إلى ذلك، تعمل السكريات الثنائية كمصادر للطاقة مثل الجلوكوز. ويُعتبر كل من السكروز، المبيَّن في **الشكل 26**، وهو سكر المائدة، واللاكتوز، الذي يدخل ضمن مكونات الحليب، من السكّريات الثنائية. تُعرف جزيئات الكربوهيدرات الأطول بالسكّريات المتعددة، ويُعدّ الجليكوجين، المبيَّن في **الشكل 26**، أحد أهم بالسكّريات المتعددة. إنّ الجليكوجين هو عبارة عن مخزن للطاقة مكوّن من الجلوكوز وموجود في الكبد والعضلات الهيكلية. فحين يحتاج الجسم إلى الطاقة بين الوجبات أو أثناء نشاط بدني، يتحلل الجليكوجين إلى جلوكوز.

بالإضافة إلى دور الكربوهيدرات كمصادر للطاقة، فهي تؤدي وظائف أخرى مهمة في علم الأحياء. تحتوي النباتات مثلًا على مركّب كربوهيدراتي يُسمى السيلولوز يوفّر دعمًا هيكليًا في جدران الخلايا. وكما هو مبيَّن في **الشكل 27**، يتكوّن السيلولوز من سلاسل من الجلوكوز مرتبطة معًا بألياف صلبة تجعلها مناسبة لأداء دورها الهيكلي. يُعتبر الكيتين سكرًا متعددًا يحتوي على النيتروجين، وهو المكوّن الأساسي للأصداف الخارجية الصلبة للروبيان والمحار وبعض الحشرات، وكذلك لجدران خلايا بعض أنواع الفطريات.

■ **الشكل 27** يوفّر السيلولوز الموجود في خلايا النباتات دعمًا هيكليًا للأشجار لتبقى راسخة في الغابة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الدهون تمثّل **الدهون** مجموعة أخرى مهمة من الجزيئات الضخمة الحيوية وهي عبارة عن جزيئات تحتوي بشكل أساسي على الكربون والهيدروجين وتكوِّن الدهون والزيوت والشمع. تشتمل الدهون على أحماض دهنية وجليسرول ومكوّنات أخرى وتتمثل وظيفتها الأساسية في تخزين الطاقة. الجدير بالذكر أنّ ما يسمّى ثلاثي الجلسريد يكون دهنًا إذا كان صلبًا في درجة حرارة الغرفة وزيتًا إذا كان سائلًا في درجة حرارة الغرفة. علاوةً على ذلك، تُخزَّن مركّبات ثلاثي الجلسريد في خلايا الجسم الدهنية. تجدر الإشارة إلى أنّ أوراق النباتات مطلية بطبقة من الدهون تُعرف بالشمع وذلك لتجنب فقدان المياه. أما قرص العسل في خلية النحل، فمصنوع من شمع النحل.

الدهون المشبعة وغير المشبعة تحتاج الكائنات الحية إلى الدهون لتؤدي وظائفها بصورة جيدة وتُعتبر نهايات الأحماض الدهنية التركيب الأساسي للدهون. كما هو مبيَّن في **الشكل 28**. إنّ كل نهاية عبارة عن سلسلة من ذرات الكربون مرتبطة بذرات هيدروجين وكربون أخرى برابطة أحادية أو ثنائية. وتُسمى الدهون ذات سلاسل النهاية التي تتضمّن روابط أحادية فقط بين ذرّات الكربون "الدهون المشبعة" نظرًا إلى عدم إمكانية إضافة ذرّات هيدروجين أخرى إلى النهاية. أما الدهون التي تتضمّن رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في سلسلة النهاية والتي يمكن أن تستوعب ذرّة هيدروجين واحدة أخرى على الأقل، فتُسمى "الدهون غير المشبعة". بينما تُسمى الدهون التي تتضمّن أكثر من رابطة ثنائية واحدة في النهاية "الدهون غير المشبعة المتعددة".

الدهون الفوسفورية يُعرف الدهن المميّز المبيَّن في **الشكل 28**، بالدهن الفوسفوري، وهو مسؤول عن تركيب غشاء الخلية ووظيفته. تجدر الإشارة إلى أنّ الدهون كارهة للماء، بمعنى أنها لا تذوب فيها وهذه الخاصية مهمة لأنها تجعل الدهون تعمل بمثابة حواجز في الأغشية الحيوية.

الستيرويدات تُعدّ مجموعة الستيرويدات فئة أخرى مهمة من الدهون وتشتمل على مواد مثل الكوليسترول والهرمونات. وبالرغم من اعتبار الكوليسترول من الدهون "الضارة"، إلا أنه يمثّل نقطة بداية لدهون أخرى ضرورية، مثل الفيتامين د وهرمونات الإستروجين والتستوستيرون.

مساحة لتحليل البيانات 2

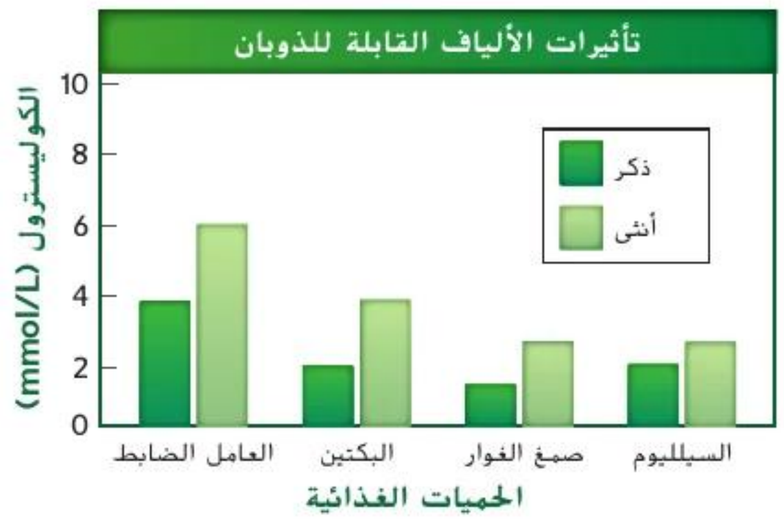
استنادًا إلى دراسات*

فسِّر البيانات

هل تؤثر الألياف القابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول؟ يرتبط ارتفاع نسبة الستروبد، الذي يُعرف بالكوليسترول، في الدم بالإصابة بأمراض القلب. يدرُس الباحثون تأثيرات الألياف القابلة للذوبان التي ينطوي عليها النظام الغذائي في مستويات الكوليسترول.

البيانات والملاحظات

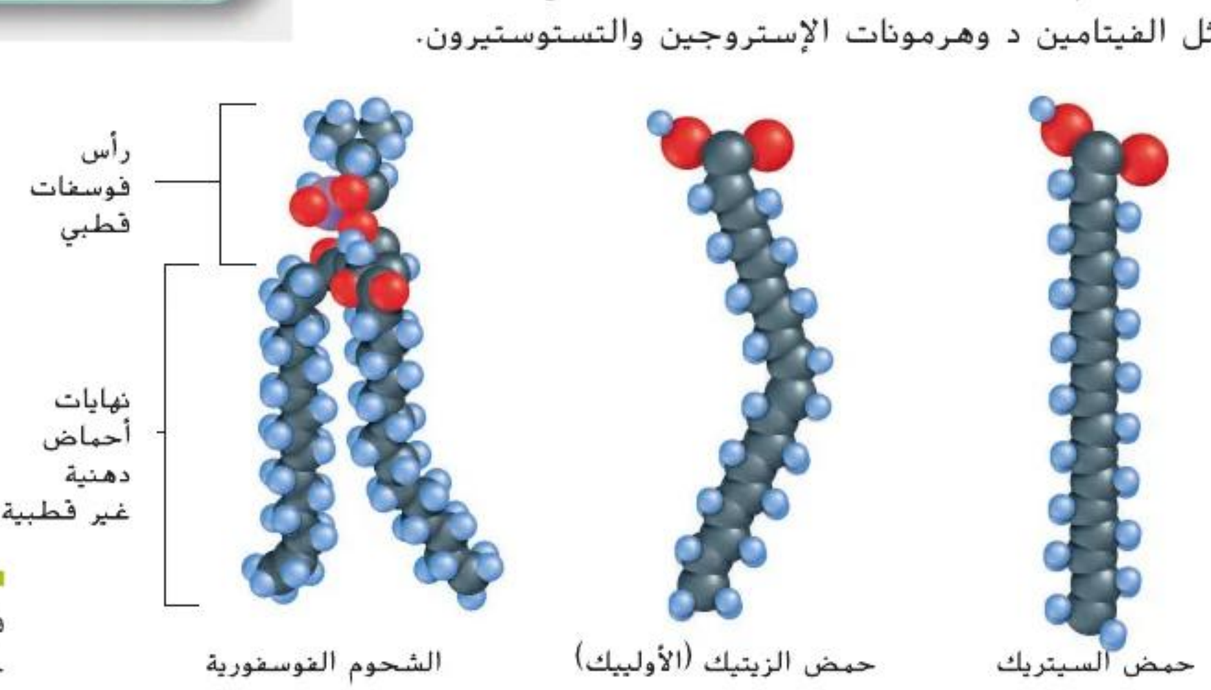
قيّمت هذه التجربة تأثيرات ثلاثة ألياف قابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول في الدم، وهي: البكتين (PE) وصمغ الغوار (GG) والسيلليوم (PSY). وكان السيلولوز العامل الضابط (CNT).



التفكير الناقد

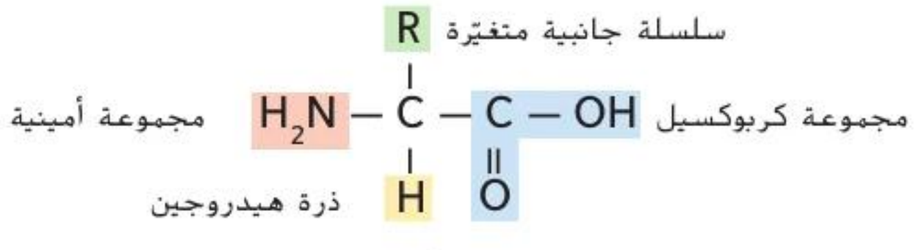
1. **احسب** النسبة المئوية للتغيّر في مستويات الكوليسترول مقارنةً بالعامل الضابط.
2. **صِف** التأثيرات الظاهرة للألياف القابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول في الدم.

*أُخذت البيانات من: Shen, et al. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabaolism in small, female mammals. *Journal of Nutrition* 128: 1434–1441.

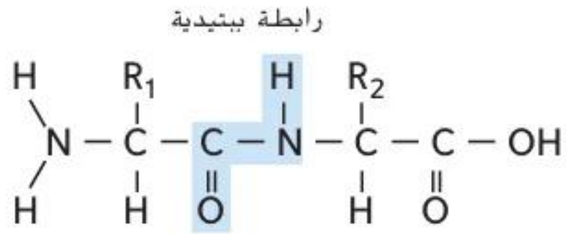


■ **الشكل 28** لا توجد روابط ثنائية بين ذرات الكربون في حمض السيتريك؛ بينما توجد رابطة ثنائية واحدة في حامض الأوليك. تتميّز الدهون الفوسفورية برأس قطبي ونهايتان غير قطبيتين.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



حمض أميني



ثنائي الببتيد

■ **الشكل 29**
يسار: يتألف التركيب العام للحمض الأميني من ذرّة كربون مركزية تتواجد حولها أربع مجموعات.
يمين: تحدث الرابطة الببتيدية في البروتين نتيجة لتفاعل كيميائي.
فسِّر الجزيء الآخر الذي ينتج عندما تتكون رابطة ببتيدية.

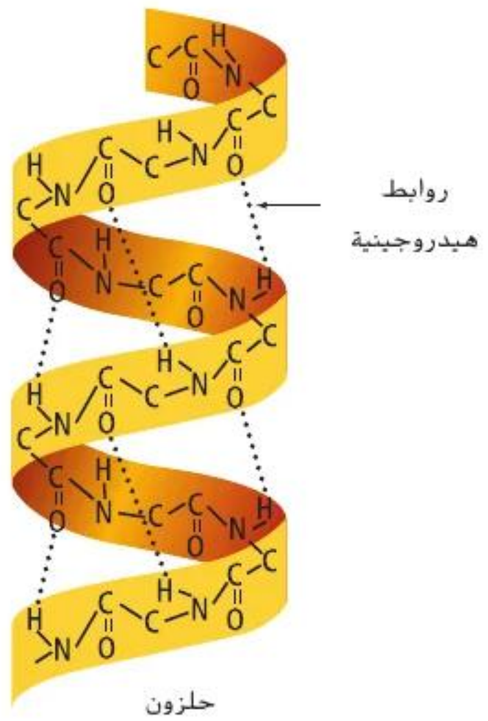
البروتينات يُعتبر **البروتين** من ضمن العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية وهو عبارة عن مركّب مكوّن من مركّبات كربونية صغيرة تُسمى أحماضًا أمينية. إنّ **الأحماض الأمينية** هي مركّبات صغيرة مكوّنة من الكربون والنيتروجين والأكسجين والهيدروجين، وأحيانًا الكبريت. لكلّ الأحماض الأمينية التركيب العام نفسه.

تركيب الحمض الأميني للأحماض الأمينية ذرة كربون مركزية مثل تلك المبيَّنة في **الشكل 29**. تذكَّر أن الكربون يستطيع تكوين روابط تساهمية، وتكون إحدى هذه الروابط مع الهيدروجين بينما تكون الروابط الثلاثة الأخرى مع مجموعة أمينية ($-NH_2$) ومجموعة كربوكسيل ($-COOH$) ومجموعة متغيرة ($-R$). الجدير بالذكر أنّ المجموعة المتغيّرة تجعل كل حمض أميني مختلفًا، ويوجد 20 مجموعة متغيّرة مختلفة، وتتكوّن البروتينات من توليفات مختلفة من الأحماض الأمينية المختلفة الـ 20 كلها. إن مجموعة من الروابط التساهمية، تُعرف بالروابط الببتيدية، تجمع الأحماض الأمينية معًا لتكوين البروتينات، كما هو مبيَّن في **الشكل 29**. وتتكوّن الرابطة الببتيدية بين المجموعة الأمينية لحمض أميني ومجموعة كربوكسيل لحمض أميني آخر.

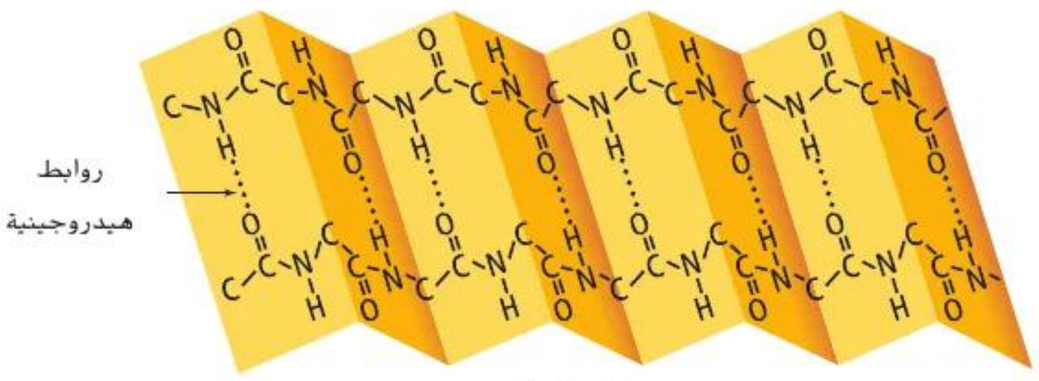
تركيب البروتين ثلاثي الأبعاد قد يضمّ تركيب البروتينات ما يصل إلى أربعة مستويات وذلك بحسب المجموعات المتغيّرة التي تحتوي عليها الأحماض الأمينية المختلفة. ويتحدد التركيب الأساسي للبروتين بحسب عدد الأحماض الأمينية في السلسلة وترتيب اتحادها. بعد تكوّن سلسلة الحمض الأميني، فإنها تنثني لتكوّن شكلًا ثلاثي الأبعاد، وهو التركيب الثانوي للبروتين. يبيّن **الشكل 30** اثنين من التركيبات الثانوية الأساسية: الحلزون والطيّة. قد يحتوي البروتين على عدد كبير من الحلزونات والطيّات والثنيات. ويكون التركيب الثلاثي للعديد من البروتينات كروي الشكل، مثل بروتين الهيموجلوبين المبيَّن في **الجدول 1**، ولكن بعض البروتينات تكوّن أليافًا طويلة. فضلًا عن ذلك، تكوّن بعض البروتينات مستوى رابعًا من التركيب من خلال الاتحاد مع بروتينات أخرى.

وظيفة البروتين تمثّل البروتينات حوالي **15 %** من إجمالي كتلة جسمك وتدخل تقريبًا في كل وظائف الجسم. على سبيل المثال، يتكوّن كل من عضلاتك وجلدك وشعرك من البروتينات. إضافةً إلى أنّ خلايا جسمك تحتوي على 10,000 بروتين مختلف يوفّر الدعم الهيكلي وينقل المواد والإشارات داخل الخلية وفي ما بين الخلايا ويسرّع التفاعلات الكيميائية ويتحكم في نمو الخلايا.

■ **الشكل 30** يعتمد شكل البروتين على التفاعلات بين الأحماض الأمينية. تساعد الروابط الهيدروجينية البروتين في الاحتفاظ بشكله.

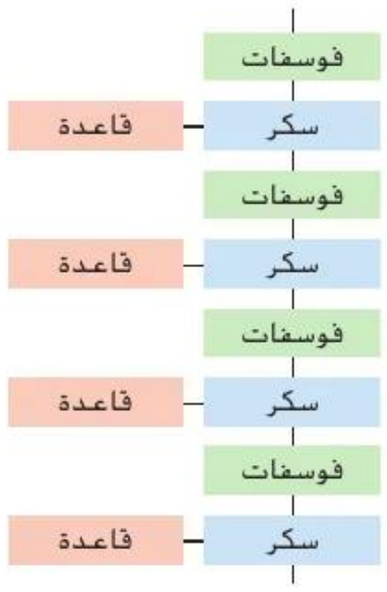


حلزون

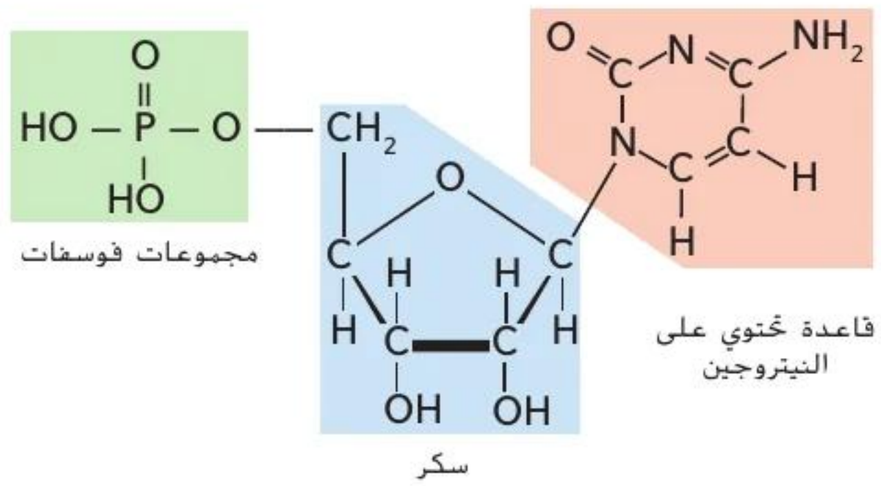


صحيفة مطوية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حمض نووي



نيوكليوتيد

■ **الشكل 31**
يمين: تحتوي نيوكليوتيدات DNA على سكر ريبوز منقوص الأكسجين، بينما تحتوي نيوكليوتيدات RNA على سكر ريبوز.
يسار: تتحد النيوكليوتيدات معًا بواسطة روابط بين مجموعة السكر ومجموعة الفوسفات.

الأحماض النووية إنّ المجموعة الرابعة من الجزيئات الضخمة الحيوية هي **الأحماض النووية**، وهي عبارة عن جزيئات ضخمة معقّدة تعمل على تخزين المعلومات الوراثية ونقلها. وتتكوّن الأحماض النووية من وحدات فرعية صغيرة متكررة تحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين والفوسفور وذرّات الهيدروجين، تُسمى **النيوكليوتيدات**. يبيّن **الشكل 31** التركيب الأساسي للنيوكليوتيد والحمض النووي. توجد خمسة نيوكليوتيدات رئيسة يحتوي كل منها على ثلاث وحدات، وهي الفوسفات وقاعدة نيتروجينية وسكّر الريبوز.

يوجد نوعان من الأحماض النووية في الكائنات الحية: الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA). في الأحماض النووية مثل DNA وRNA، يرتبط سكر نيوكليوتيد بفوسفات نيوكليوتيد آخر. وتتوفر القاعدة النيتروجينية التي تبرز من السلسلة لتكوين رابطة هيدروجينية مع قواعد أخرى موجودة في الأحماض النووية الأخرى.

إنّ النيوكليوتيد الذي يحتوي على ثلاث مجموعات فوسفات يُعدّ ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، وهو عبارة عن مخزن للطاقة الكيميائية التي يمكن أن تستخدمها الخلايا في تفاعلات مختلفة. كما إنّه يحرر طاقةً عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتَي الفوسفات الثانية والثالثة. في حين يتحرّر مقدار أقل من الطاقة عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتَي الفوسفات الأولى والثانية.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- إنّ مركّبات الكربون هي العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية.
- تتكوّن الجزيئات الضخمة الحيوية نتيجة اتحاد مركّبات كربون صغيرة لتكوين بوليمرات.
- ثمّة أربعة أنواع من الجزيئات الضخمة الحيوية.
- تعمل الروابط الببتيدية على تجميع الأحماض الأمينية في البروتينات.
- سلاسل النيوكليوتيدات تكوّن الأحماض النووية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اشرح** إذا تقرر أنّ مادة مجهولة ما اكتشفت على حجر نيزكي لا تحتوي على الكربون، فهل يستطيع العلماء استنتاج وجود حياة على منشأ هذا الحجر النيزكي؟
2. **قارن** بين أنواع الجزيئات الضخمة الحيوية ووظائفها.
3. **حدِّد** مكونات الكربوهيدرات والبروتينات.
4. **ناقش** أهمية ترتيب الحمض الأميني في وظيفة البروتين.

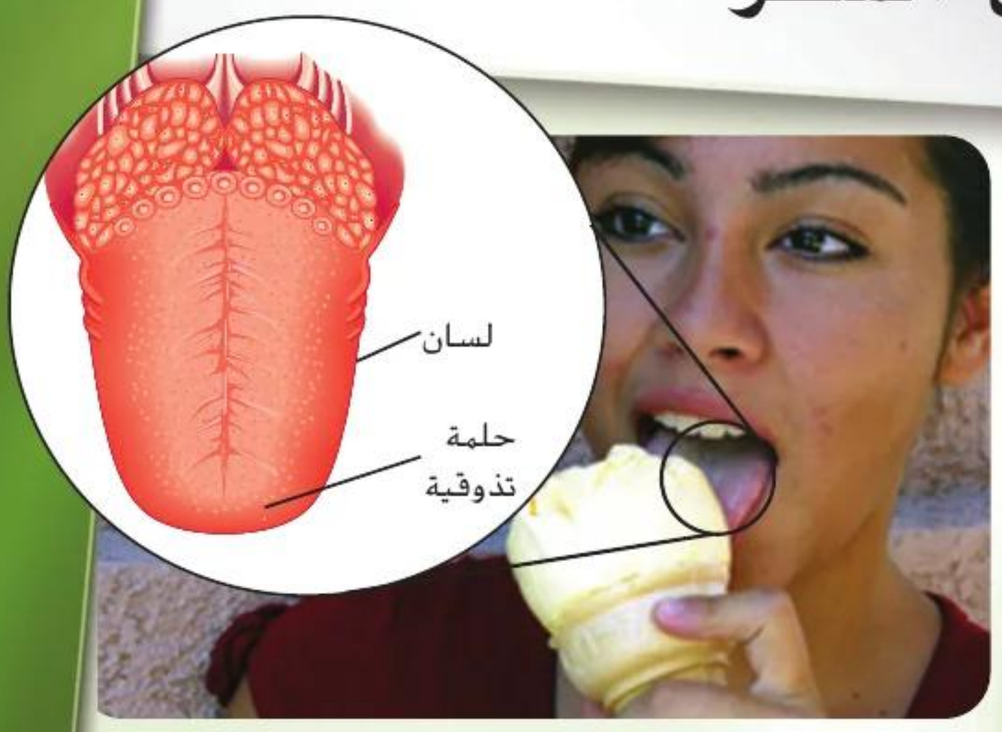
التفكير الناقد

5. **لخِّص** مع وجود عدد هائل من البروتينات في الجسم، اشرح سبب أهمية شكل الإنزيم بالنسبة إلى وظيفته.
6. **ارسم** تركيبين (أحدهما سلسلة مستقيمة والآخر حلقة) لمركّب كربوهيدراتي صيغته الكيميائية $(CH_2O)_6$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مستجدات في علم الأحياء

أحلى من السكر



ترسل براعم التذوّق الموجودة على لسانك إشارات إلى المخ ليترجمها هذا الأخير إلى مذاق الطعام أو الشراب.

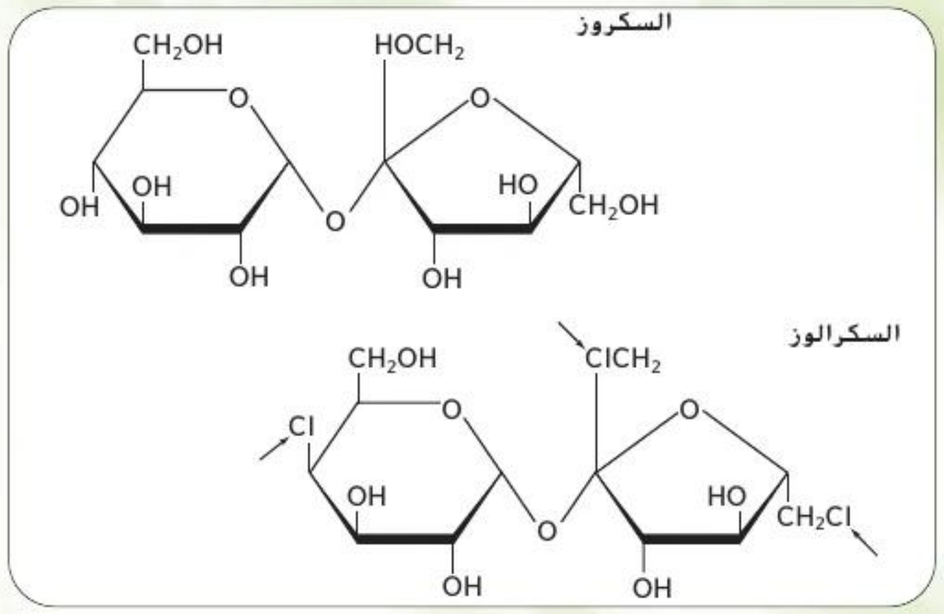
يتركّز سبب حبّ النّاس للحلويات في مقدّمة ألسنتهم، حرفيًّا. وتُعتبر براعم التذوّق في تلك المنطقة المستقبلات الأقوى على مستوى الإحساس بالحلاوة. إن الكثير من النتوءات الصغيرة، المعروفة بالحليمات، والتي تلاحظها عند مقدمة لسانك، يحتوي على براعم التذوق.

الإحساس بالحلاوة عند تناول الطعام، ترتبط جزيئات هذ الأخير مع جزيئات البروتين الموجودة في خلايا المستقبلات باللسان وذلك لفترة مؤقّتة. نتيجة لذلك، ترسل المستقبلات إشارات كهربائية بواسطة الأعصاب إلى المخ الذي يترجم هذه الإشارات إلى مذاق. في بعض الأحيان يكون المذاق ما تعتبره حلوًا.

المُحلّيات الطبيعية والمُحلّيات الصناعية إنّ المُحلّيات هي مواد تضاف إلى الأطعمة لجعل مذاقها حلوًا. ثمّة الكثير من المُحلّيات الطبيعية، مثل سكر المائدة والعسل. أما المُحلّي الصناعي، فهو مادة صناعية لها تأثير السكّر نفسه في براعم التذوّق. إن المُحلّيات الصناعية، مثل السكرين والسيكلامات والأسبارتام، أكثر حلاوة بمئات المرات من السكّر الطبيعي.

تحاكي جزيئات هذه المُحلّيات الصناعية شكل وبنية المُحلّيات الطبيعية، ويمكنها الارتباط بخلايا المستقبلات الموجودة في براعم التذوق لدى الإنسان.

تتميّز إحدى المُحلّيات الصناعية المطوَّرة مؤخرًا، وهي السكرالوز، بتركيب كيميائي مماثل تقريبًا لتركيب السكروز أو سكّر المائدة. ويكمن الاختلاف الوحيد بينهما في استبدال مجموعات الهيدروكسيل (OH) الثلاثة في السكروز بذرّات كلور (Cl) في السكرالوز، ما يمنع الجسم البشري من أيض السكرالوز ويجعله خاليًا من السعرات الحرارية.



يكمن الاختلاف بين السكروز والسكرالوز في استبدال ثلاث ذرات كلور (Cl) بثلاث مجموعات هيدروكسيل (OH).

تُستخدم المُحلّيات الصناعية في العديد من المنتجات، بدءًا من المشروبات الغازية المخصصة للحمية الغذائية وصولًا إلى أدوية الأطفال. فهي توفر الحلاوة التي يحتاج إليها الأفراد ولكن من دون السعرات الحرارية التي تحتوي عليها المُحلّيات الطبيعية. فضلًا عن ذلك، يواصل العلماء البحث عن مُحلّيات جديدة منخفضة التكلفة وصحية للمستهلكين.

الكتابة في علم الأحياء

حملة تسويقية ابحث عن مُحلٍّ صناعي معتمد من قِبَل جهاز أبوظبي للرقابة الغذائية في دولة الإمارات العربية المتحدة (ADFCA). أطلق حملة تسويقية لتعريف المستهلكين على المُحلّي الصناعي الذي اخترته. يمكن أن تتضمّن الحملة التسويقية إصدارات صحفية أو إعلانات تلفزيونية أو إذاعية أو إعلانات عبر الويب أو مواقع التواصل الاجتماعي أو وسائل أخرى لنشر المعلومات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صمّمها بنفسك

تجربة في الأحياء

ما العوامل التي تؤثر في تفاعل الإنزيم؟

الخلفية: يَنتج مركّب فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) عندما تقوم الكائنات الحية بأيض الغذاء، إلا أنّه يتسبب في تلف الخلايا. تحارب الكائنات الحية تكوُّن فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) بإنتاج إنزيم البيروكسيداز. ويعمل البيروكسيداز على تسريع تكسير فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسجين.

السؤال: ما العوامل التي تؤثر في نشاط البيروكسيداز؟

المواد المحتملة

إناء سعته 400 mL	مخبار سعته 50 mL
سكين مطبخ	مخبار سعته 10 mL
سخان كهربائي	كماشة أو ملقط كبير
حامل أنابيب اختبار	وعاء مربع أو مستطيل
ثلج	ساعة إيقاف أو موقِّت
كبد بقري	مقياس حرارة غير زئبقي
قطّارة	فوق أكسيد الهيدروجين مركّز بنسبة 3%
ماء مقطَّر	شرائح بطاطا

أنابيب اختبار مقياس 18 mm × 150 mm
محاليل منظِمة (أرقام هيدروجينية 5، 6، 7، 8)

الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

تنبيه: استخدم فقط – GFCI الدارات المحمية للأجهزة الكهربائية.

خطّط للتجربة ونفّذها

1. حدّد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اختر أحد العوامل لاختباره. تشمل العوامل المحتملة درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH) وتركيز المادة المتفاعلة (H_2O_2).
3. ضع فرضية عن تأثير العامل في معدل تفاعل البيروكسيداز.
4. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك. ضع الإجراءات وحدِّد العوامل الضابطة والمتغيرات.
5. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلّمك على الخطة قبل إكمال العمل.
7. نفِّذ تجربتك التي وافق عليها المعلّم.
8. **التنظيف والتخلص من المخلّفات** نظِّف كل المعدات بحسب توجيهات المعلّم وأعد الأشياء إلى أماكنها الصحيحة. اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلِّل واستنتج

1. **صِف** تأثير العامل الذي اخترته في نشاط إنزيم البيروكسيداز.
2. **أنشِىء** تمثيلًا بيانيًا ثم حلّل وفسّر نتائجه.
3. **ناقش** ما إذا كانت البيانات تدعم فرضيّتك. أم لا.
4. **استدلّ** على سبب اعتبار فوق أكسيد الهيدروجين اختيارًا غير مناسب لتنظيف جرح مفتوح.
5. **تحليل التباينات** حدّد الأخطاء في التجربة أو أخطاء أخرى في بياناتك قد يكون لها تأثير في دقة النتائج التي حصلت عليها.

شارك بياناتك

قارن بين بياناتك والبيانات التي جمعتها المجموعات الأخرى في الصف والتي اختبرت العامل نفسه. استدلّ على الأسباب التي قد تكون وراء الاختلاف بين بيانات مجموعتك والبيانات التي جمعتها المجموعات الأخرى.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1 دليل الدراسة

الموضوع المحوري الطاقة في كل تفاعل كيميائي، يحدث تغيّر في الطاقة نتيجة تكوّن الروابط الكيميائية أو تكسّرها بالتزامن مع تحوّل المتفاعلات الى نواتج.

الفكرة الرئيسة **تُعتبر الذرات أساس الكيمياء الحيوية والعناصر الأساسية اللازمة لجميع الكائنات الحية.**

القسم 1 الذرات والعناصر والمركّبات

atom	الذرة
nucleus	النواة
proton	البروتون
neutron	النيوترون
electron	الإلكترون
element	العنصر
isotope	النظير
compound	المركّب
covalent bond	الرابطة التساهمية
molecule	الجزيء
ion	الأيون
ionic bond	الرابطة الأيونية
van der Waals force	قوى فاندرفال

الفكرة الرئيسة **تتكوّن المادة من جسيمات صغيرة تُسمّى الذرات.**

- تتكوّن الذرات من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات.
- العناصر موادّ نقية مكوّنة من نوع واحد فقط من الذرات.
- النظائر هي أشكال من العنصر نفسه تختلف عنه في عدد النيوترونات.
- المركّبات مواد كيميائية لها خصائص فريدة تتكوّن عند اتحاد العناصر.
- يمكن للعناصر أن تكوّن روابط تساهمية وأيونية.

القسم 2 التفاعلات الكيميائية

chemical reaction	التفاعل الكيميائي
reactant	المتفاعل
product	الناتج
activation energy	طاقة التنشيط
catalyst	الحفّاز
enzyme	الإنزيم
substrate	المادة المتفاعلة مع الإنزيم
active site	الموقع النشط

الفكرة الرئيسة **تسمح التفاعلات الكيميائية للكائنات الحية بالنمو والتطور والتكاثر والتكيف.**

- في المعادلات الكيميائية الموزونة، يجب أن يكون عدد ذرات كل عنصر متساويًا في كلا الطرفين.
- تُعتبر طاقة التنشيط الطاقة اللازمة لبدء عملية التفاعل.
- الحفّازات مواد تغيّر التفاعلات الكيميائية.
- الإنزيمات حفّازات حيوية.

القسم 3 المياه والمحاليل

polar molecule	الجزيء القطبي
hydrogen bond	الرابطة الهيدروجينية
mixture	الخليط
solution	المحلول
solvent	المذيب
solute	المذاب
acid	الحمض
base	القاعدة
pH	الرقم الهيدروجيني
buffer	المنظِم

الفكرة الرئيسة **إنّ خصائص المياه تجعلها مناسبة تمامًا للمساعدة في الحفاظ على الاتزان الداخلي للكائن الحي.**

- المياه جزيء قطبي.
- تُعتبر المحاليل مخاليط متجانسة تتكون عندما يذوب المذاب في المذيب.
- الأحماض عبارة عن مواد تُطلق أيونات الهيدروجين في المحاليل. والقواعد عبارة عن مواد تُطلق أيونات الهيدروكسيد في المحاليل.
- يُعدّ الرقم الهيدروجيني (pH) مقياسًا لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول.

القسم 4 العناصر الأساسية اللازمة للحياة

macromolecule	الجزيء الضخم
polymer	البوليمر
carbohydrate	الكربوهيدرات
lipid	الشحوم
protein	البروتين
amino acid	الحمض الأميني
nucleic acid	الحمض النووي
nucleotide	النيوكليوتيد

الفكرة الرئيسة **تتكوّن الكائنات الحية من جزيئات تحتوي على الكربون.**

- مركّبات الكربون هي العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية.
- تتكون الجزيئات الضخمة الحيوية من خلال اتحاد مركّبات كربون صغيرة لتكوين بوليمرات.
- يوجد أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الضخمة.
- تعمل الروابط الببتيدية على تجميع الأحماض الأمينية في البروتينات.
- تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1 التقويم

القسم 1

مفردات للمراجعة

صف أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية.

1. الإلكترون، البروتون
2. الرابطة الأيونية، الرابطة التساهمية
3. النظير، العنصر
4. الذرة، الأيون

فهم الأفكار الرئيسة

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 5.

5. ما الذي تبيّنه الصورة أعلاه؟
   A. رابطة تساهمية
   B. خاصية فيزيائية
   C. تفاعل كيميائي
   D. قوى فاندرفال

6. ما العملية التي تحوّل ذرة الكلور إلى أيون الكلوريد؟
   A. اكتساب إلكترون
   B. فقدان إلكترون
   C. اكتساب بروتون
   D. فقدان بروتون

7. الفكرة الرئيسة أي مما يلي يُعدّ مادة نقية لا يمكن تكسيرها بواسطة تفاعل كيميائي؟
   A. المركّب
   B. الخليط
   C. العنصر
   D. النيوترون

8. ما وجه الاختلاف بين نظائر الهيدروجين؟
   A. عدد البروتونات
   B. عدد الإلكترونات
   C. عدد مستويات الطاقة
   D. عدد النيوترونات

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

9. ما المقصود بالنظير المشعّ؟ اذكر استخدامات النظائر المشعّة.
10. ما العامل الذي يحدّد كيف يمكن لذرة الأكسجين أن تكوّن رابطتين تساهميتين في حين يمكن لذرّة الكربون أن تكوّن أربعة روابط؟
11. ما أهمية وجود روابط قوية (تساهمية وأيونية) وروابط ضعيفة (الهيدروجين وفاندرفال) للكائنات الحية؟

فكّر بشكل ناقد

استخدم التمثيل البياني الآتي للإجابة عن السؤال 12.

12. وفقًا للبيانات، ما نصف عمر الكربون 14؟ كيف يمكن للعلماء استخدام هذه المعلومات؟
13. يُعدّ أبو بريص من الزواحف التي يمكنها تسلّق الأسطح الناعمة مثل الزجاج والالتصاق بها بالاعتماد على قوى فاندرفال. كيف تكون هذه الطريقة في الالتصاق أكثر فائدة من التفاعلات التساهمية؟

القسم 2

مفردات للمراجعة

طابق المصطلح على اليمين بالتعريف المناسب على اليسار.

14. طاقة التنشيط
15. المادة المتفاعلة مع الإنزيم
16. الإنزيم
17. الناتج

A. بروتين يسرّع التفاعل
B. مادة تتكوّن نتيجة تفاعل كيميائي
C. الطاقة اللازمة لبدء عملية التفاعل
D. مادة ترتبط بإنزيم

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

فهم الأفكار الرئيسة

18. الموضوع المحوري الطاقة أي مما يلي يُعدّ مادة تخفض طاقة التنشيط؟

A. الأيون
B. المتفاعل
C. الحفّاز
D. المادة المتفاعلة مع الإنزيم

19. في أي مما يلي تتكسر روابط وتتكوّن روابط جديدة؟

A. التفاعلات الكيميائية
B. العناصر
C. النظائر
D. الجزيئات القطبية

20. أي من العبارات التالية ينطبق على المعادلات الكيميائية؟

A. المتفاعلات على اليمين.
B. النواتج على اليمين.
C. عدد ذرات النواتج أقل من عدد ذرات المتفاعلات.
D. عدد ذرات المتفاعلات أقل من عدد النواتج.

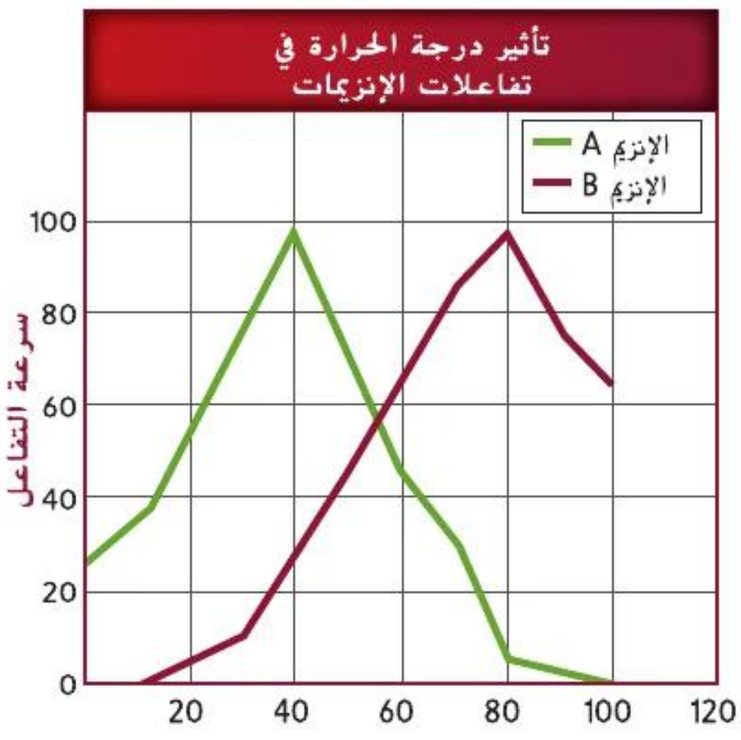
أسئلة ذات إجابات قصيرة

21. ما الميزات المشتركة بين كل التفاعلات المحتوية على إنزيمات؟

22. حدّد وَصِف العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيم.

فكّر بشكل ناقد

استخدم التمثيل البياني الآتي للإجابة عن السؤالين *23* و *24*.



23. صِف تأثير درجة الحرارة في سرعة التفاعلات مستخدمًا التمثيل البياني أعلاه.

24. الفكرة الرئيسة ما هو الإنزيم الأكثر نشاطًا في خلايا البشر؟ لماذا؟

القسم 3

مفردات للمراجعة

اذكر العلاقة بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية.

25. المحلول، الخليط

26. الرقم الهيدروجيني، المنظِّم

27. الحمض، القاعدة

28. المذيب، المذاب

29. الجزيء القطبي، الرابطة الهيدروجينية

فهم الأفكار الرئيسة

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال *30*.

30. ما الذي تبيّنه الصورة أعلاه؟

A. خليط غير متجانس
B. خليط متجانس
C. محلول
D. المزيج المعلق

31. أي من العبارات الآتية لا ينطبق على الماء النقي؟

A. رقمه الهيدروجيني هو 7.0.
B. يتكوّن من جزيئات قطبية.
C. يتكوّن من روابط أيونية.
D. مذيب جيد.

32. ما المادة التي تُنتِج أيونات OH^- عند ذوبانها في الماء؟

A. القاعدة
B. الحمض
C. المنظِم
D. الملح

أسئلة ذات إجابات قصيرة

33. الفكرة الرئيسة ما سبب أهمية الروابط الهيدروجينية للكائنات الحية؟

34. إنّ حمض الهيدروكلوريك (HCl) حمض قوي. ما الأيونات التي تتكوّن عند ذوبان HCl في للماء؟ ما تأثير HCl في الرقم الهيدروجيني للماء؟

35. اشرح أهمية المنظِّمات للكائنات الحية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

فكّر بشكل ناقد

36. **توقَّع** موضعين في الجسم تُستخدم فيهما المنظِّمات للحدّ من التغيّرات الحادة في الرقم الهيدروجيني.

37. **ارسم** مخططًا لملح الطعام (NaCl) الذائب في المياه.

القسم 4

مفردات للمراجعة

أكمل العبارات التالية باستخدام مصطلحات من صفحة دليل الدراسة.

38. إنّ الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية هي _____.

39. تتكوّن البروتينات من _____ المرتبطة معًا باستخدام _____.

40. _____ تكوّن الدهون والزيوت والشمع.

41. DNA وRNA من الأمثلة على _____.

فهم الأفكار الرئيسة

42. ما العنصران اللذان يتوجدان دائمًا في الأحماض الأمينية؟
   A. النيتروجين والكبريت
   B. الكربون والأكسجين
   C. الهيدروجين والفسفور
   D. الكبريت والأكسجين

43. ما الذي يربط الأحماض الأمينية معًا؟
   A. الروابط الببتيدية
   B. الروابط الهيدروجينية
   C. قوى فاندرفال
   D. الروابط الأيونية

44. ما المادة التي لا تُعتبر جزءًا من النيوكليوتيد؟
   A. الفوسفات
   B. القاعدة
   C. السكر
   D. الماء

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

45. لماذا تحتوي الخلايا على جزيئات ضخمة ومركّبات كربون صغيرة في الوقت نفسه؟

46. لماذا لا يستطيع الإنسان هضم كل الكربوهيدرات؟

فكّر بشكل ناقد

47. الفكرة الرئيسة **أنشئ** جدولًا للجزيئات الحيوية الضخمة الأساسية الأربعة ترِد فيه مكوناتها ووظائفها.

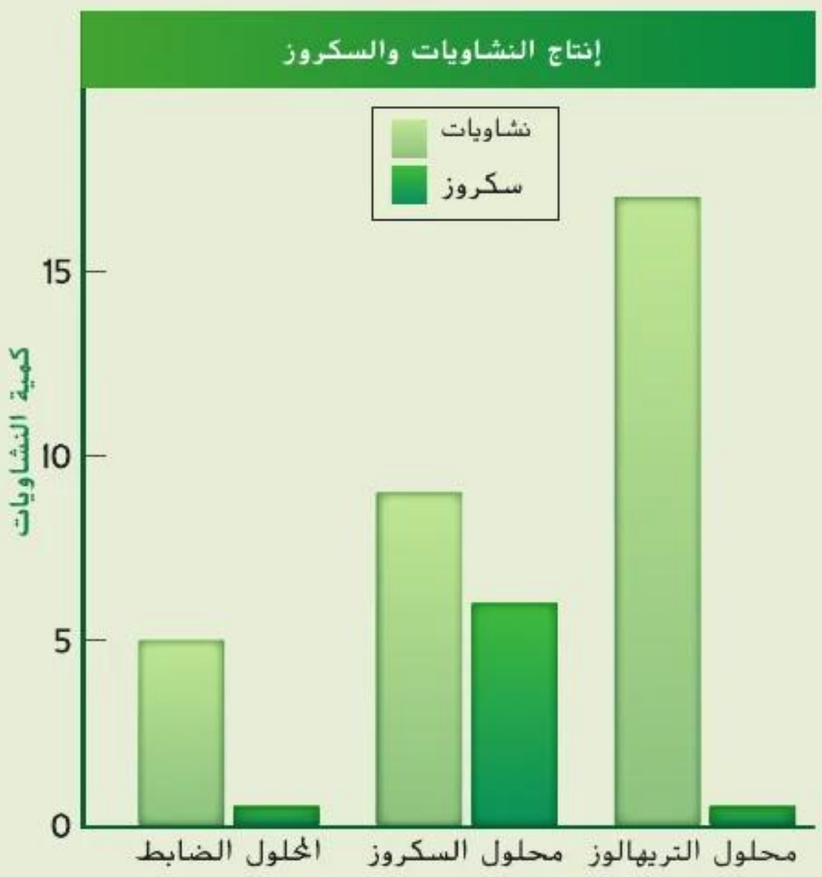
التقويم الختامي

48. الفكرة الرئيسة ارسم الوحدة الأساسية للمادة وصِف أجزاءها وعلاقة كل منها بالآخر.

49. الكتابة في علم الأحياء ابحث واكتب الوصف الوظيفي لعالم الكيمياء الحيوية. اذكر أنواع المهام التي يقوم بها عالم الكيمياء الحيوية والمواد التي يستخدمها في أبحاثه.

أسئلة حول مستند

تعدّ النشويات مخزن الكربون الأساسي في النباتات. وأجريت تجارب لتحديد ما إذا كان باستطاعة التريهالوز تنظيم إنتاج النشويات في النباتات. حُفظت شرائح من الورق لمدة ثلاث ساعات في محاليل السوربيتول (الضابط) والسكروز والتريهالوز. ثم تم قياس مستويات النشويات والسكروز في الأوراق. استخدم البيانات للإجابة عن الأسئلة الواردة أدناه.



أُخذت البيانات من: Kolbe, et al. Trehalose 6-phosphate regulates starch synthesis via post translational redox activation of ADP-glucose pyrophophorylase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102(31): 11118–11123.

50. لخّص عمليتَي إنتاج النشويات والسكروز في المحاليل الثلاثة.

51. ما الخلاصة التي قد يتوصل إليها الباحثون بناءً على هذه البيانات؟

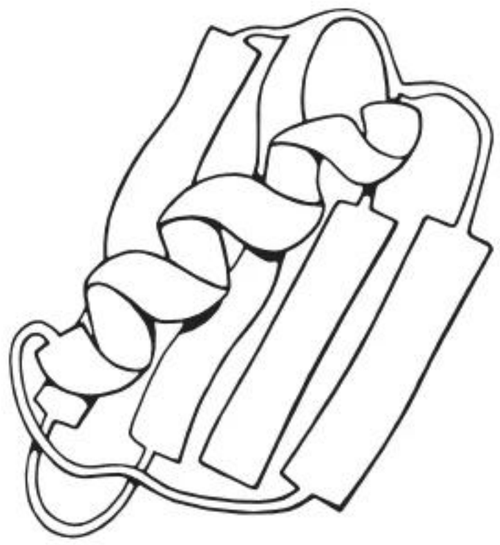
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

أسئلة ذات خيار متعدد تحاكي الـ PISA

1. إذا كان لجماعة طيور الببغاء الأحيائية تنوع وراثي أكبر من جماعة طيور الطنان الأحيائية في المنطقة نفسها، فما النتيجة التي قد تترتب على ذلك؟
A. سيكون لجماعة طيور الببغاء الأحيائية مقاومة أكبر للأمراض من جماعة طيور الطنان الأحيائية.
B. قد تصبح لجماعات طيور الببغاء الأحيائية الأخرى في مناطق مختلفة صفات وراثية مشابهة لهذه الجماعة الأحيائية.
C. سيكون لجماعة طيور الببغاء الأحيائية مجموعة متنوعة كبيرة من العوامل الحيوية لتتفاعل معها.
D. قد تتفاعل جماعة طيور الببغاء الأحيائية مع مجموعة متنوعة كبيرة من الجماعات الأحيائية الأخرى.

استخدم الرسم أدناه للإجابة عن السؤالين *2* و *3*.



2. ما نوع الجزيء الضخم الذي له تركيب مشابه للتركيب المبيّن في الرسم؟
A. كربوهيدرات
B. شحوم
C. نيوكليوتيد
D. بروتين

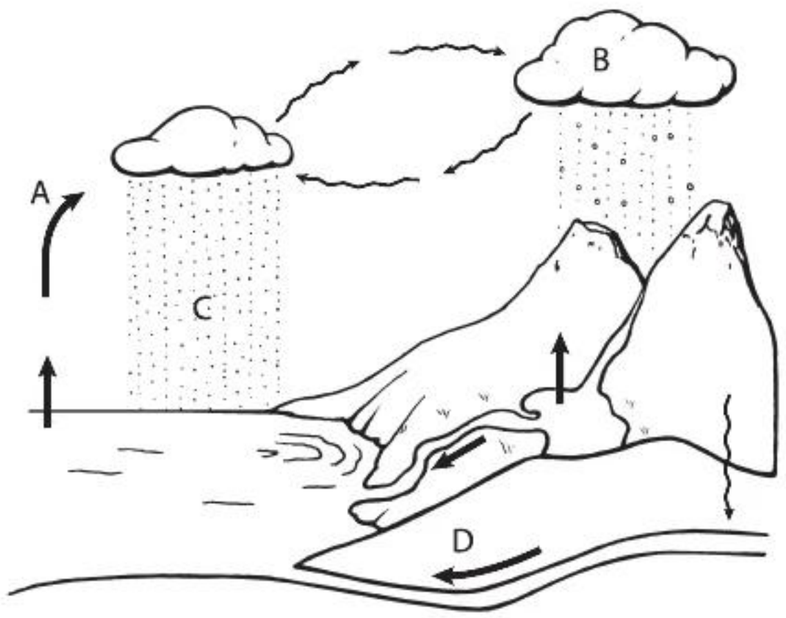
3. ما النشاط الجزيئي الذي يحتاج إلى تركيب مطوي؟
A. السلوك كمركّب غير قطبي
B. العمل كموقع نشط
C. الحركة عبر أغشية الخلايا
D. لعب دور مخزّن للطاقة في الخلية

4. أي مما يلي يصف تأثيرات نموّ الجماعات الأحيائية واستنزاف الموارد؟
A. ازدياد التنافسية
B. ازدياد الهجرة
C. النمو الأسّي للجماعات الأحيائية
D. النمو الخطي للجماعات الأحيائية

5. أي من الخصائص التالية للجماعات الأحيائية يمكن وصفه بأنها عشوائية أو تكتلية أو منتظمة؟
A. الكثافة
B. الانتشار
C. النمو
D. الحجم

6. أي مما يلي يُعدّ مثالًا على تنوع حيوي ذي قيمة اقتصادية مباشرة؟
A. الجماعات الأحيائية لعصافير الدوري التي تتميز بتنوع وراثي كبير
B. أنواع النباتات المائية التي تُستخرج منها مضادات حيوية مفيدة
C. الأشجار التي تشكّل حاجزًا يمنع رياح الأعاصير البحرية
D. القرويون الذين يستخدمون أنواع الأرز نفسها لزراعتها

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤال *7*.



7. أي مصطلح يصف الجزء المسمَّى A في الدورة؟
A. التكاثف
B. التبخر
C. الجريان السطحي
D. الهطول

8. أي مما يلي هو من خصائص النمو الأسّي؟
A. تمثيله البياني يرتفع وينخفض
B. تمثيله البياني يكون خطًا مستقيمًا
C. معدله يزداد مع مرور الزمن
D. معدله النمو يظل ثابتًا مع مرور الزمن

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة تحاكي الـ SAT

9. قوِّم ما يمكن أن يحدث في حال عدم وجود منظِمات في خلايا جسم الإنسان.

10. اختر مثالًا على أحد العناصر وأحد المركّبات ثم قابل بينهما.

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤال *11*.

العوامل المؤثرة في بقاء المرجان	
العامل	**النطاق المثالي**
درجة حرارة الماء	من 23°C إلى 25°C
الملوحة	من 30 إلى 40 جزءًا لكل مليون
الترسيب	ترسيب بسيط أو عدم وجود ترسيب
العمق	ما يصل إلى 48 m

11. اذكر المناطق التي قد تكون مثالية لنمو المرجان حول العالم، مستخدمًا البيانات الواردة في الجدول.

12. قدِّم فرضية الازدياد في تنوع الأنواع بالانتقال من المناطق القطبية إلى الاستوائية.

13. في بلد معدل نمو سكانه بطيء للغاية، توّقع الفئات العمرية الأكبر حجمًا من بين السكان.

14. ما أسباب أهمية ارتباط الإنزيمات بمواد متفاعلة معينة فقط؟

أسئلة ذات إجابات مفتوحة تحاكي الـ SAT

15. فجأة وعقب هطول أمطار غزيرة، بدأ العديد من أسماك إحدى البحيرات المحلية في النفوق، ولكن الطحالب الموجودة في المياه كانت بحالة جيدة. أنت تعلم أنّ الجريان السطحي من الحقول والطرقات المحلية يصب في البحيرة. ضع فرضية تشرح أسباب نفوق الأسماك، واقترح طريقة لإيقاف ذلك.

16. عندما اكتشف العلماء الذرات لأول مرة ظنّوا أنها أصغر أجزاء يمكن أن تنقسم إليها المادة. أقِم رابطًا بين الاكتشافات العلمية الحديثة وبين قيام العلماء بتعديل تعريف الذرة هذا.

17. حدِّد وصِف ثلاثة أنواع من العلاقات التكافلية واذكر مثالًا على كلّ منها.

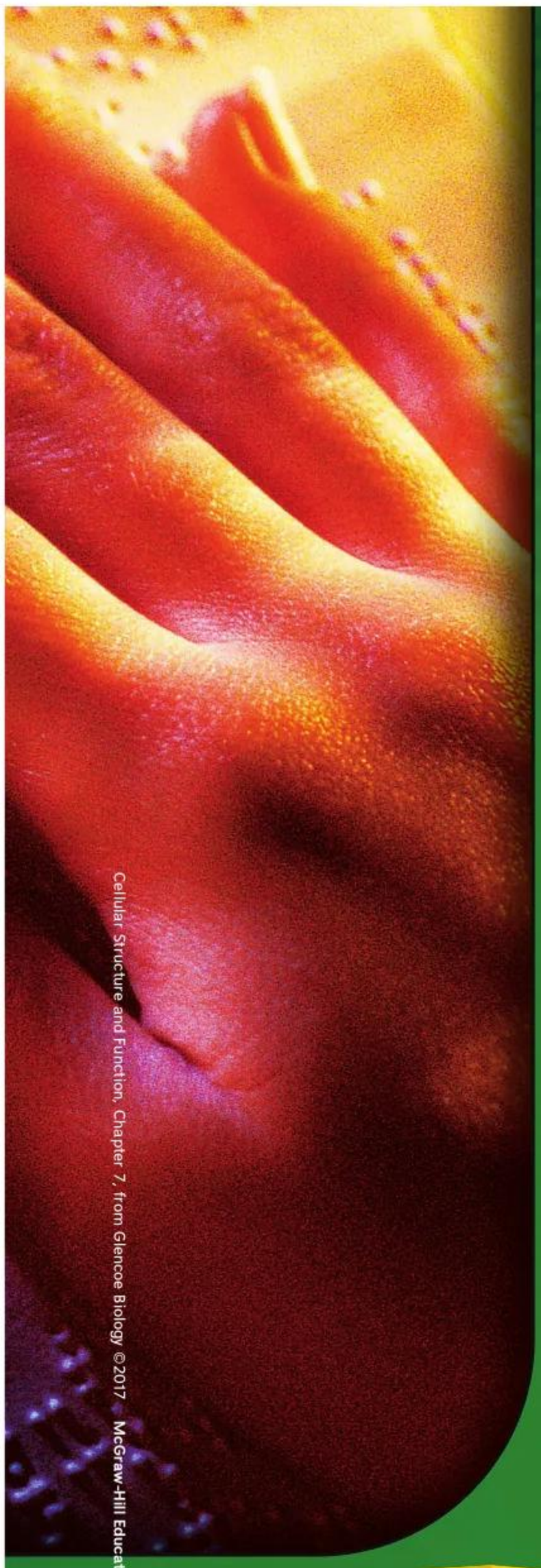
سؤال مقالي يحاكي الـ SAT

إن العديد من أنواع الجزيئات الموجودة في الكائنات الحية يتكوّن من مونومرات صغيرة مجتمعة معًا في تسلسلات مختلفة أو في أنماط مختلفة. على سبيل المثال، تستخدم الكائنات الحية عددًا صغيرًا من النيوكليوتيدات لإنتاج الأحماض النووية. وتقدم آلاف التسلسلات المختلفة للنيوكليوتيدات في الأحماض النووية الشفرة الأساسية لكل المعلومات الوراثية في الكائنات الحية.

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال التالي في صورة مقال.

18. صِف الفوائد التي تعود على الكائنات الحية من استخدام المونومرات لتكوين جزيئات ضخمة معقدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2

تركيب الخلية ووظائفها

تجربة استهلالية

ما المقصود بالخلية؟

كل الأشياء تتكوّن من ذرات وجزيئات، لكن في الكائنات الحية فقط تنتظم الذرات والجزئيات في خلايا. في هذه التجربة، ستستخدم مجهرًا مركبًا لملاحظة شرائح من كائنات حية وغير حية.

المطويات®

قم بإنشاء مطوية متدرّجة لتنظيم ملاحظاتك حول النقل الخلوي مستخدمًا العناوين المبينة.

الموضوع المحوري الاستقصاء العلمي

أدى الاستقصاء العلمي إلى اختراع المجهر الذي أتاح بدوره التوصل إلى اكتشافات متعددة.

الفكرة الرئيسة الخلايا هي الوحدات البنائية والوظيفية في جميع الكائنات الحية، وهي غير مرئية بالعين المجردة.

القسم 1 • اكتشاف الخلية ونظرية الخلية

القسم 2 • الغشاء البلازمي

القسم 3 • التراكيب والعضيات

القسم 4 • النقل الخلوي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

الأسئلة الرئيسة

- ما العلاقة بين التطورات في مجال تكنولوجيا المجاهر وبين الاكتشافات المتعلقة بالخلايا؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين المجهر الضوئي المركّب والمجهر الإلكتروني؟
- ما مبادئ نظرية الخلية؟
- ما أوجه الاختلاف بين خليّة بدائية النواة وخليّة حقيقية النواة؟

مفردات للمراجعة

التنظيم organization: البناء المنظَّم الذي يظهر في الكائنات الحيّة

مفردات جديدة

cell	خليّة
cell theory	نظرية الخلية
plasma membrane	غشاء بلازميّ
organelle	عضيّة
eukaryotic cell	خلية حقيقية النواة
nucleus	نواة
prokaryotic cell	خلية بدائية النواة

اكتشاف الخلية ونظرية الخلية

الفكرة الرئيسة **أدّى اختراع المجهر إلى اكتشاف الخلايا.**

الربط مع الحياة اليومية قد يبدو لك أنّه ما من روابط مشتركة بين الأجزاء المختلفة من جسمك؛ فقلبك مثلًا، يضخ الدم فيه، أمّا جلدك، فيحميه ويساعد في تبريده. غير أنّ أجزاء الجسم تتكوّن من خلايا، وهذا هو الأمر المشترك في ما بينها.

تاريخ نظرية الخلية

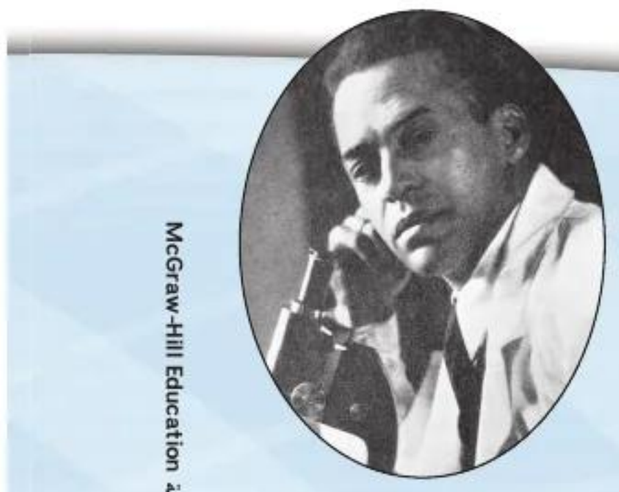
لقرونٍ عديدة، لم يكن لدى العلماء أدنى فكرة عن أنّ جسم الإنسان مكوّن من آلاف المليارات من الخلايا. فالخلايا صغيرة جدًا لدرجة أنّ أحدًا لم يكن يعلم بوجودها قبل اختراع المجهر. وفي العام 1665، كما يُبيّن **الشكل 1**، صنع العالم الإنجليزي روبرت هوك مجهرًا بسيطًا واستخدمه في فحص قطعة من الفلّين، وهي عبارة عن خلايا ميتة من لحاء البلّوط. لاحظ هوك وجود تراكيب صغيرة على شكل صناديق مثل تلك المبيّنة في **الشكل 2**، فأطلق عليها اسم cellulae (التي تعني خلية أو حجرة صغيرة باللاتينية) وذلك لأنّ الشكل الصندوقي لخلايا الفلّين ذكّره بالحجرات الضيقة المنعزلة. إذًا، يعود مصدر كلمة خليّة إلى العالم هوك. **الخلية** هي وحدة تركيبية ووظيفيّة أساسيّة في جميع الكائنات الحية.

في أواخر القرن السابع عشر، صمم العالم الهولندي أنطوني فان ليفينهوك مجهره الخاص المستوحى من كتاب هوك. وقد تفاجأ بما رآه من كائنات حية في مياه البرك وفي الحليب وغيرها من المواد المختلفة. وأدى عمل هذين العالمين وغيرهما إلى ظهور فروع جديدة في العلوم، مما أتاح التوصل إلى الكثير من الاكتشافات الجديدة والمثيرة.

■ **الشكل 1**

التركيز على تاريخ المجاهر

أدى اختراع المجاهر وما أُدخل فيها من تقنيات جديدة وكذلك التحسينات التي أُجريت على الآلات إلى تطوير نظرية الخلية وكذلك التوصّل إلى فهم أفضل للخلايا.

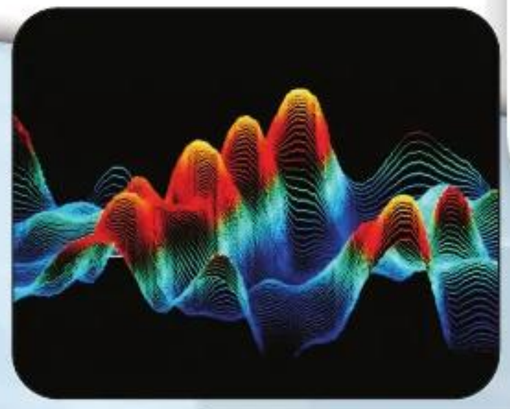


1900

1880–1890 استخدم لويس باستور وروبرت كوخ المجاهر المركّبة وأصبحا رائدين في دراسة البكتيريا.

1939 كتب إرنست إيفريت جست كتابًا بعنوان علم أحياء سطح الخلية وذلك بعد سنوات من دراسة تركيب الخلايا ووظائفها.

1970 طرحت الأمريكية لين مارغوليس، عالمة الأحياء الدقيقة، فكرة أنّ بعض العضيات الموجودة في الخلايا حقيقية النواة كانت كائنات حية بدائية النواة قبل ذلك.



1981 أتاح المجهر النفقي الماسح (STM) للعلماء رؤية الذرات الفردية.

2000

2008 مجهر ضوئي فائق الدقة ثلاثي الأبعاد (3D-SIM) يجمع بين الرؤية ثلاثية الأبعاد والدقة العالية والألوان المتعددة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

نظرية الخلية تابع العلماء ملاحظة عالم الكائنات الحية المجهرية باستخدام العدسات الزجاجية. ففي العام 1838، درس العالم الألماني ماتياس شلايدن أنسجة النباتات بعناية واستنتج أنّ النباتات جميعها تتكوّن من خلايا. وبعد ذلك بعام، ذكر العالم الألماني ثيودور شوان أنّ الأنسجة الحيوانية تتكوّن كذلك من خلايا فرديّة. ثم اقترح الطبيب البروسي رودولف فيرشو في العام 1855 أنّ كل الخلايا تنتج عن انقسام خلايا موجودة أساسًا. وتُلخَص ملاحظات واستنتاجات هؤلاء العلماء وغيرهم فيما يعرف باسم نظرية الخلية. و**نظريّة الخلية** هي إحدى الأفكار الأساسية في علم الأحياء الحديث وتتضمن المبادئ الثلاثة التالية:

1. تتكوّن جميع الكائنات الحية من خلية واحدة أو أكثر.
2. إنّ الخلية هي وحدة التركيب والتنظيم الأساسية لدى جميع الكائنات الحية.
3. تنتُج الخلايا عن خلايا موجودة سابقًا، بحيث تنقل الخلايا نسخًا من مادتها الوراثية إلى الخلايا الناتجة عن الانقسام الخلوي.

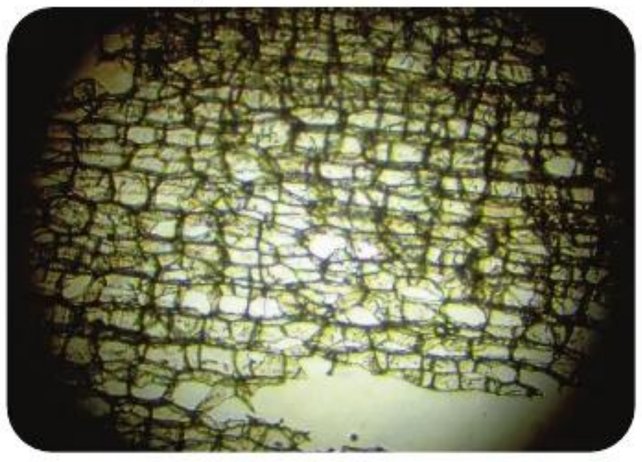
التأكد من فهم النص **اشرح** هل يمكن أن تتشكّل الخلايا من تلقاء نفسها من دون حصولها على مادة وراثية من خلايا سابقة؟

تكنولوجيا المجاهر

ما كان من الممكن اكتشاف الخلايا وتطوير نظرية الخلية لولا وجود المجاهر. وكما يُظهر **الشكل 1**، فقد خضعت المجاهر لتحسينات مكّنت العلماء من التعمّق في دراسة الخلايا.

ارجع إلى الصفحات الافتتاحية لهذه الوحدة وقارن بين الصور التوضيحية للجلد البشري المعروض فيها. ستلاحظ أن التفاصيل تزداد مع زيادة درجة التكبير والدقة، وهي قدرة المجهر على إظهار المكونات الفردية بوضوح. فالمجاهر التي استخدمها روبرت هوك وفان ليفينهوك لم تكن ستمكّنهما من رؤية التراكيب الفردية في خلايا الجلد البشري. لكن التطورات التي أُجريت في مجال تكنولوجيا المجاهر مكّنت العلماء من دراسة الخلايا بتفصيلٍ أكبر مما توقعه العلماء الأوائل.

صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: 100×



الشكل 2 استخدم روبرت هوك مجهرًا ضوئيًا أساسيًا ليرى ما بدا له مثل حجرات فارغة في عيّنة الفلّين.

استدلّ برأيك، ما الذي كان هوك سيراه إذا كانت العيّنة من الخلايا الحية؟

في ضوء ما قرأته عن الخلايا، كيف ستجاوب على الأسئلة التحليلية؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المجاهر الضوئية المركّبة يتكوّن المجهر الضوئي المركّب الحديث من مجموعة متسلسلة من العدسات الزجاجية ويستخدم الضوء المرئي لإنتاج صورة مُكبَّرة. وتعمل كل عدسة في المجموعة على تكبير صورة العدسة السابقة لها. فمثلًا، في حال وجود عدستين قوة تكبير كل منهما على حِده 10 أضعاف، فإنَّ إجمالي قوة التكبير للعدستين يساوي 100 ضعف (10 × 10). غالبًا ما يضيف العلماء الأصباغ الى الخلايا ليتمكّنوا من رؤيتها بشكل أوضح عند استخدام المجهر الضوئي وذلك لأنّها صغيرة جدًا ورقيقة وشفافة. وعلى مرّ السنوات، طوّر العلماء تقنيات متعددة للمجاهر الضوئيّة وأدخلوا تعديلات عليها، غير أنَّ خصائص الضوء المرئي تحدّ دائمًا من دقة هذه المجاهر. فالأجسام تشتت الضوء مما يشوّش الصور. يبلغ الحد الأقصى للتكبير من دون حدوث تشويش حوالي ×1000.

المجاهر الإلكترونية عندما بدأ العلماء بدراسة الخلايا، تطلّب الأمر درجة عالية من التكبير كي يتمكنوا من رؤية تفاصيل الأجزاء الدقيقة في الخلايا. فطوروا المجهر الإلكتروني أثناء الحرب العالمية الثانية في أربعينيات القرن العشرين. الجدير بالذكر أنّ المجهر الإلكتروني يستخدم المغناطيس بدلًا من العدسات، لأنه يوجّه شعاعًا من الإلكترونات إلى شرائح رقيقة من الخلية. ويُعرف هذا النوع من المجاهر الإلكترونية بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM)، إذ تمرّ الإلكترونات أو تنفذ عبر عيّنة إلى شاشة فلورية، فتمتص الأجزاء السميكة في العينة قدرًا من الإلكترونات أكبر من القدر الذي تمتصّه الأجزاء الرقيقة فتتكوّن بذلك صورة للعيّنة مظللة بالأبيض والأسود. تصل درجة التكبير في المجهر الإلكتروني النافذ إلى ×500,000، شرط أن تكون العينة ميتة ورقيقة للغاية ومصبوغة بالفلزات الثقيلة.

على مدار الأعوام الـ 65 الماضية، أُجريت تعديلات عديدة على المجاهر الإلكترونية الأصلية. فعلى سبيل المثال، يُعدّ المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) أحد هذه التعديلات. فهو يوجّه الإلكترونات على سطح العينة فتنتج عن ذلك صورة ثلاثية الأبعاد. من أحد عيوب استخدام المجاهر الإلكترونية النافذة والماسحة، أنها لا تسمح إلا برصد الخلايا والأنسجة الميتة. يمكن العثور على صور مجهرية تم التقاطها باستخدام المجاهر الإلكترونية على الإنترنت.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

مندوب شركات التكنولوجيا

تستعين الشركات المصنّعة للمعدات العلمية بمندوبين ليقدّموا المنتجات ويعرضوها على المجتمع العلمي. ويكون مندوب شركات التكنولوجيا خبيرًا في المنتجات التكنولوجية الجديدة ويشارك خبرته مع العلماء الذين قد يستخدمون هذه المنتجات في المختبر.

تجربة مصغرة 1

اكتشف الخلايا

كيف يمكنك أن تصف اكتشافًا جديدًا؟ تخيّل أنك عالِم ينظر من خلال العدسة العينية لأداة جديدة تُسمى المجهر واستطعت أن ترى مجموعة كبيرة من الأجسام المتشابهة من حيث الشكل. قد تدرك أنّ الأشكال التي تراها ليست أجسامًا عشوائية تكوّنت صدفةً، وتتغير فكرتك عن طبيعة المادة كلّيًا أثناء مشاهدتك لهذه الأجسام.

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قم بإعداد جدول بيانات تسجّل فيه ملاحظات ورسومات للشرائح الثلاث.
3. شاهد **صور الشرائح** التي يعرضها المعلم على الصف.
4. صف ما تراه وارسمه. احرص على رسم ما يكفي من التفاصيل لنقل المعلومات إلى غيرك من العلماء الذين لم يلاحظوا الخلايا.

التحليل

1. **صف** التشبيهات أو المصطلحات التي يمكن أن تفسّر الأشكال الموجودة في رسوماتك.
2. **اشرح** الطريقة التي يمكنك بها أن توضح للعالِم هوك أنَّ نتائجه كانت صحيحة وذلك باستخدامك تكنولوجيا القرن الواحد والعشرين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ثمّة نوع آخر من المجاهر وهو المجهر الإلكتروني النفقي الماسح (STM). ويعمل من خلال تقريب الطرف المشحون للمسبار جدًّا من العيّنة، فتنطلق الإلكترونات في تيار "نفقي" يمرّ عبر الفجوة الصغيرة بين العيّنة وطرف المسبار. وقد مكّن هذا المجهر العلماءَ من الحصول على صور حاسوبية ثلاثية الأبعاد لأجسام صغيرة بحجم الذرات. على عكس المجهر الإلكتروني النافذ والمجهر الإلكتروني الماسح، يمكن استخدام المجهر النفقي الماسح لدراسة عيّنات حيّة. ويُظهر **الشكل 3** الـ DNA، وهو المادة الوراثية في الخلية، بعد تكبيره باستخدام المجهر الإلكتروني النفقي الماسح.

يقيس مجهر القوة الذرية (AFM) قوى متنوعة بين طرف المسبار وسطح الخلية. لمعرفة المزيد عن مجهر القوة الذرية، اقرأ جزء **مستجدات في علم الأحياء** في نهاية هذه الوحدة.

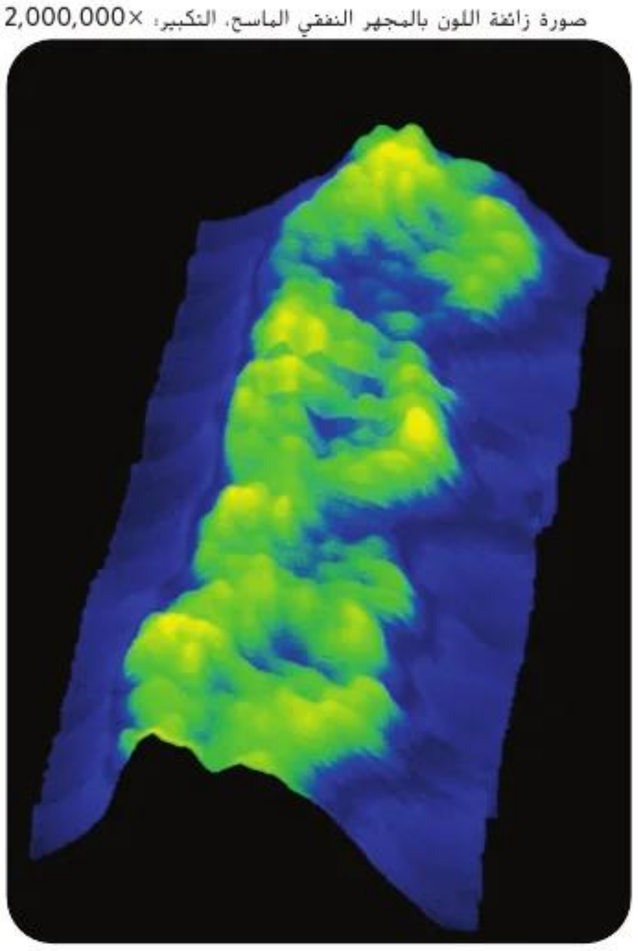
الأنواع الأساسية من الخلايا

لقد تعلّمت من نظرية الخلية أنّ الخلايا هي الوحدات الأساسية لدى جميع الكائنات الحية. ومن خلال ملاحظتك لجسمك وللكائنات الحية من حولك، قد تستدلّ على أنّ الخلايا موجودة في أشكال وأحجام مختلفة، وهي تختلف بحسب الوظائف التي تؤديها في الكائن الحي. لكن جميع الخلايا تشترك في صفة شكلية واحدة على الأقل وهي أنّ لها تركيبًا يسمى الغشاء البلازمي. إنّ **الغشاء البلازمي**، كما يظهر في **الشكل 4**، هو حاجز خاص يساعد في ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. فجميع خلايا الجلد لها غشاء بلازمي وكذلك حال خلايا الأفعى الجرسية. سيرِد وصف هذا التركيب المهم تفصيليًا في القسم التالي.

للخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فعلى سبيل المثال، تنطوي معظم الخلايا على مادة وراثية تعطي تعليمات لإنتاج المواد التي تحتاج إليها الخلية، كما إن الخلية تعمل على تحليل الجزيئات لتوليد الطاقة. وقد صنّف العلماء الخلايا مجموعتين، هما: الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة. يُظهر **الشكل 4** صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM) لهذين النوعين من الخلايا، وقد تم تكبير صور الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة كي تستطيع المقارنة بين تراكيب كل منهما. والجدير بالذكر، أنّ حجم الخلية حقيقيّة النواة يفوق عادةً حجم الخلية بدائيّة النواة بـ 10 الى 100 ضعف.

التأكد من فهم النص **قارن** بين حجم كل من الخليّة بدائية النواة والخليّة حقيقية النواة.

صورة زائفة اللون بالمجهر النفقي الماسح، التكبير: ×2,000,000

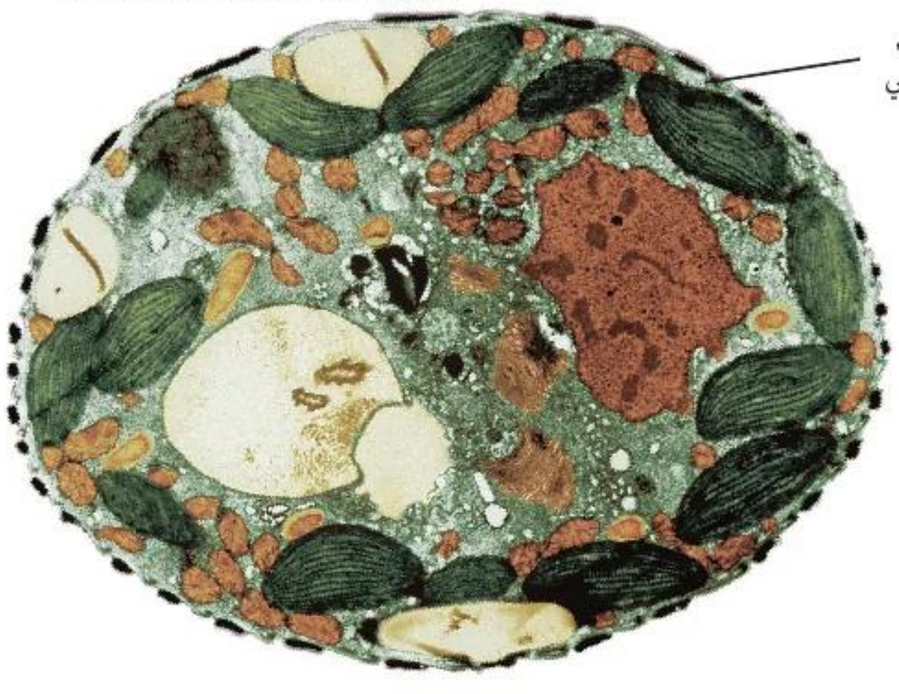


■ **الشكل 3** إنّ الصور التي نحصل عليها باستخدام المجهر الإلكتروني النفقي الماسح (STM) تشبه صورة جزيء DNA هذه، بحيث تظهر الشقوق والمنخفضات بلون أكثر دكنة والمناطق المرتفعة بلون أفتح.
اذكر أحد استخدامات المجهر النفقي الماسح.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير: ×15,000

خلية بدائية النواة

صورة محسّنة الألوان، التكبير: غير محدّد



خلية حقيقية النواة

■ **الشكل 4** إنّ الخلية بدائية النواة إلى اليمين أصغر حجمًا وأقل تعقيدًا من الخلية حقيقية النواة الظاهرة إلى اليسار. وقد تم تكبير الخلية بدائية النواة بهدف المقارنة بين التراكيب الداخلية لكل من الخليتين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

راجع **الشكل 4** وقارن بين أنواع الخلايا لتعرف سبب تصنيف العلماء لها في مجموعتين حيث جاء التصنيف بناءً على التراكيب الداخلية لكل منهما. فكلتاهما تحتوي على **غشاء بلازمي**، لكن لخلايا إحداهما فقط تراكيب داخلية متمايزة تُسمى **بالعضيّات**، وهي تراكيب متخصصة تقوم بوظائف محددة.

للخلايا حقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية تُعرَف بالعضيات المحاطة بالأغشية. أمَّا **النواة**، فهي عضية مركزية متمايزة تحوي المادة الوراثية للخلية في صورة الحمض النووي (DNA). وتتيح العضيات للخلية القيام بوظائفها في أجزاء مختلفة منها في الوقت نفسه. فضلًا عن ذلك، تتكوّن معظم الكائنات الحية من خلايا حقيقية النواة. والجدير بالذكر أنّ بعض الكائنات الحية وحيدة الخلية، مثل الخميرة وبعض الطحالب، هي أيضًا من الكائنات حقيقية النواة.

أمَّا **الخلايا بدائية النواة**، فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات أخرى محاطة بغشاء. وكما يُظهر **الشكل 4**، فإن الخلايا بدائية النواة أكثر بساطة من الخلايا حقيقية النواة. وتجدر الإشارة إلى أنّ معظم الكائنات الحية وحيدة الخلية، مثل البكتيريا، هي خلايا بدائية النواة، لذا سُميت بدائيات النواة. ويعتقد معظم العلماء أنّ الخلايا بدائية النواة تشبه الكائنات الحية الأولى التي عاشت على سطح الأرض.

أصل تنوع الخلايا يتابع العلماء استقصاء أسباب وجود مجموعتين أساسيتين من الخلايا. وقد تكون الإجابة أنَّ الخلايا حقيقية النواة تطوّرت من خلايا بدائية النواة قبل ملايين السنين. فوفقًا لنظرية التكافل الداخلي، تنشأ علاقة تكافلية بوجود خلية بدائية النواة تعيش داخل خلية أخرى بدائية النواة وتستفيد الخليتان من هذه العلاقة.

تخيّل مدى الاختلاف بين الكائنات الحية لو لم تكن الخلايا حقيقية النواة قد تطوّرت. ولقد وجد أن للخلايا حقيقية النواة وظائف محددة لأنها أكبر حجمًا كما أنها تنطوي على عضيات متمايزة. إضافةً إلى ذلك، أدّت تلك الوظائف المحددة إلى تنوع الخلايا وبالتالي إلى تنوع الكائنات الحية التي تستطيع التكيّف مع بيئاتها بصورةٍ أفضل. وربما لولا وجود الخلايا حقيقية النواة، لما تطورت أشكال الحياة الأكثر تعقيدًا انطلاقًا من البكتيريا.

المفردات

أصل الكلمة

خلية حقيقية النواة eukaryote
خلية بدائية النواة prokaryote
يعود مصدر كلمة حقيقي النواة إلى الكلمة eukaryote في اليونانية، وهي مؤلفة من البادئة *eu-* التي تعني حقيقي. أما بدائية االنواة فيعود مصدرها إلى الكلمة اليونانية prokaryote، وهي مؤلفة من البادئة *pro-* التي تعني قبل. والمصدر -kary معناه نواة.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- استُخدمت المجاهر كأدوات للفحص العلمي منذ أواخر القرن السابع عشر.
- يستخدم العلماء أنواعًا مختلفة من المجاهر لتفحّص الخلايا.
- تتلخّص نظرية الخلية في ثلاثة مبادئ.
- ثمّة فئتان شاملتان من أنواع الخلايا، هما: الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. التفكير الرئيسة **اشرح** كيف أدّى تطوير المجهر وتحسينه إلى إحداث تغيير في دراسة الكائنات الحية.
2. **قارن وقابل** بين المجهر الضوئي المركّب والمجهر الإلكتروني.
3. **لخّص** نظرية الخلية.
4. **ميّز** بين الغشاء البلازمي والعضيات.

التفكير الناقد

5. **صِف** كيف يمكن لك أن تميز ما إذا كانت خلايا كائن حي مكتَشَف حديثًا بدائية النواة أم حقيقة النواة.

الرياضيات في علم الأحياء

6. إذا كانت قوة التكبير الإجمالية لعدستين هي ×30، وقوة تكبير إحداهما ×5. فكم تبلغ قوة تكبير العدسة الأخرى؟ احسب إجمالي قوة التكبير إذا تم استبدال العدسة التي تبلغ قوة تكبيرها ×5 بأخرى قوة تكبيرها ×7.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

الأسئلة الرئيسة

- كيف يعمل الغشاء البلازمي للخلية؟
- ما الدور الذي تؤديه كل من البروتينات والكربوهيدرات والكوليسترول في الغشاء البلازمي؟

مفردات للمراجعة

الأيون ion: ذرّة أو مجموعة من الذرّات ذات شحنة كهربائية موجبة أو سالبة

مفردات جديدة

النفاذية الاختيارية
selective permeability
طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة
phospholipid bilayer
البروتين الناقل transport protein
النموذج الفسيفسائي المائع
fluid mosaic model

الغشاء البلازمي

الفكرة الرئيسة **يساعد الغشاء البلازمي في المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية.**

الربط مع الحياة اليومية عند الدخول إلى مدرستك، تمرّ عبر بوابة متصلة بسور يُحيط بالمبنى، تمنع الأشخاص غير المعنيين من دخولها، فيما تَسمَح بدخول الطلاب والعاملين وأولياء الأمور. وكذلك الأمر بالنسبة لكل من الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة المزوّدة بتراكيب تحافظ على التحكم في بيئاتها الداخليّة.

وظيفة الغشاء البلازمي

تذكَّر أن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للكائنات الحية تُسمى الاتزان الداخلي (homeostasis)، وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويُعدّ الغشاء البلازمي إحدى التركيبات المسؤولة بشكل أساسي عن عملية الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز رقيق ومرن يفصل بين الخلية وبيئتها ويسمح بدخول المواد المغذية إليها وخروج الفضلات والمواد الأخرى منها. إنّ لكلّ الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة غشاءً بلازميًا يفصلها عن البيئات السائلة التي تتواجد فيها.

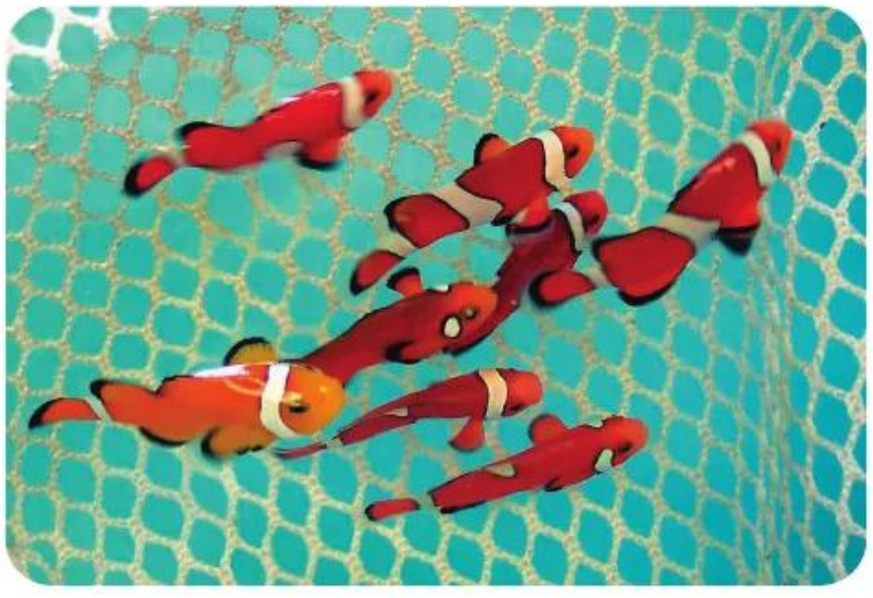
تُعدّ خاصية **النفاذية الاختيارية** إحدى الخصائص الأساسية للغشاء البلازمي، فهي تسمح بمرور بعض المواد عبر غشاء الخلية وتمنع مرور أخرى وذلك بناء على حجمها ونوعها وحاجة الخلية لها. اعتبر أنّ شبكة الصيد تمثّل تشبيهًا للنفاذية الاختيارية. تحوي الشبكة المبيّنة في **الشكل 5** ثقوبًا تسمح بمرور الماء والمواد الأخرى عبرها، ولكن تمنع مرور الأسماك. وبناءً على حجم الثقوب التي في الشبكة، فقد تمرّ بعض أنواع الأسماك عبرها، في حين لا تمرّ أنواع أخرى. ويوضِّح المخطط الموجود في **الشكل 5** خاصيّة النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي. كما تبيِّن الأسهم أنّ المواد تدخل إلى الخلية وتخرج منها عن طريق هذا الغشاء. إنّ تركيب الغشاء يتحكّم في كميّة المواد التي تدخل إلى الخلية وتخرج منها، بالإضافة إلى توقيت دخول وخروج هذه المواد، والطريقة التي يتم بها ذلك.

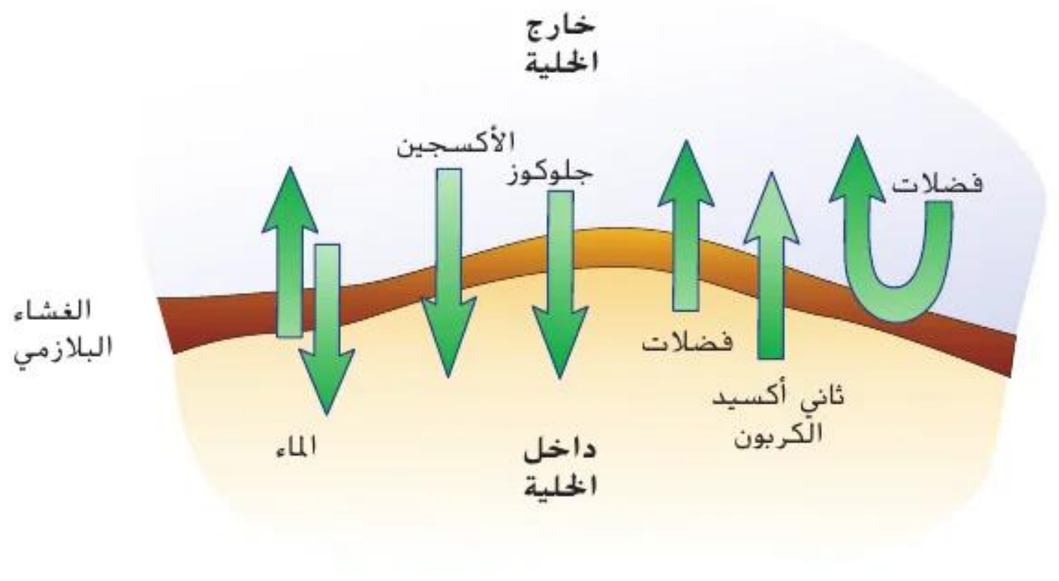
التأكد من فهم النص **عرِّف** مصطلح النفاذية الاختيارية.

الشكل 5

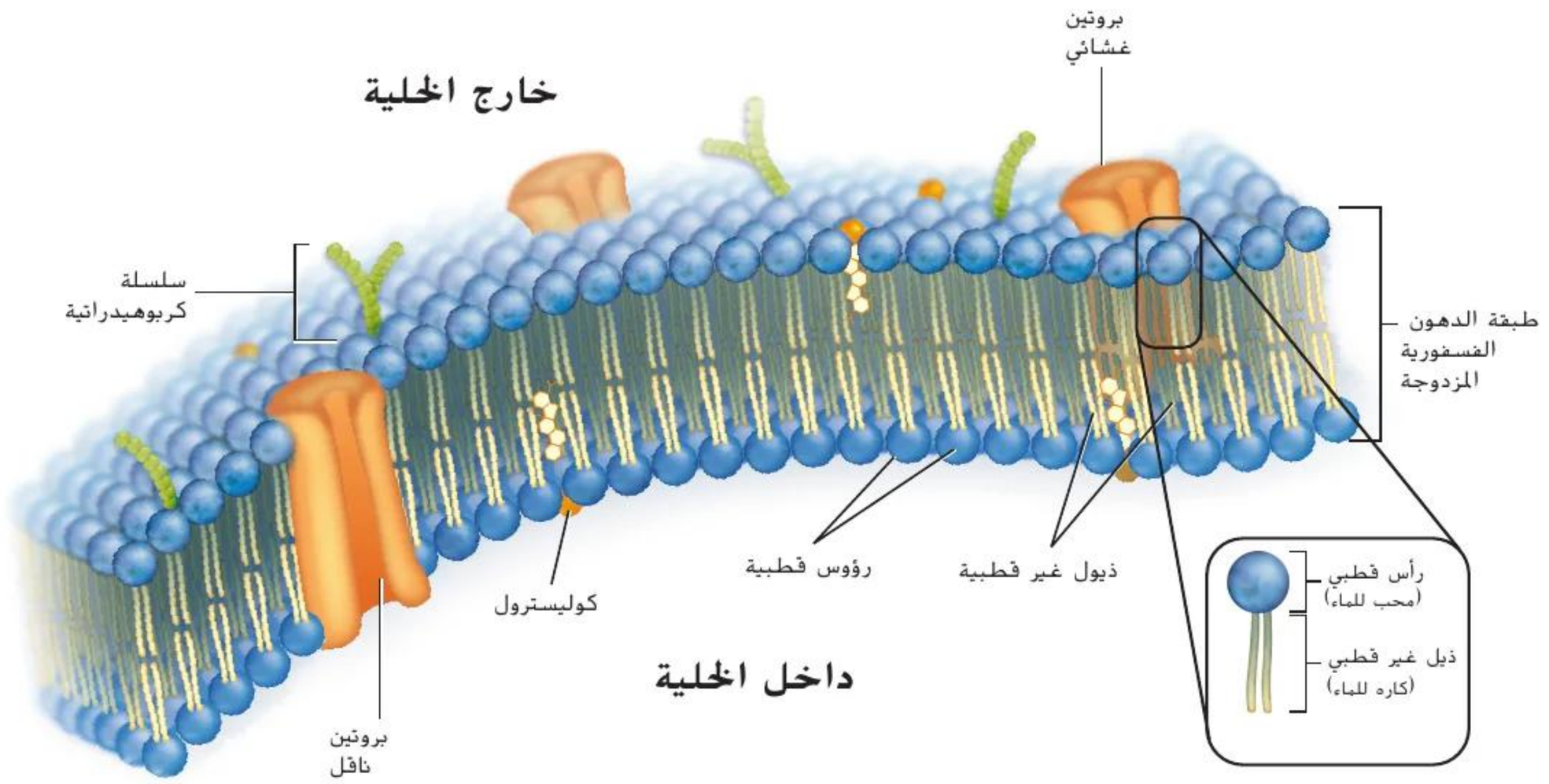
يسار: تحتجز شبكة الصيد الأسماك داخلها بحسب حجمها بينما تسمح بمرور الماء والمواد الأخرى عبرها.

يمين: يحدد الغشاء البلازمي، بالطريقة نفسها، المواد التي تدخل إلى الخلية وتخرج منها.





حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 6** تبدو طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة مثل الشطيرة، حيث يكون اتجاه الرؤوس القطبية المحبة للماء نحو الخارج والذيول غير القطبية كارهة للماء نحو الداخل.
استدلّ على طريقة عبور المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي.

تركيب الغشاء البلازمي

الـربط بالكـيمياء تتكوّن معظم جزيئات الغشاء البلازمي من الدهون. والدهون عبارة عن جزيئات كبيرة مكوّنة من الجليسرول وثلاثة أحماض دهنية. إذا حلَّت مجموعة فوسفات محل أحد الأحماض الدهنية، تتكوّن دهون فسفورية. إن جزيء الدهن الفوسفوري مكوّن من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكوّن الغشاء البلازمي من **طبقة دهون فوسفورية مزدوجة** التي تترتب فيها طبقتان من الدهون الفسفورية ذيلًا مقابل ذيل، كما هو موضَّح في **الشكل 6**. في الغشاء البلازمي، تُرتب الدهون الفسفورية نفسها بطريقة تسمح للغشاء بالتواجد في البيئة المائية.

طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة لاحظ في **الشكل 6** أنّ كل جزيء من الدهون الفسفورية ممثَّل على صورة رأس له ذيلان. إنّ مجموعة الفوسفات في كل طبقة من الدهون الفسفورية تجعل الرأس قطبيًا، وينجذب هذا الرأس القطبي إلى الماء لأن هذا الأخير قطبي أيضًا. أما ذيلا الأحماض الدهنية، فهما غير قطبيين ويتنافران مع الماء.

إن طبقتَي جزيئات الدهون الفسفورية تشبهان شطيرة. تشكّل ذيول الأحماض الدهنية فيها الجزء الداخلي من الغشاء البلازمي، بينما تكون رؤوس الدهون الفسفورية مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها كما هو مبيّن في **الشكل 6**. وتعدّ هذه البنية المزدوجة ضرورية في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتب الدهون الفسفورية بطريقة تجعل الرؤوس القطبية أكثر قربًا من جزيئات الماء والذيول غير القطبية أكثر بعدًا عنها.

عندما يتجمّع العديد من جزيئات الدهون الفسفورية بهذا الشكل، ينشأ حاجز قطبي عند السطوح وغير قطبي في الوسط. لذلك، فإنّ المواد الذائبة في الماء لن تمرّ بسهولة عبر الغشاء البلازمي لأن وسط الغشاء غير القطبي سيعيق حركتها. وهكذا، يستطيع الغشاء البلازمي فصل البيئة الداخلية للخلية عن بيئتها الخارجية.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

قطبي polar

الاستخدام العلمي: التوزيع غير المتساوي للشحنات
يجذب الطرف الموجب لجزيء قطبي الطرف السالب لجزيء قطبي آخر.

الاستخدام العام: مرتبط بالقطب الجغرافي أو المنطقة الجغرافية
يبلغ متوسط سمك الغطاء الجليدي القطبي في جرينلاند *1.6 km*.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المكوّنات الأخرى للغشاء البلازمي إلى جانب الدهون الفوسفورية ينتقل في الغشاء البلازمي كل من الكوليسترول والبروتينات والكربوهيدرات. وترسل البروتينات، التي تُعرف بالمستقبِلات، حين تتواجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي، إشارات إلى داخل الخلية. إضافةً إلى ذلك، تربط البروتينات، الموجودة على السطح الداخلي، الغشاء البلازمي بتركيب الدعم الخلوي الداخلي، مما يعطي الخلية شكلها الخاص. كما تخترق بروتينات أخرى الغشاء كله وتكوّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد إلى الخلية وتخرج منها. تنقل **البروتينات الناقلة** هذه المواد اللازمة أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي وتساهم بذلك في النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

التأكد من فهم النص **صِف** فائدة التركيب المزدوج للغشاء البلازمي.

حدِّد موقع جزيئات الكوليسترول في **الشكل 6**. يتنافر الكوليسترول غير القطبي مع الماء ولذلك فهو موجود بين جزيئات الدهون الفسفورية. ويساعد الكوليسترول على منع التصاق ذيول الأحماض الدهنية في طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة بعضها مع بعض، مما يسهم في ميوعة الغشاء البلازمي. على الرغم من أنه يُنصح بتجنب المواد الغذائية الغنية بالكوليسترول، إلا أنّ الكوليسترول يؤدي دورًا مهمًا في تركيب الغشاء البلازمي ويُعدّ مادة مهمة أيضًا للحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

ثمة مواد أخرى في الغشاء البلازمي، مثل الكربوهيدرات المرتبطة بالبروتينات، تبرز من الغشاء البلازمي لتحديد خصائص الخلية ومساعدة الخلايا في تحديد الإشارات الكيميائية. على سبيل المثال، قد تساعد الكربوهيدرات الموجودة في الغشاء البلازمي الخلايا المقاومة للمرض في التعرّف على الخلية الضارة ومهاجمتها.

اقتراح لدراسة

جلسة تبادل الأسئلة اعمل مع زميل لك وتبادلا طرح الأسئلة عن الغشاء البلازمي. ثم ناقشا إجاباتكما. واطرحا أكبر عدد ممكن من الأسئلة التي تتبادر إلى ذهنيكما أثناء تبادل الأدوار.

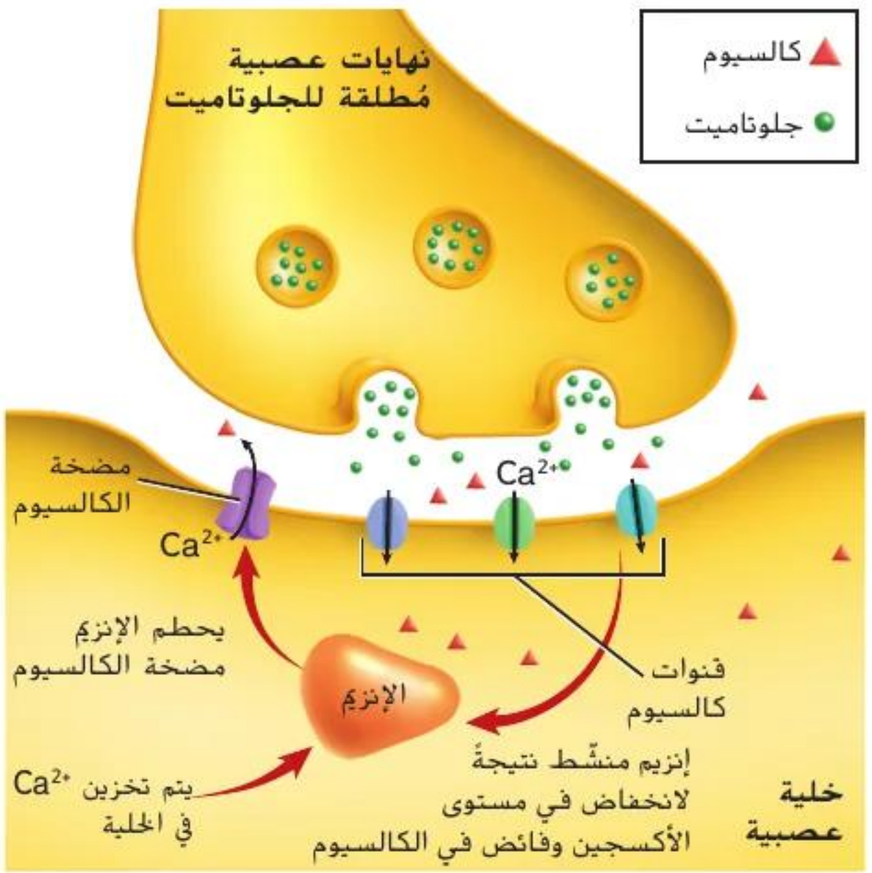
مساحة لتحليل البيانات 1

استنادًا إلى دراسات*

تفسير المخطط

كيف تسهم قنوات البروتين في موت الخلايا العصبية بعد السكتة الدماغية؟ تحدث السكتة الدماغية عندما تمنع خثرة دم تدفّق الدم المحمَّل بالأكسجين كليًّا في جزء من الدماغ. ونظرًا إلى أنّ الخلايا العصبية التي تطلق الجلوتاميت في الدماغ حساسة تجاه نقص الأكسجين، فإنها تطلق كمية كبيرة من هذه المادّة عند انخفاض مستوى الأكسجين. بالتالي، تُدمَّر مضخة الكالسيوم أثناء التدفق الكبير للجلوتاميت ما يؤثّر في حركة دخول أيونات الكالسيوم الى الخلايا العصبية والخروج منها. والجدير بالذكر أنه عندما تحتوي الخلايا على فائض من الكالسيوم، يحدث خلل في الاتزان الداخلي.

البيانات والملاحظات

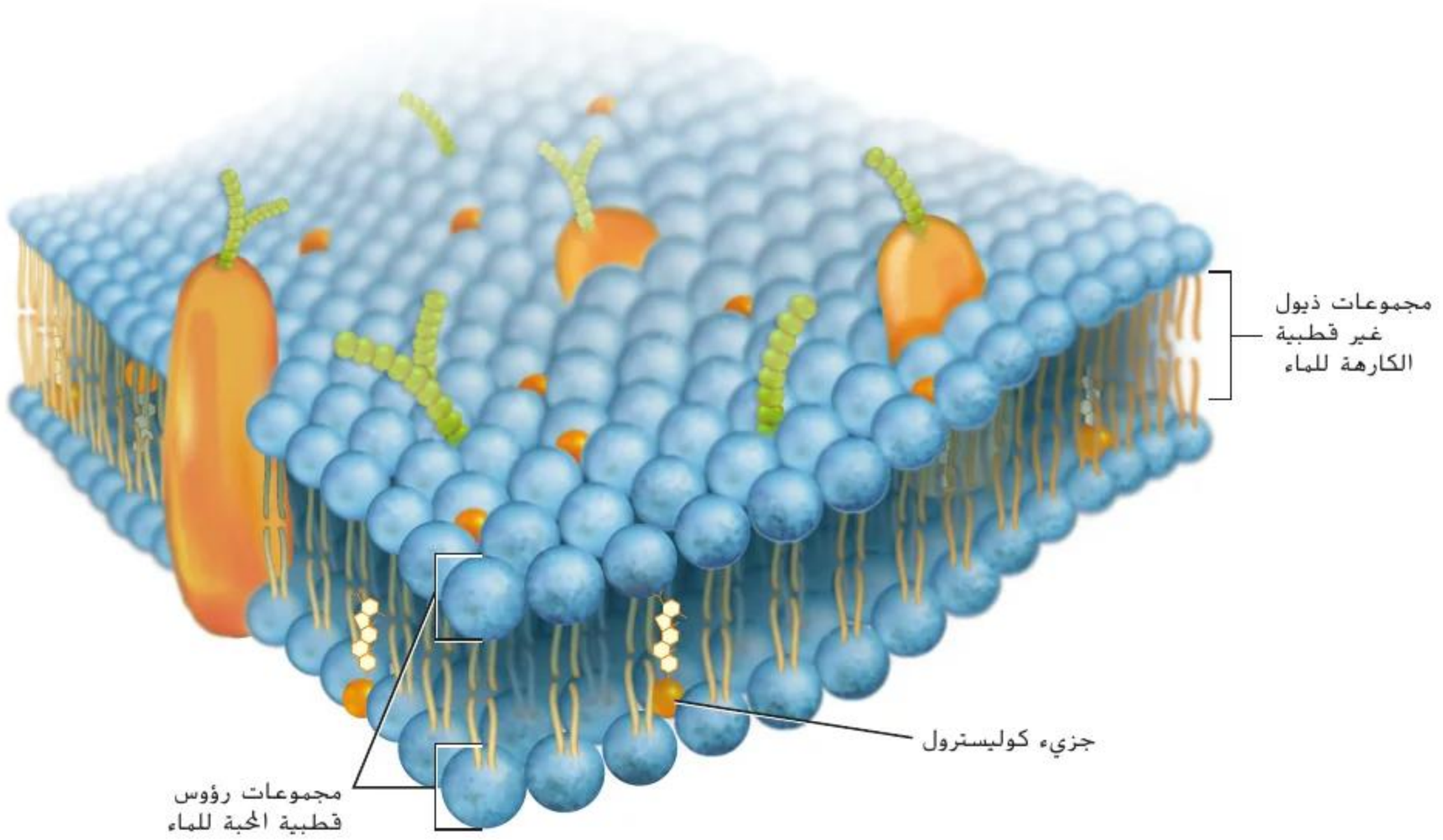


التفكير الناقد

1. **فسّر** الطريقة التي يتسبّب بها تدفق الجلوتاميت في تدمير مضخة الكالسيوم.
2. **توقّع** ما الذي قد يحدث في حال انخفضت مستويات الكالسيوم (Ca^{2+}) في الخلايا العصبية أثناء السكتة الدماغية.

*أخذت البيانات من: Choi, D.W. 2005. Neurodegeneration: cellular defences destroyed. *Nature* 433: 696–698.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 7** يمثّل النموذج الفسيفسائي المائع غشاءً بلازميًا ينطوي على مواد تستطيع التنقل في داخله.

تكوّن طبقتا الدهون الفسفورية مجتمعتين "بحرًا" يمكن لجزيئات أخرى أن تطفو فيه، مثل التفاح الذي يطفو على سطح برميل من الماء. إنّ مفهوم "البحر" هذا هو أساس **النموذج الفسيفسائي المائع** للغشاء البلازمي. قد تتحرك الدهون الفسفورية على الجانبين داخل الغشاء، تمامًا مثلما يتنقل التفاح في الماء. في الوقت نفسه، تتحرك مكوّنات أخرى في الغشاء، مثل البروتينات، إلى جانب الدهون الفسفورية. ونظرًا إلى وجود مواد مختلفة في الغشاء البلازمي، يتكوَّن نمط أو شكل فسيفسائي على السطح. يمكنك الاطلاع على هذا النمط في **الشكل 7**. تكون مكوّنات الغشاء البلازمي في حالة حركة دائمة، وتنزلق الواحدة بمحاذاة الأخرى.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- تُعتبر النفاذية الاختيارية إحدى خصائص الغشاء البلازمي التي تتيح له التحكم بما يدخل إلى الخلية ويخرج منها.
- يتكوّن الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون الفسفورية.
- يسهم الكوليسترول والبروتينات الناقلة في أداء الغشاء البلازمي لوظيفته.
- يمثّل النموذج الفسيفسائي المائع الغشاء البلازمي.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صِف** الطريقة التي يساعد بها الغشاء البلازمي في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.
2. **اشرح** طريقة بقاء الجزء الداخلي من الخلية منفصلًا عن بيئته المحيطة.
3. **ارسم** مخططًا للغشاء البلازمي واذكر اسم كل مكوّن.
4. **حدِّد** الجزيئات التي تمنح الخلية التركيب الأساسي لغشائها البلازمي وميوعته، وتحدد هوية الخلية.

التفكير الناقد

5. **اشرح** تأثير وجود كميات كبيرة من الكوليسترول في الغشاء البلازمي.

الكتابة في علم الأحياء

6. باستخدام ما تعرفه عن مصطلح فسيفساء، اكتب فقرة تصف فيها تركيبًا حيويًا فسيفسائيًا آخر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

الأسئلة الرئيسة

- ما تراكيب الخليّة النموذجية حقيقية النواة وما وظائفها؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين كل من الخلايا النباتية والحيوانية؟

مفردات للمراجعة

الإنزيم enzyme: بروتين يزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية

مفردات جديدة

cytoplasm	سيتوبلازم
cytoskeleton	هيكل خلوي
ribosome	رايبوسوم
nucleolus	نويّة
endoplasmic reticulum	شبكة بلازميّة داخليّة
golgi apparatus	جهاز جولجي
vacuole	فجوة
lysosome	جسم محلِّل
centriole	مُريكِز
mitochondrion	جسم فتيلي (ميتوكوندريا)
chloroplast	بلاستيدة خضراء
cell wall	جدار الخلية
cilium	هَدَب
flagellum	سَوط

التراكيب والعضيّات

الفكرة الرئيسة **تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عضيات لكل منها وظيفة متخصصة ومنفصلة داخل الخليّة.**

الربط مع الحياة اليومية افترض أنك في طور تأسيس شركة لتصنيع أحذية سير خاصة بالمسافات الطويلة. يمكن لكلّ زوج من الأحذية أن يُصنع على حدة على يد شخص واحد، لكن اعتماد خط تجميع سيكون أكثر فاعلية. على نحوٍ مماثل، فإن للخلايا حقيقية النواة تراكيب متخصّصة تؤدي مهامّ محددة، بشكلٍ يشبه عمل المصنع إلى حد كبير.

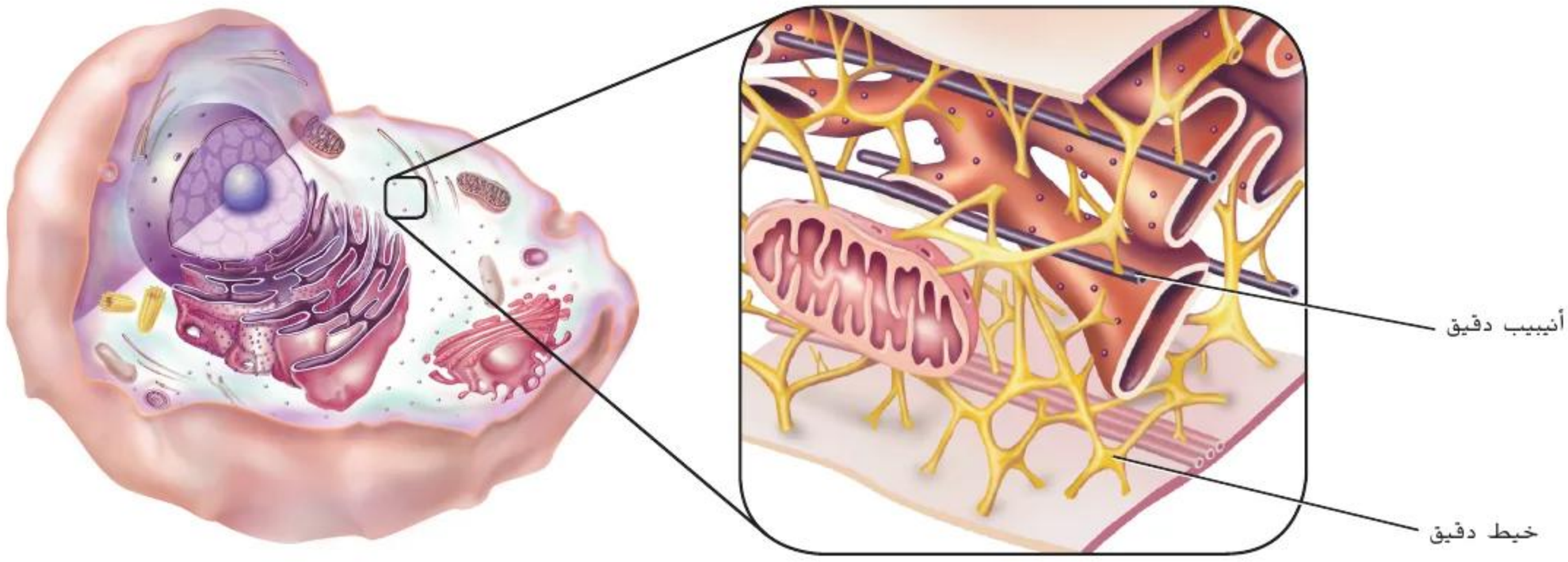
السيتوبلازم والهيكل الخلوي

لقد تعرَّفت للتو على الغشاء البلازمي الذي يعمل كحاجزٍ بين البيئتين الداخلية والخارجية للخلية. البيئة الداخلية للخلية هي مادة شبه مائعة تُسمّى **السيتوبلازم**. إنّ كل العمليات الكيميائية في خليّةٍ بدائية النواة، مثل تحليل السكر لتوليد الطاقة المُستخدمة للقيام بوظائف أخرى، كلُّها تحدث مباشرةً في السيتوبلازم. في حين تؤدي الخلايا حقيقية النواة هذه العمليات داخل عضيات في السيتوبلازم. لقد اعتقد العلماء، في السابق، أنّ عضيات الخلية تسبح في بحر من السيتوبلازم.

مؤخّرًا، اكتشف المتخصصون في علم الأحياء الخلوي، أنّ العضيات لا تسبح بحريّة في الخلية، بل يدعمها تركيب داخل السيتوبلازم مشابه للتركيب المُبيَّن في **الشكل 8**. **الهيكل الخلوي** هو شبكة داعمة من الألياف البروتينية الطويلة والرفيعة التي تكوّن إطارًا للخلية وتُثبّت العضيات داخلها. كذلك، يقوم الهيكل الخلوي بوظيفة تتعلّق بحركة الخلية وغيرها من الأنشطة الخلوية.

يتكوّن الهيكل الخلوي من تراكيب ثانوية تُسمَّى **الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة**. الأنيبيبات الدقيقة تراكيب بروتينية أسطوانية طويلة ومجوَّفة تشكّل هيكلًا صلبًا للخلية وتساعد في نقل المواد داخلها. أما الخيوط الدقيقة، فهي خيوط بروتينية رفيعة تساهم في إعطاء الخلية شكلها، كما إنها تمنح الخلية كاملة، أو أجزاء منها، القدرة على الحركة. تتجمّع الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة وتتفرّق وتنزلق واحدة بمحاذاة الأخرى، مما يتيح للخلايا والعضيات بالحركة.

الشكل 8 يتكوّن الهيكل الخلوي من أنيبيبات دقيقة وخيوط دقيقة.



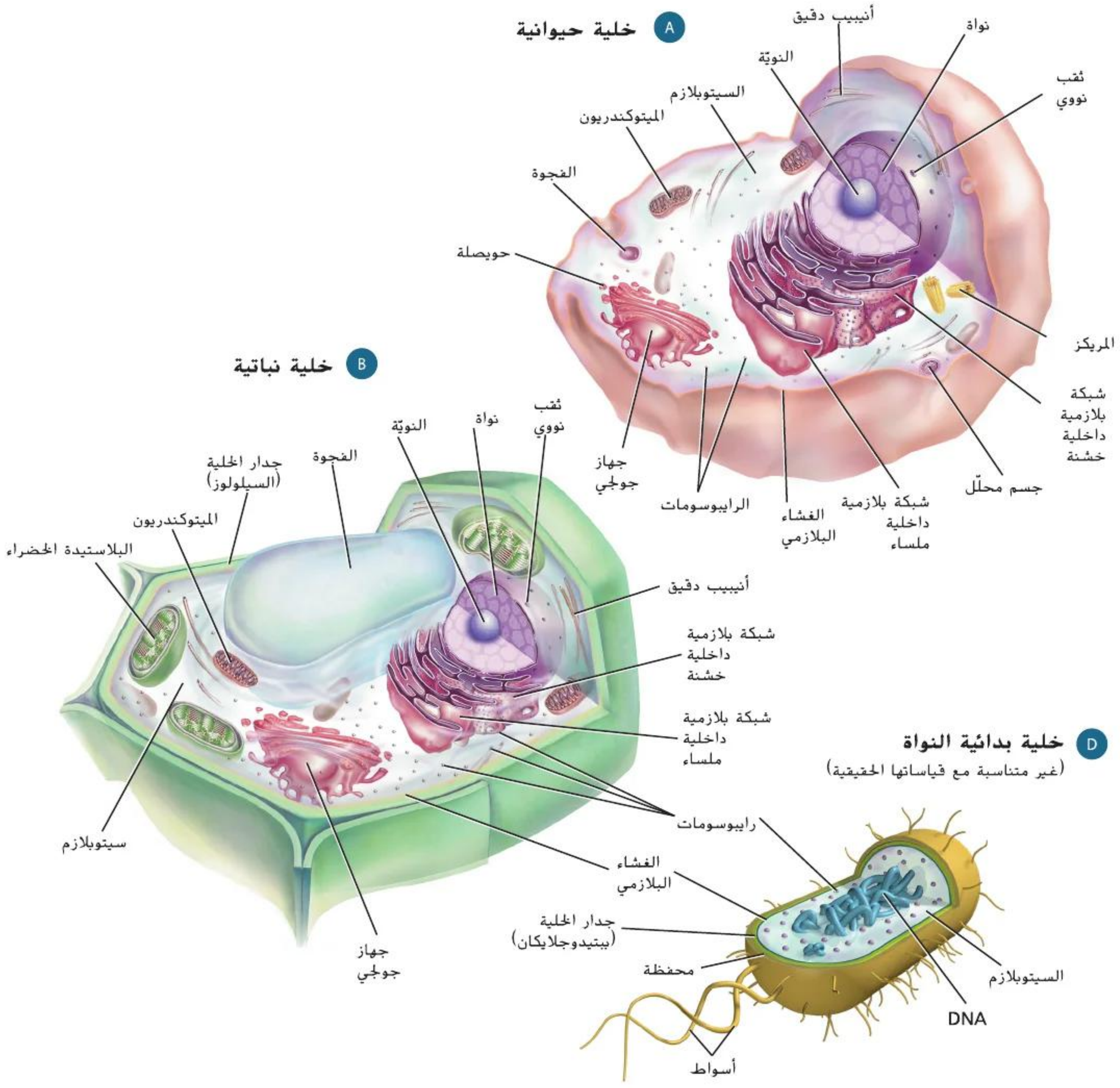
الهيكل الخلوي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوّر الخلايا

الشكل 9

قارن بين الرسوم التوضيحية لكل من خليّة نباتية وخليّة حيوانية وخليّة بدائية النواة. بعض العضيات موجودة في الخلايا النباتية فقط، بينما توجد عضيات أخرى فقط في الخلايا الحيوانية. ليس للخلايا بدائيّة النواة عضيات محاطة بغشاء.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تراكيب الخلايا

توجد في المصانع مناطق منفصلة مخصّصة لأداء مهام مختلفة. على نحو مماثل، تضمّ الخلايا حقيقية النواة مناطق منفصلة لأداء المهام. إنّ كون العضيات محاطة بالغشاء يسمح بحدوث العمليات الكيميائية المختلفة في أجزاء مختلفة من السيتوبلازم وفي الوقت نفسه. تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية مثل بناء البروتين وتحويل الطاقة وهضم الغذاء وإخراج الفضلات وانقسام الخلية. لكلّ نوع من أنواع هذه العضيّات تركيب ووظيفة فريدان. يمكن مقارنة العضيات بمكاتب مصنع ما وخطوط التجميع فيه ومناطق أخرى مهمة تحافظ على استمرار العمل فيه. أثناء قراءتك عن العضيات المختلفة، راجع مخططات الخلايا النباتية والحيوانية في **الشكل 9** للاطلاع على عضيات من كل نوع.

النواة تحتاج الخلية إلى عضية توجّه عملياتها، مثلما يحتاج المصنع إلى مدير. فالنواة المبيّنة في **الشكل 10**، هي التركيب الذي يدير عمليات الخليّة. وتحتوي النواة على معظم DNA الخلية الذي يخزّن المعلومات المستخدَمة في بناء البروتينات اللازمة لنمو الخلية وقيامها بوظيفتها وتكاثرها.

يحيط بالنواة غشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي، مشابه للغشاء البلازمي مع فارق أن للغشاء النووي ثقوبًا نووية تسمح للمواد الكبيرة الحجم بدخول النواة والخروج منها. أمّا الكروماتين، وهو DNA معقّد مرتبط بالبروتين، فينتشر داخل النواة.

التأكد من فهم النص **صِف** دور النواة.

الرايبوسومات إنّ إنتاج البروتينات هو أحد وظائف الخليّة. تُسمَّى العضيات التي تساعد في صنع البروتينات **رايبوسومات**. تتكوّن الرايبوسومات من الـ RNA والبروتين، وخلافاً للعضيات الأخرى، فهي غير محاطة بغشاء. داخل النواة ثمّة موقع لإنتاج الرايبوسومات يسمى **النويّة**، كما هو مبيَّن في **الشكل 10**.

تحتوي الخلية على عدد كبير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات متنوّعة تستخدمها الخليّة أو تُنقَل إلى خارجها فتستخدمها خلايا أخرى. إنّ بعض الرايبوسومات يطفو بحرية في السيتوبلازم، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضية أخرى تسمى الشبكة البلازمية الداخلية. تُنتِج الرايبوسومات الطافية بِحُريّة بروتينات تُستخدم داخل سيتوبلازم الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة، فتُنتج بروتينات تُحاط بأغشية أو تستخدمها خلايا أخرى لاحقًا.

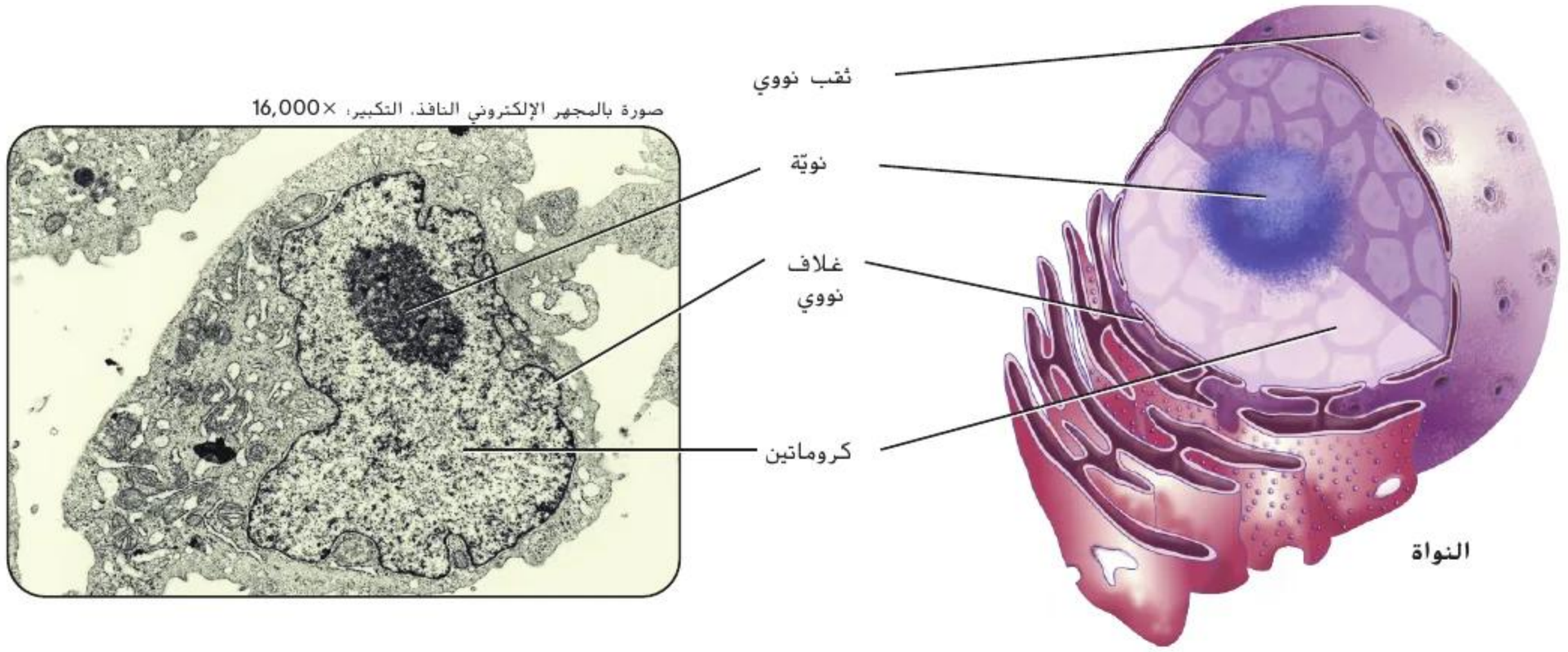
مفردات

أصل الكلمة

السيتوبلازم cytoplasm

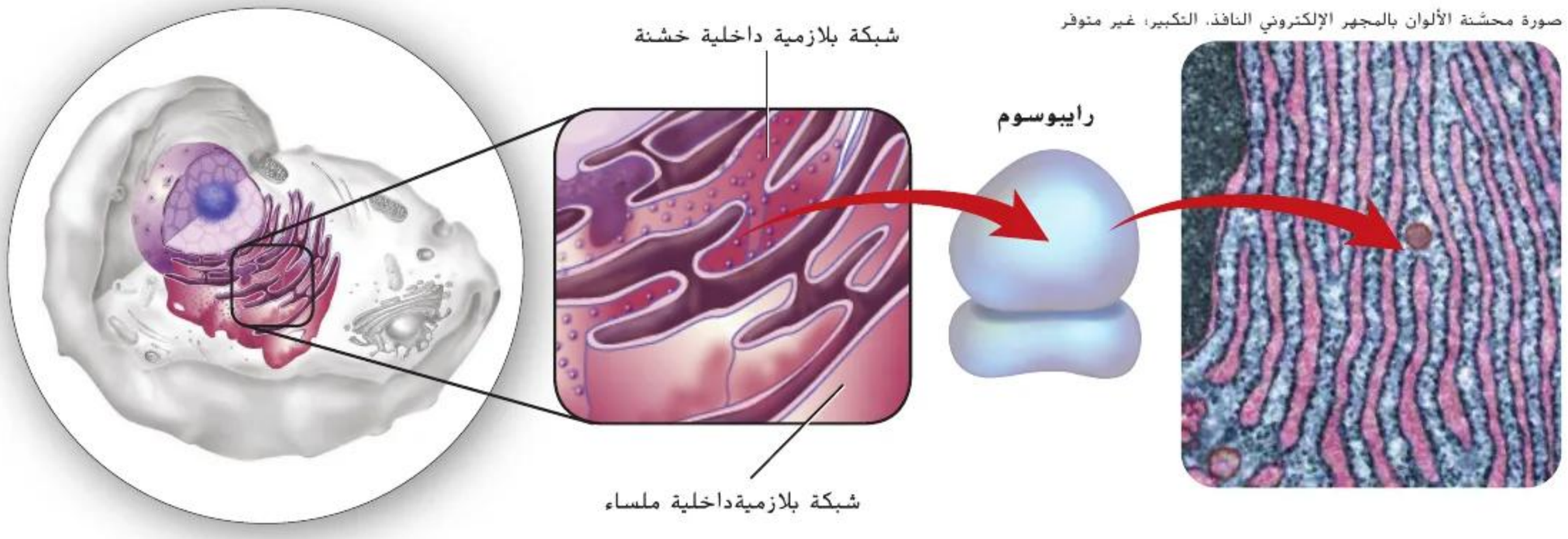
الهيكل الخلوي cytoskeleton

- cyte: بادئة؛ من اللغة اليونانية، تعني خليّة.



■ **الشكل 10** نواة الخلية لها شكلٌ ثلاثي الأبعاد. تُبيّن الصورة المجهرية قطاعًا عرضيًا لنواة.
استدلّ على سبب عدم التشابه بين كل المقاطع العرضية لنواة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 11** الرايبوسومات هي تراكيب بسيطة تتكوّن من RNA وبروتين قابل للارتباط مع سطح الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة. تبدو الرايبوسومات كنتوءات على الشبكة البلازمية الداخلية.

الشبكة البلازمية الداخلية إنّ **الشبكة البلازمية الداخلية** هي نظام غشائي مُكوَّن من أكياس مطوية وقنوات متداخلة تعمل كمواقع لبناء البروتين والدهون. توفّر الطيّات والثنيات الموجودة فيها مساحة سطح كبيرة لإفساح المجال أمام الوظائف الخلوية كي تأخذ مجراها. والمنطقة حيث ترتبط الرايبوسومات بالشبكة البلازمية الداخلية تسمّى بالشبكة البلازمية الداخلية الخشنة. لاحظ في **الشكل 11** أنّ نتوءاتٍ تظهر في الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة. إنها الرايبوسومات المرتبطة التي تُنتج بروتينات تمهيدًا لنقلها إلى خلايا أخرى.

يبيّن **الشكل 11** أيضًا وجود مناطق على الشبكة البلازمية الداخلية لا ترتبط بها رايبوسومات. تُسمَّى منطقة الشبكة البلازمية الداخلية التي لا ترتبط بها رايبوسومات، الشبكة البلازمية الداخلية الملساء. رغمَ خُلوِّها من الرايبوسومات، تقوم الشبكة البلازمية الداخلية الملساء بوظائف مهمّة للخلية. على سبيل المثال، هي توفّر سطحًا غشائيًا يتم فيه بناء مجموعة متنوعة من الكربوهيدرات والدهون المعقَّدة، بما فيها الدهون الفوسفورية. كما تعمل الشبكة البلازمية الداخلية الملساء في الكبد على إزالة سموم المواد الضارة ولا توجد في الخلية النباتية.

مساحة لتحليل البيانات 2

استنادًا إلى دراسات*

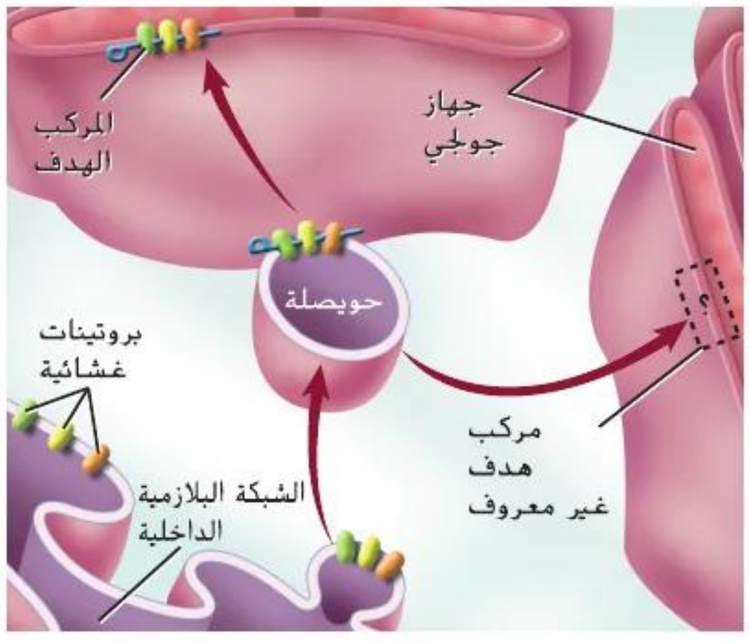
فسِّر البيانات

كيف يتم تنظيم انتقال الحويصلات من الشبكة البلازمية الداخلية إلى جهاز جولجي؟ تبني الرايبوسومات بعض البروتينات على سطح الشبكة البلازمية الداخلية. وتُعالَج البروتينات في الشبكة البلازمية الداخلية وتنفصل الحويصلات المتضمِّنة هذه البروتينات وتنتقل إلى جهاز جولجي. يدرس العلماء حاليًا الجزيئات التي تدخل في عملية التحام هذه الحويصلات بجهاز جولجي.

التفكير الناقد

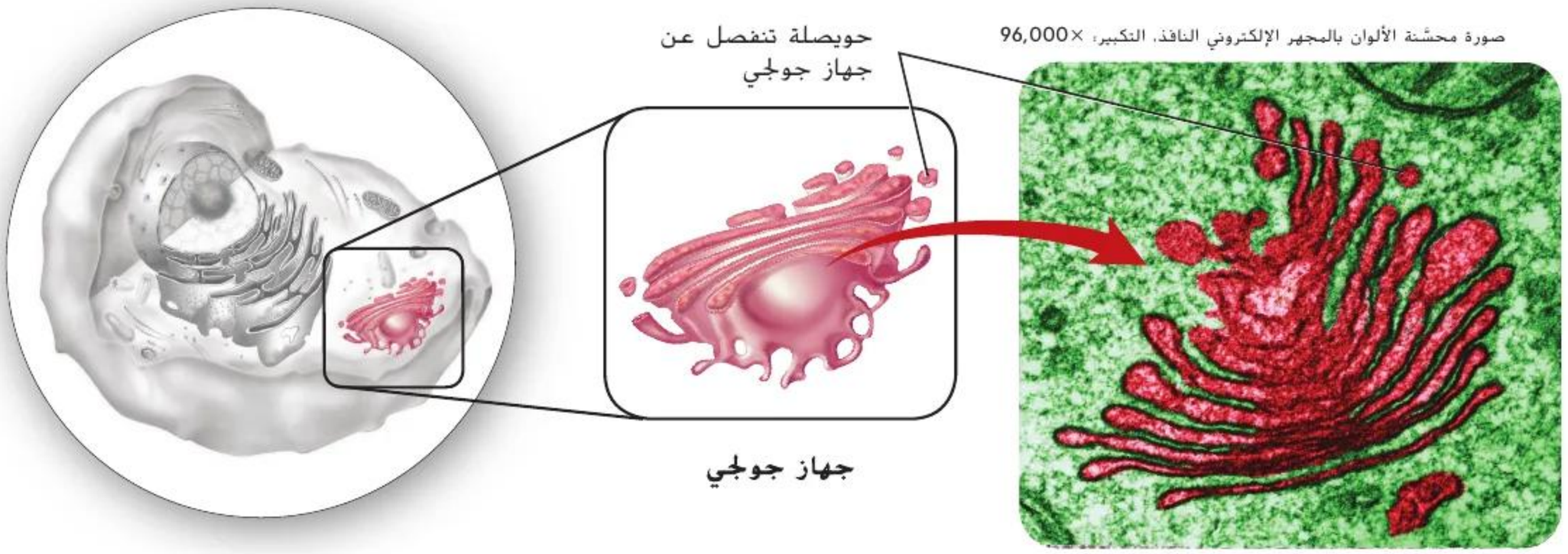
1. **فسّر الرسم التخطيطي** بتسمية مركّبين موجودين على جهاز جولجي قد يكون لهما دور في عمليّة التحام الحويصلات.
2. ضع فرضيّة تفسّر عملية انتقال الحويصلات مستندًا إلى ما قرأته عن السيتوبلازم والهيكل الخلوي.

البيانات والملاحظات



*أخذت البيانات من: Brittle, E. E., and Waters, M. G. 2000. ER-to-golgi traffic—this bud's for you. *Science* 289: 403-404.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

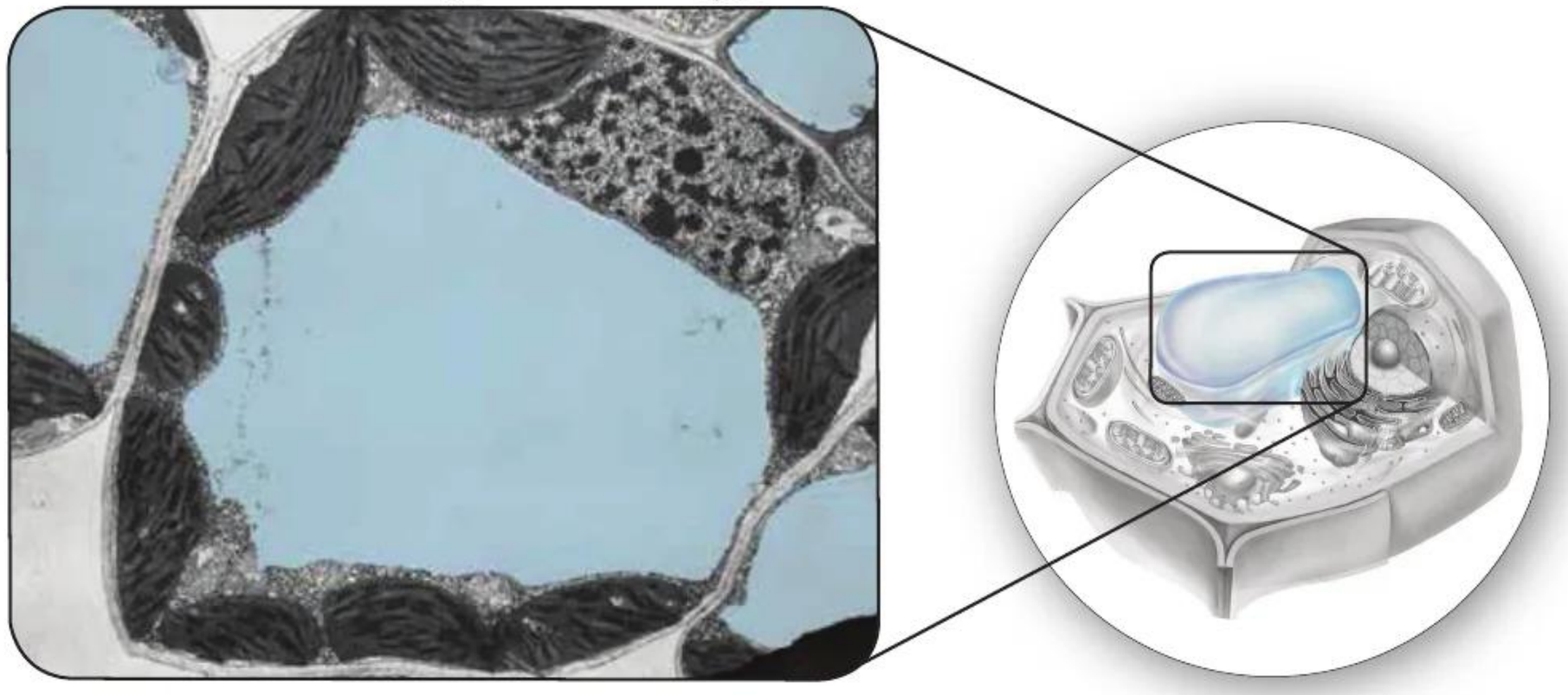


■ **الشكل 12** أكوام مسطحة من الأغشية تكوّن جهاز جولجي.

جهاز جولجي بعد أن تتمّ صناعة أحذية المشي في المناطق الوعرة في المصنع، يتعيّن جمعها في أزواج ووضعها في عُلب ثمّ شحنها. على نحوٍ مماثل، بعد بناء البروتينات في الشبكة البلازمية الداخلية، ينتقل بعضها إلى جهاز جولجي، كما هو مبيَّن في **الشكل 12**. إنّ **جهاز جولجي** هو عبارة عن كومة مسطحة من الأغشية التي تُعدِّل البروتينات وتصنِّفها وتغلِّفها داخل أكياس تُسمَّى الحويصلات. بعد ذلك، يصبح بمقدور هذه الحويصلات أن تلتحم بغشاء الخلية البلازمي لإطلاق البروتينات باتجاه البيئة الخارجية للخليّة. لاحظ الحويصلات المبيَّنة في **الشكل 12**.

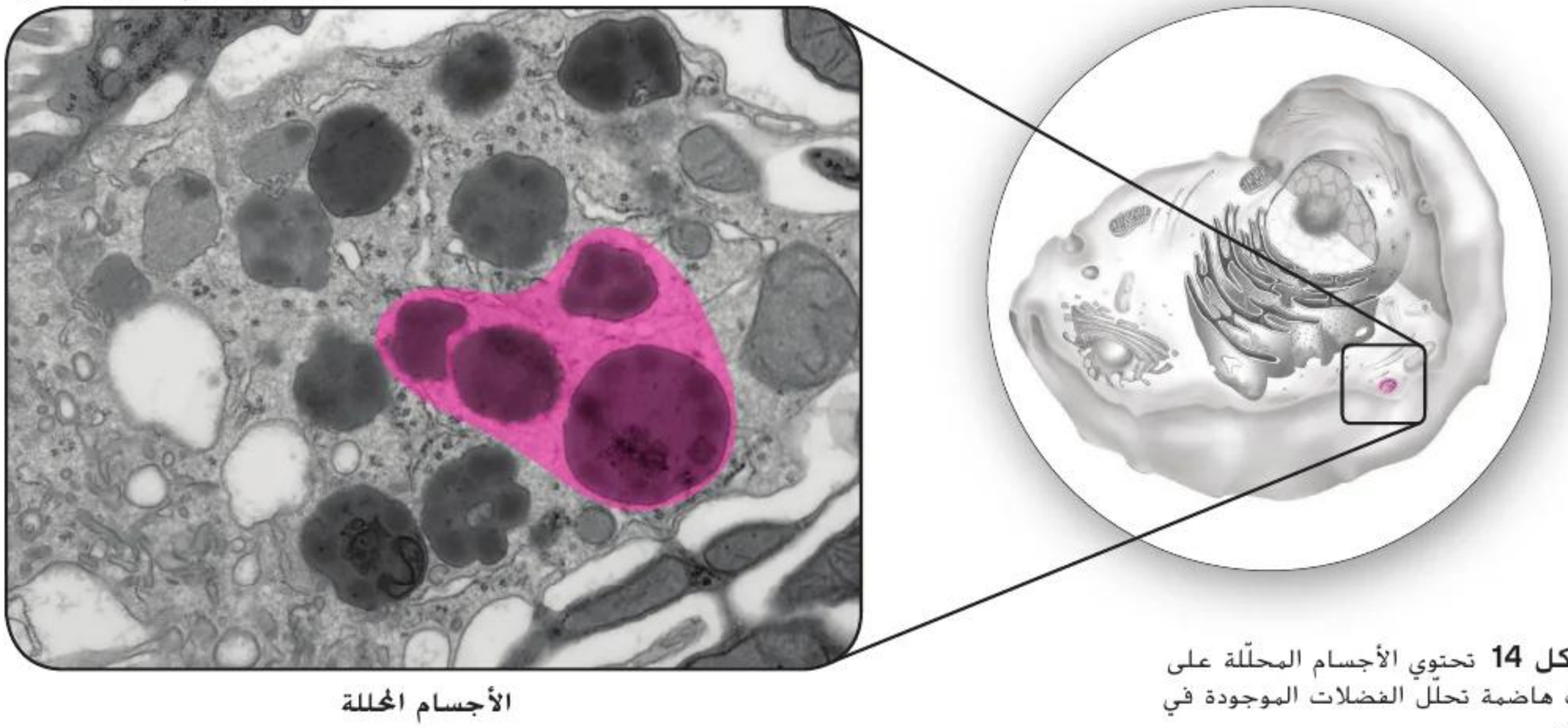
الفجوات يحتاج المصنع إلى مكان لتخزين المواد والفضلات. كذلك الأمر بالنسبة للخلايا، إذ لديها حويصلات محاطة بغشاء تُسمَّى فجوات، لتخزين المواد بصورة مؤقتة داخل السيتوبلازم. و**الفجوة**، كالفجوة النباتية المبيّنة في **الشكل 13**، هي كيس يُستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية. بعض الفجوات تقوم بتخزين الفضلات. من المثير للاهتمام أنّ الخلايا الحيوانية عادةً لا تحتوي على فجوات وإذا حدث ذلك، فإن الفجوات تكون أصغر بكثير من تلك الموجودة في الخلايا النباتية.

■ **الشكل 13** تحتوي الخلايا النباتية على حجرات تخزين كبيرة محاطة بغشاء تُسمَّى فجوات.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الضوئي، التكبير؛ غير معروف



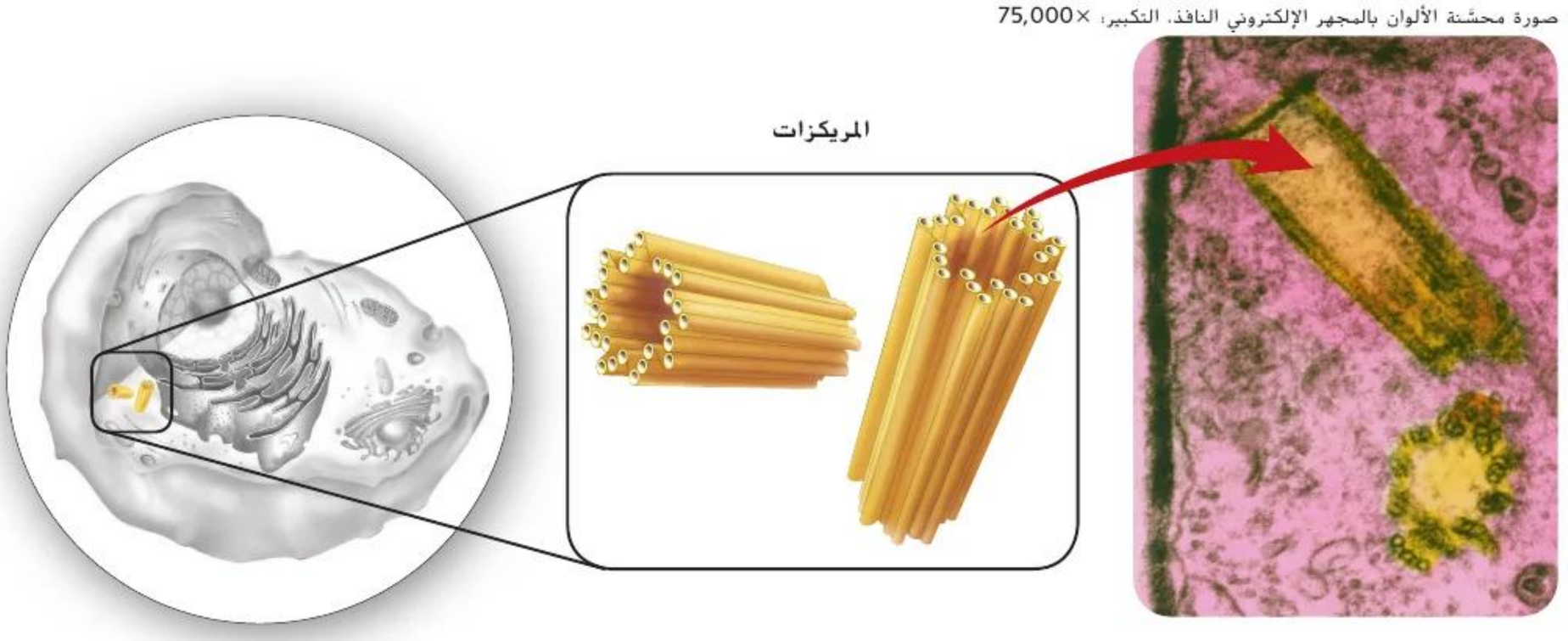
■ **الشكل 14** تحتوي الأجسام المحلّلة على إنزيمات هاضمة تحلل الفضلات الموجودة في الفجوات.

الأجسام المحلّلة تحتاج المصانع والخلايا إلى طواقم تنظيف. ثمة في الخلية **أجسام محلّلة**، مبيَّنة في **الشكل 14**، وهي حويصلات تحتوي على مواد تهضم العضيات الفائضة أو التالفة وجسيمات الغذاء. هذه الأجسام المحلّلة تهضم أيضًا البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخليّة. لكنّ الغشاء المحيط بالأجسام المحلّلة يمنع الإنزيمات الهاضمة داخلها من تدمير الخلية. قد تلتحم الأجسام المحلّلة مع الفجوات ثم تطرح إنزيماتها في هذه الفجوات لتهضم الفضلات داخلها.

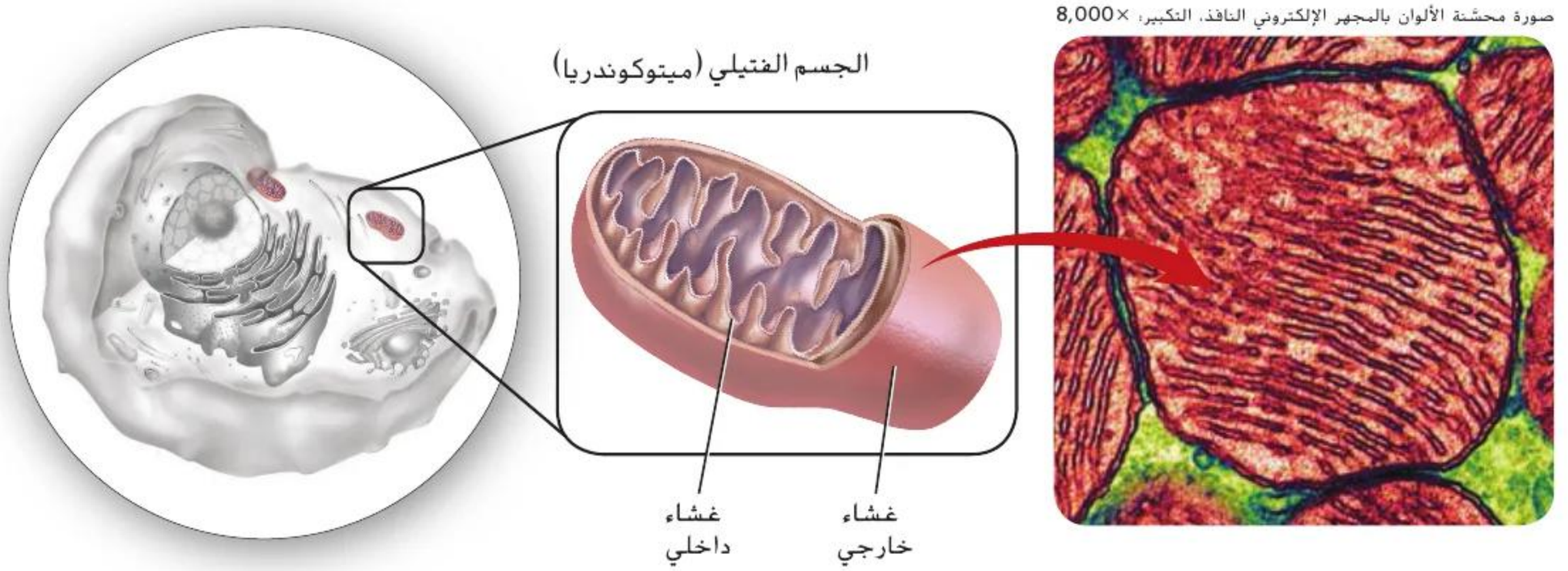
المريكزات سبق أن قرأت في هذا القسم عن الأنيبيبات الدقيقة والهيكل الخلوي. إنّ مجموعات الأنيبيبات الدقيقة تُكوّن تركيبًا آخر يسمى المريكز. إنّ **المريكزات**، المبيَّنة في **الشكل 15**، هي عضيات مكوّنة من أنيبيبات دقيقة تعمل أثناء انقسام الخليّة. تتواجد المريكزات في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية ومعظم الطلائعيات وتكون عادةً مجاورة للنواة.

■ **الشكل 15** تتكوّن المريكزات من الأنيبيبات الدقيقة وتؤدي دورًا في انقسام الخلية.

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير: ×75,000



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



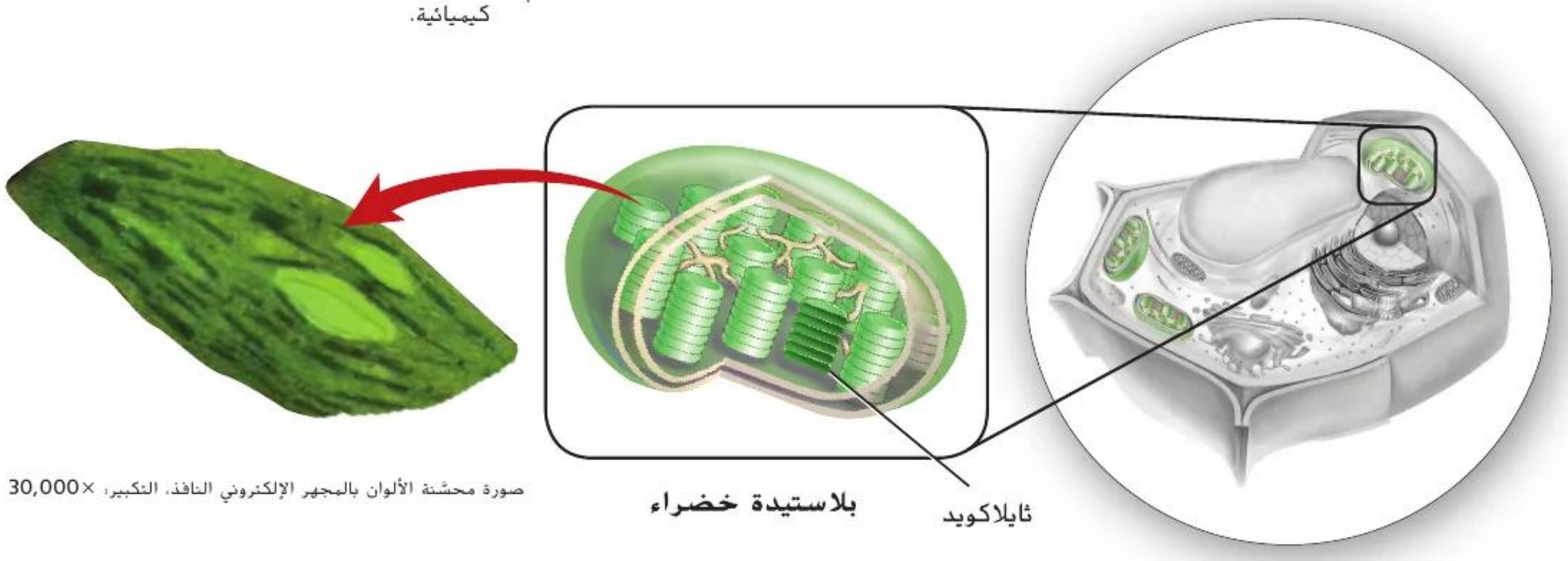
الأجسام الفتيليّة تخيّل الآن أنّ لمصنع أحذية مولّدًا خاصًا ينتج له الطاقة الكهربائية التي يحتاج إليها. تتمتع الخلايا أيضًا بمولدات للطاقة تسمّى **الأجسام الفتيليّة (الميتوكوندريا)**. التي تعمل على تحويل جزيئات المواد الغذائية (السكريّات بشكل أساسي) إلى طاقة قابلة للاستخدام. يُبيّن **الشكل 16** أنّ للجسم الفتيلي، غشاءً خارجيًا وآخرَ داخليًا كثير الثنيات، يوفّران مساحة سطح كبيرة لتكسير الروابط في جزيئات السكر. وتُخزَّن الطاقة الناجمة عن هذا التكسير في روابط جزيئات أخرى لتستخدمها الخلية لاحقًا. لهذا السبب، تُسمَّى الأجسام الفتيليّة غالبًا "محطات توليد الطاقة" في الخلايا.

البلاستيدات الخضراء تحتاج آلات المصنع إلى الكهرباء التي تتولّد عن طريق حرق الوقود الأحفوري أو تجميع الطاقة من مصادر بديلة كالشمس. إنّ للخلايا النباتية طريقتها الخاصة في استخدام الطاقة الشمسية. بالإضافة إلى الأجسام الفتيليّة، تحتوي خلايا النباتات وبعض الخلايا حقيقية النواة الأخرى على **بلاستيدات خضراء**، وهي عضيات تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية من خلال عمليّة تُسمَّى البناء الضوئي. ادرس **الشكل 17** ولاحظ وجود الكثير من الحجرات الصغيرة على شكل أقراص داخل الغشاء الداخلي تسمَّى ثايلاكويدات. وداخل الثايلاكويدات، يتمّ حبس الطاقة الشمسية من قِبَل صبغ يُسمَّى كلوروفيل. يمنح الكلوروفيل الأوراق والسيقان اللون الأخضر.

تنتمي البلاستيدات الخضراء إلى مجموعة من عضيات النبات تسمّى بلاستيدات، يستخدم بعضها للتخزين. بعض البلاستيدات تُخزِّن النشويات أو الدهون، بينما يحتوي بعضها الآخر، مثل البلاستيدات الملوّنة، على صبغات إمّا حمراء أو برتقالية أو صفراء تحبس الطاقة الضوئية وتمنح تراكيب النبات مثل الأزهار والأوراق ألوانها.

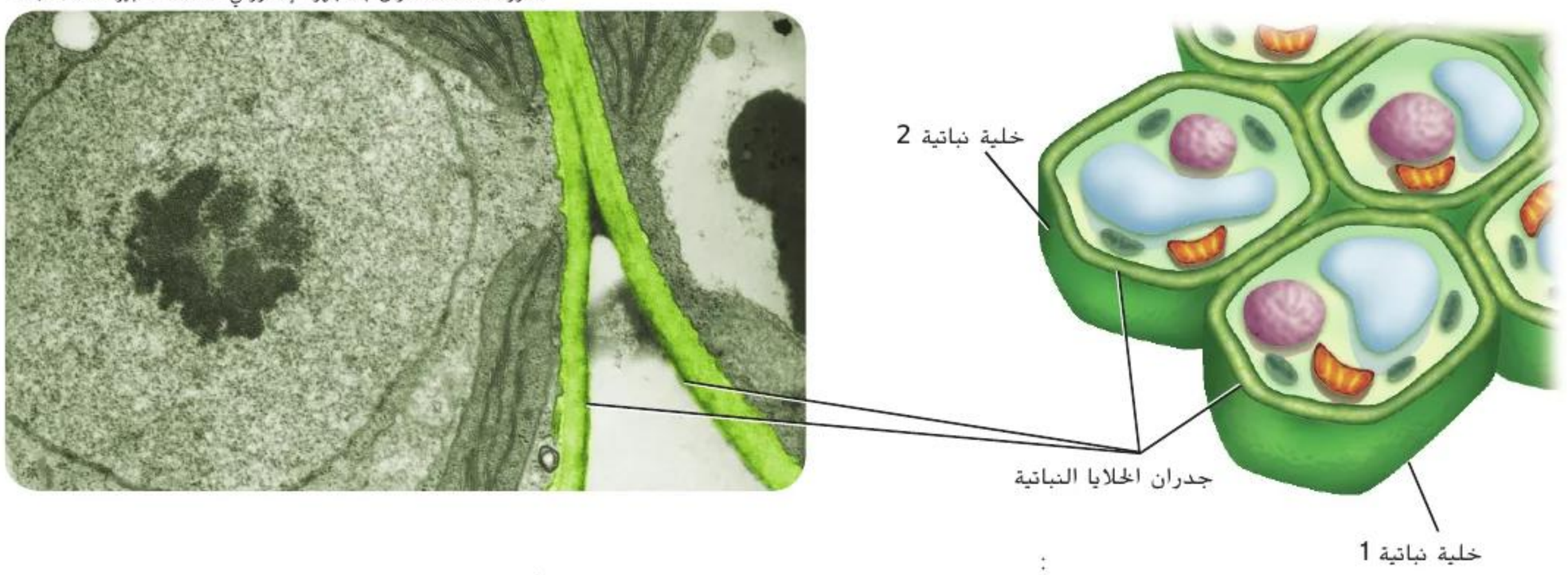
■ **الشكل 16** يوفّر الجسم الفتيلي الطاقة للخلية.
صِف تركيب الغشاء في الجسم الفتيلي.

■ **الشكل 17** تحبس البلاستيدات الخضراء في النباتات الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ. التكبير: ×38,000



■ **الشكل 18** يبيّن الرسم التوضيحي خلايا نباتية وجدرانها الخلوية. قارن هذا بصورة المجهر الإلكتروني النافذ، التي تبيّن جدران الخلايا النباتية المتجاورة.

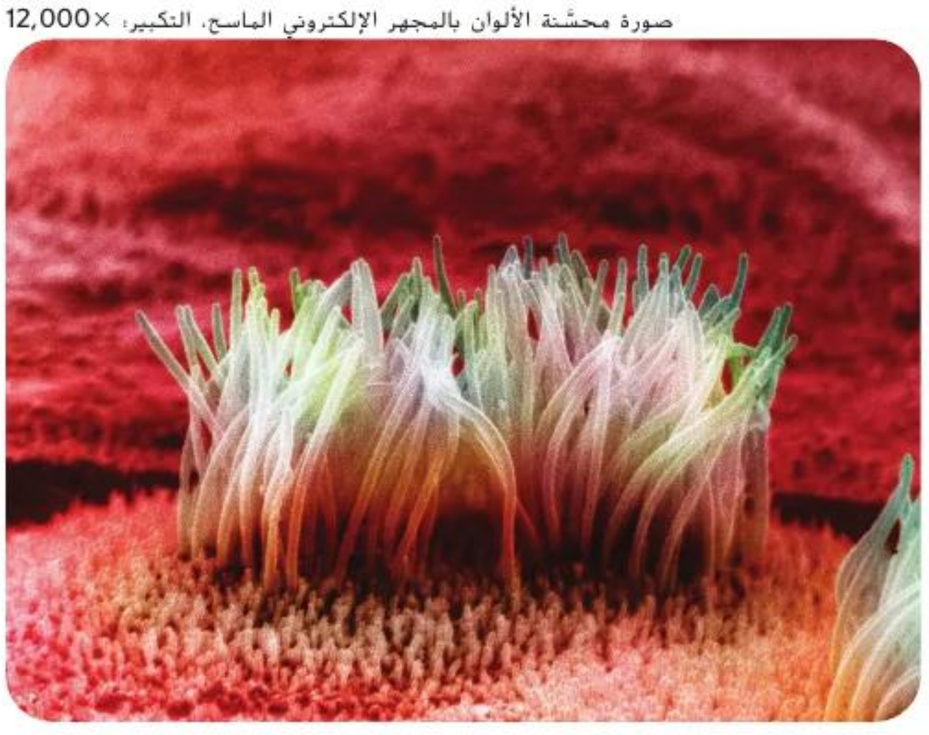
جدار الخلية جدار الخلية هو تركيب آخر مرتبط بالخلايا النباتية، كما هو مُبيَّن في **الشكل 18**. **جدار الخليّة** هو شبكة من ألياف، سميكة وصلبة، تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج، وتحمي الخلية وتوفّر لها الدعم. تسمح جدران الخلية الصلبة في النبات سواء أنصال الحشائش أو أشجار الخشب الأحمر – بالانتصاب مستقيمةً مهما بلغ ارتفاعها. تتكوّن جدران خلايا النباتات من كربوهيدرات تسمّى السليلوز وتمنح جدران الخلية خاصية عدم المرونة. يُلخِّص **الجدول 1** معلومات عن الجدران وغيرها من التراكيب.

الأهداب والأسواط بعض سطوح الخلايا حقيقية النواة لها تراكيب تسمى الأهداب والأسواط تمتد إلى خارج الغشاء البلازمي. كما هو مبيَّن في **الشكل 19**، فإن **الأهداب** (مفردها هدب) هي زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر، وحركتها شبيهة بحركة مجاذيف القارب. أما **الأسواط** (مفردها سوط)، فهي أطول من الأهداب لكنها أقلّ عددًا منها. تتحرّك هذه الزوائد بطريقةٍ تشبه حركة السوط. تتكوّن الأهداب والأسواط من أنيبيبات دقيقة مرتَّبة في نمط 2 + 9، حيث تحيط تسعة أزواج من الأنيبيبات الدقيقة بأنيبيبين منفردين. عادةً، يكون للخليّة سوطٌ واحد أو سوطان.

تحتوي الأهداب والأسواط في الخلايا على السيتوبلازم، ويحيط بها الغشاء البلازمي. يتكوّن هذان النوعان من التركيبات من بروتينات معقدة. رغم أنهما يُستخدَمان في حركة الخليّة، إلا أنّ الأهداب موجودة أيضًا في الخلايا الثابتة.

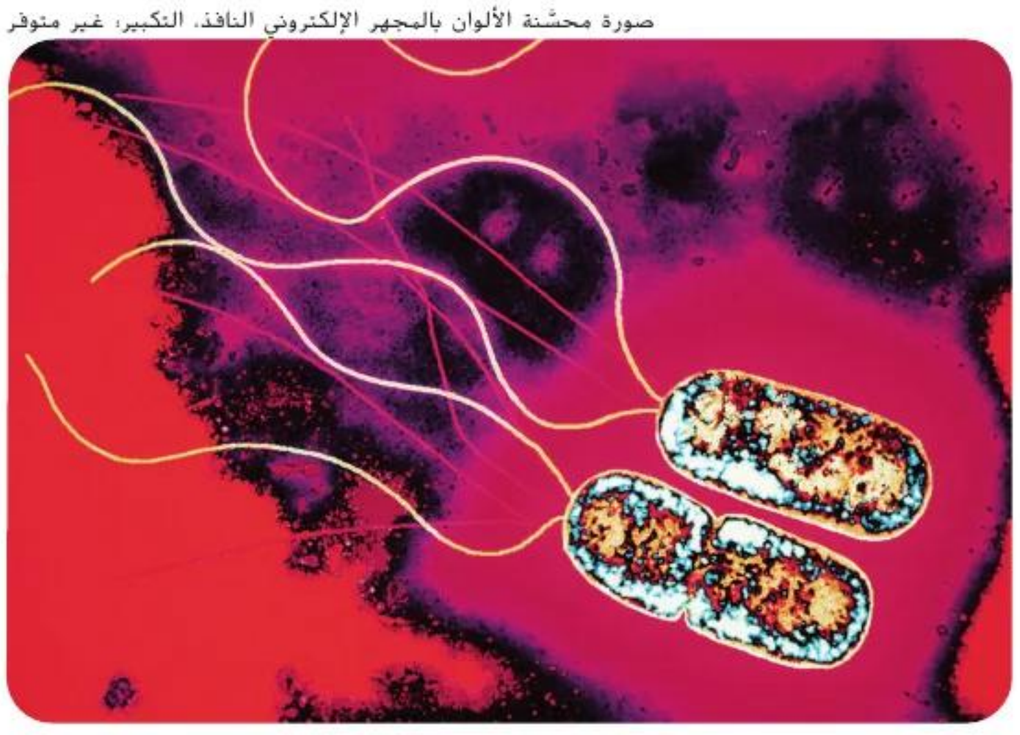
■ **الشكل 19** التراكيب التي تشبه الشعر في الصورة المجهرية هي الأهداب والتراكيب التي تشبه الذيل هي الأسواط. يؤدّي كلا التركيبين دورًا في حركة الخلية.
استدلّ في أي مكان من جسم الحيوان تتوقّع أن تكون الأهداب موجودة؟

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×12,000



الأهداب على سطح براميسيوم

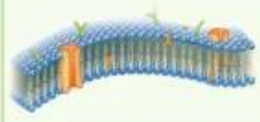
صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ. التكبير: غير متوفر



بكتيريا لها أسواط

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 1 ملخص تراكيب الخلايا

تركيب خلوي	مثال	الوظيفة	نوع الخلية
جدار الخلية		حاجز غير مرن يوفّر الدعم للخليّة النباتية ويحميها	الخلايا النباتية وخلايا الفطريات وبعض الخلايا بدائية النواة
المريكزات		عضيات تظهر على شكل أزواج تؤدي دورًا مهمًا في انقسام الخلية	الخلايا الحيوانية ومعظم خلايا الطلائعيات
البلاستيدة الخضراء		عضية لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات، وتحتوي على الكلوروفيل، وتتم فيها عملية البناء الضوئي	الخلايا النباتية وبعض خلايا الطلائعيات
الأهداب		زوائد من سطوح الخلايا تساعد في التحرّك والتغذّي، وتُستخدم أيضًا في سحب المواد على طول السطوح	بعض الخلايا الحيوانية وخلايا الطلائعيات
الهيكل الخلوي		إطار للخلية داخل السيتوبلازم	جميع الخلايا حقيقية النواة
الشبكة البلازمية الداخلية		غشاء كثير الثنيات، وهو موقع تصنيع البروتينات	جميع الخلايا حقيقية النواة
الأسواط		زوائد تساعد في التّحرّك والتغذّي	بعض الخلايا الحيوانية والخلايا بدائية النواة وبعض الخلايا النباتية
جهاز جولجي		كومة مسطحة من الأغشية الأنبوبية تُعدِّل البروتينات وتغلفها لتوزيعها خارج الخلية	جميع الخلايا حقيقية النواة
الجسم المحلِّل		حويصلة تحتوي على إنزيمات هاضمة تحلل المواد الخلوية الزائدة أو التالفة	الخلايا الحيوانية ونادراً الخلايا النباتية
الجسم الفتيلي (الميتوكوندريا)		عضية محاطة بغشاء توفّر الطاقة لباقي الخلية	جميع الخلايا حقيقية النواة
النواة		مركز التحكّم في الخلية الذي يحتوي على تعليمات مشفَّرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية	جميع الخلايا حقيقية النواة
الغشاء البلازمي		حاجز مَرِن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها	جميع الخلايا
الرايبوسوم		عضية تُعد موقعًا لتصنيع البروتينات	جميع الخلايا
الفجوة		حويصلة محاطة بغشاء لتخزين المواد المؤقّت	الخلايا النباتية تحوي فجوة كبيرة؛ أما الخلايا الحيوانية فنادرًا ما تحوي فجوات، وإن حصل ذلك، فقد تحوي القليل

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مقارنة الخلايا

يلخص **الجدول 1** تراكيب الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية حقيقية النواة. لاحِظ أنّ الخلايا النباتية تحتوي على الكلوروفيل؛ ويمكنها حبس الطاقة الشمسية وتحويلها إلى شكل من أشكال الطاقة الكيميائية القابلة للاستخدام. هذه إحدى الخصائص الأساسية التي تُميِّز النباتات عن الحيوانات. بالإضافة إلى ذلك، تذكَّر أنّ الخلايا الحيوانية لا تحتوي عادةً على فجوات. وإذا ما احتوت عليها، فستكون الفجوات فيها أصغر بكثير مما هي عليه في الخلايا النباتية. كذلك، ليس للخلايا الحيوانية جدران. توفّر الجدران الحماية والدعم للخلايا النباتية.

العضيات أثناء عملها

في ضوء الفهم الأساسي لتراكيب الخلية، فإنّ تصوّر آلية عمل هذه التراكيب معًا لتأدية وظائف الخلية يصبح أسهل. فلنأخذ مثلًا بناء البروتينات.

يبدأ بناء البروتينات في النواة وفقًا للمعلومات التي يحويها الـ DNA. تُنسَخ المعلومات الوراثية وتُنقَل إلى الجزيء الوراثي الذي يسمى الـ RNA. بعد ذلك، يقوم الـ RNA والرايبوسومات التي تمّ تصنيعها في النويّة، بمغادرة النواة من خلال ثقوب في الغشاء النووي. يسهم الـ RNA والرايبوسومات في إنتاج البروتينات. كل بروتين يتكوّن على سطح الشبكة البلازمية الداخلية الخشنة له وظيفة محددة؛ فقد يصبح بروتينًا مكوِّنًا لجزء من الغشاء البلازمي، أو بروتينًا يُطلَق من الخلية، أو بروتينًا يُنقَل إلى عضيات أخرى. إن رايبوسومات أخرى ستطفو بحرية في السيتوبلازم وتصنع بروتينات أيضًا.

إنّ معظم البروتينات التي تُصنع على سطح الشبكة البلازمية الداخلية يُرسَل إلى جهاز جولجي. يعمل جهاز جولجي على تغليف البروتينات في حويصلات ونقلها إلى عضيات أخرى أو إلى خارج الخلية. تستخدم عضيات أخرى البروتينات للقيام بعمليات الخلية. فمثلًا، تستخدم الأجسام المحلِّلة البروتينات، وبخاصّةٍ الإنزيمات، لهضم الغذاء والفضلات. كذلك تستخدم الأجسام الفتيليّة الإنزيمات لإنتاج شكلٍ من أشكال الطاقة قابلٍ لِأن تستخدمه الخلية.

بعد القراءة عن العضيات في الخلية، يصبح سبب التشبيه الذي يعقده الناس بين الخليّة والمصنع واضحًا. فلكلّ عضية وظيفة يتعيّن عليها القيام بها، كما تعتمد صحة الخلية على عمل كل المكونات معًا.

مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي التواصل العلمي يوَظِّف عدد كبير من الناشرين في مجال العلوم اختصاصيين في التواصل للكتابة عن البحوث وأهميتها للرأي العام. ويتحقق ذلك غالبًا من خلال النشرات الصحفية والإعلانات والكتيّبات والرسائل البريدية الموَجَّهة.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم تؤدّي وظائف خلويّة.
- إنّ الرايبوسومات هي مواقع بناء البروتينات.
- إنّ الأجسام الفتيلية هي محطات توليد الطاقة للخليّة.
- إنّ للخلايا النباتية والحيوانية العديد من العضيات في حين يتفرّد كل من تلك الخلايا، سواءٌ النباتية أم الحيوانيّة، بعضياتٍ خاصة به وحده.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** دور النواة في خليّةٍ حقيقيّة النواة.
2. **لخّص** دور الشبكة البلازمية الداخلية.
3. **أنشِئ** مخططًا انسيابيًا لمقارنة أجزاء الخلية بخط إنتاج سيارات.
4. **قارن وقابل** بين تراكيب كل من الخلايا النباتية والحيوانية.

التفكير الناقد

5. **ضع فرضية** توضح دور الأجسام المحلِّلة في تحوّل يرقة اليسروع إلى فراشة.

الكتابة في علم الأحياء

6. صنِّف التراكيب والعضيات الموجودة في **الجدول 1** ضمن قوائم وفقًا لنوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيم توضح تنظيمك لها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 4

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بعمليات الانتشار والانتشار الميسَّر والنقل النشط؟
- ما تأثير محلول منخفض التركيز أو عالي التركيز أو متساوي التركيز في الخلية؟
- كيف تدخل الجسيمات الكبيرة إلى الخلايا وتخرج منها؟

مفردات للمراجعة

الاتزان الداخلي homeostasis: تنظيم البيئة الداخلية للخلية أو الكائن الحي للحفاظ على الظروف الملائمة للحياة

مفردات جديدة

الانتشار	diffusion
الاتزان الديناميكي	dynamic equilibrium
الانتشار الميسَّر	facilitated diffusion
الأسموزية	osmosis
المحلول متساوي التركيز	isotonic solution
المحلول منخفض التركيز	hypotonic solution
المحلول عالي التركيز	hypertonic solution
النقل النشط	active transport
البلعمة	endocytosis
الإخراج الخلوي	exocytosis

النقل الخلوي

الفكرة الرئيسة **يعمل النقل الخلوي على تحريك المواد ضمن الخلية ونقلها من داخل الخلية إلى خارجها أو العكس.**

الربط مع الحياة اليومية تخيّل أنك تدرس في غرفتك بينما يُخبز قالب من الكعك في المطبخ. الأرجح أنك لم تنتبه إلى الكعك عند وضعه في الفرن لأنك لم تتمكن من شم رائحته. ولكن بمجرد أن يُخبز الكعك، تنتقل رائحته من المطبخ إلى غرفتك من خلال عملية تُسمى الانتشار.

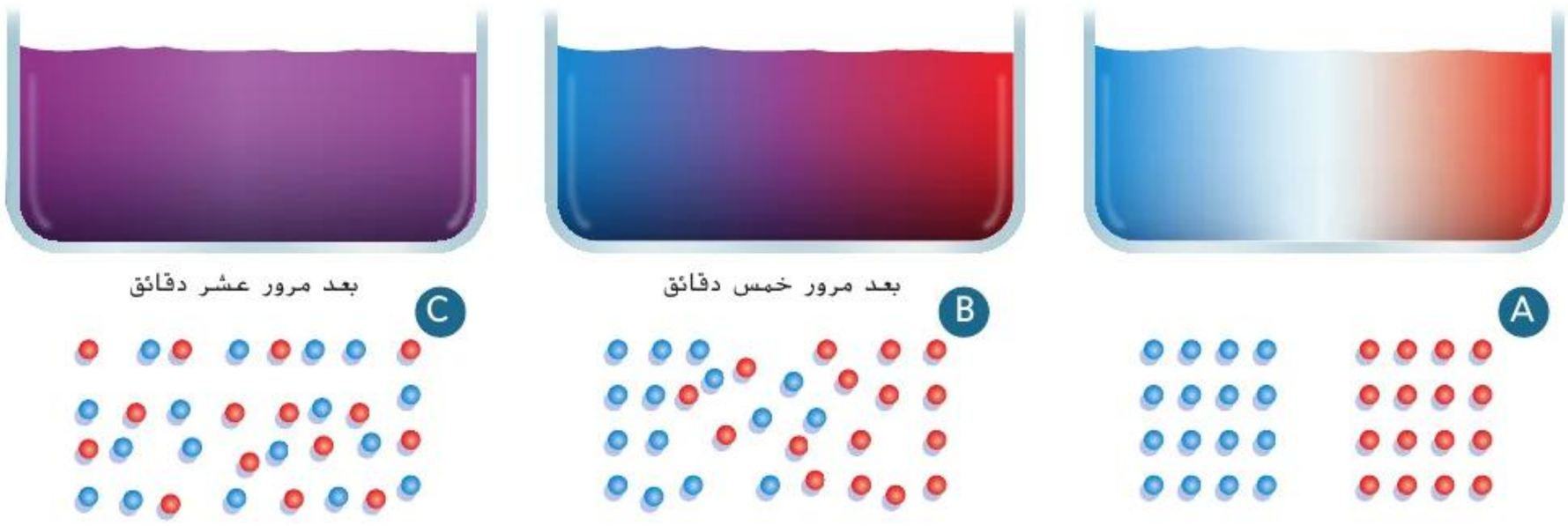
الانتشار

الربط بالكيمياء أثناء انتقال رائحة الكعك المخبوز في الجو، تتحرك الجسيمات ويصطدم بعضها ببعض في الهواء. يحدث ذلك لأنّ جسيمات كل من الغازات والسوائل والمواد الصلبة تتحرك عشوائيًا. وبالطريقة نفسها تتحرك المواد المذابة في الماء باستمرار وبحركة عشوائية تُسمَّى بالحركة البراونيّة نسبة إلى العالم براون. هذه الحركة تؤدي إلى **الانتشار**، وهو محصّلة حركة الجسيمات من منطقة تحتوي على الكثير من جسيمات مادة ما إلى منطقة فيها عدد أقلّ منها. إنّ كمية المادة المتواجدة في منطقة معينة تُسمّى التركيز. لذلك، **فإن المواد تنتشر من المناطق الأعلى تركيزًا إلى المناطق الأقلّ تركيزًا**. ويبيّن **الشكل 20** عملية الانتشار. والجدير بالذكر، أنّ الانتشار لا يتطلّب إضافة أي طاقة فالجسيمات هي بالأصل في حالة حركة.

على سبيل المثال، إذا وضعت قطرات من الحبر الأحمر والأزرق على الجانبين المتقابلين من إناء مليء بالماء، تكون البيئة فيه شبيهة بالبيئة المائية للخلية، تبدأ عملية الانتشار، كما يظهر في الشكل **20(A)**. وفي فترة زمنية قصيرة، تختلط جسيمات الحبر نتيجة لخاصية الانتشار إلى أن تظهر منطقة أرجوانية اللون ناتجة عن اختلاط اللونين.

يعرض الشكل **20(B)**. النتيجة الابتدائية لهذا الانتشار.

■ **الشكل 20** نتيجةً لخاصية الانتشار، يتحرّك الحبر من المنطقة ذات التركيز الأعلى للمذاب إلى المنطقة ذات التركيز الأقلّ للمذاب، إلى أن يختلط اللونان في الماء على نحو متساوٍ.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

بمرور المزيد من الوقت، تستمر جسيمات الحبر في الاختلاط. وفي هذا المثال، تستمر في تكوين الخليط الأرجواني الموحّد الذي يظهر في **الشكل 20(C)**. وتجدر الإشارة إلى أنّ عملية الاختلاط تبقى مستمرة إلى أن يتساوى معدل تركيز كل من الحبرين الأحمر والأزرق في كل المناطق، ونحصل على المحلول الأرجواني كنتيجة نهائيّة. بعد هذه المرحلة، تستمر الجسيمات في التحرك بشكل عشوائي، ولكن من دون أن يحدث أيّ تغيّر في التركيز. وتُعرف هذه الحالة التي تستمر فيها حركة الجزيئات ويبقى التركيز ثابتًا بـ **الاتزان الديناميكي**.

تتمثّل إحدى الخصائص الأساسية للانتشار في سرعة حدوثه. تتأثر سرعة الانتشار بثلاث عوامل رئيسة وهي: التركيز ودرجة الحرارة والضغط. فعند ارتفاع التركيز، يحدث الانتشار بسرعة أكبر بسبب تصادم عدد أكبر من الجسيمات بعضها ببعض. وبالطريقة نفسها، عند ارتفاع درجة الحرارة أو الضغط، يزداد عدد تصادم الجسيمات، وبالتالي تزداد سرعة الانتشار. تذكَّر أنّ الجسيمات تتحرك بسرعة أكبر مع ارتفاع درجة الحرارة، ويقترب بعضها من بعض بدرجة أكبر عند ارتفاع الضغط. وفي كلتا الحالتين، يحدث المزيد من التصادم وتزداد سرعة الانتشار. وتتأثّر سرعة الانتشار أيضًا بحجم المادة وبشحنتها.

الانتشار عبر الغشاء البلازمي تحتاج الخلايا، إضافة إلى الماء، إلى بعض الأيونات والجزيئات الصغيرة، مثل أيونات الكلوريد والسكريات، لأداء الوظائف الخلوية. فيمكن للماء أن ينتشر عبر الغشاء البلازمي كما يُبيّن **الشكل 21(A)**، غير أنّ معظم المواد الأخرى لا يمكنها ذلك. ويعتمد نوع آخر من النقل الخلوي يُسمّى **بالانتشار الميسَّر**، على البروتينات الناقلة لنقل الأيونات والجزيئات الصغيرة الأخرى عبر الغشاء البلازمي. بهذه الطريقة، تنتقل المواد إلى داخل الخلية عبر بروتين ناقل مشبَّع بالماء معروف باسم البروتين القنوي، إذ ينفتح هذا الأخير وينغلق ليسمح للمواد بالانتشار عبر الغشاء البلازمي، كما يُظهر **الشكل 21(B)**. ويمكن لنوع آخر من البروتينات الناقلة يُسمّى بالبروتين الحامل أن يساعد في انتشار المواد عبر الغشاء البلازمي. والجدير بالذكر أنّ شكل البروتينات الحاملة يتغيّر أثناء استمرار عملية الانتشار للمساعدة في نقل الجسيم عبر الغشاء، كما يظهر في **الشكل 21(C)**.

لا يتطلب انتشار الماء ولا الانتشار الميسَّر لمواد أخرى إدخالًا إضافيًا للطاقة، وذلك لأنّ الجسيمات تنتقل من منطقة عالية التركيز إلى منطقة منخفضة التركيز، ويُعرف ذلك بالنقل غير النشط. سنتعرف لاحقًا خلال هذا القسم على نوع النقل الخلوي الذي يتطلب حدوثه إضافة طاقة خارجية.

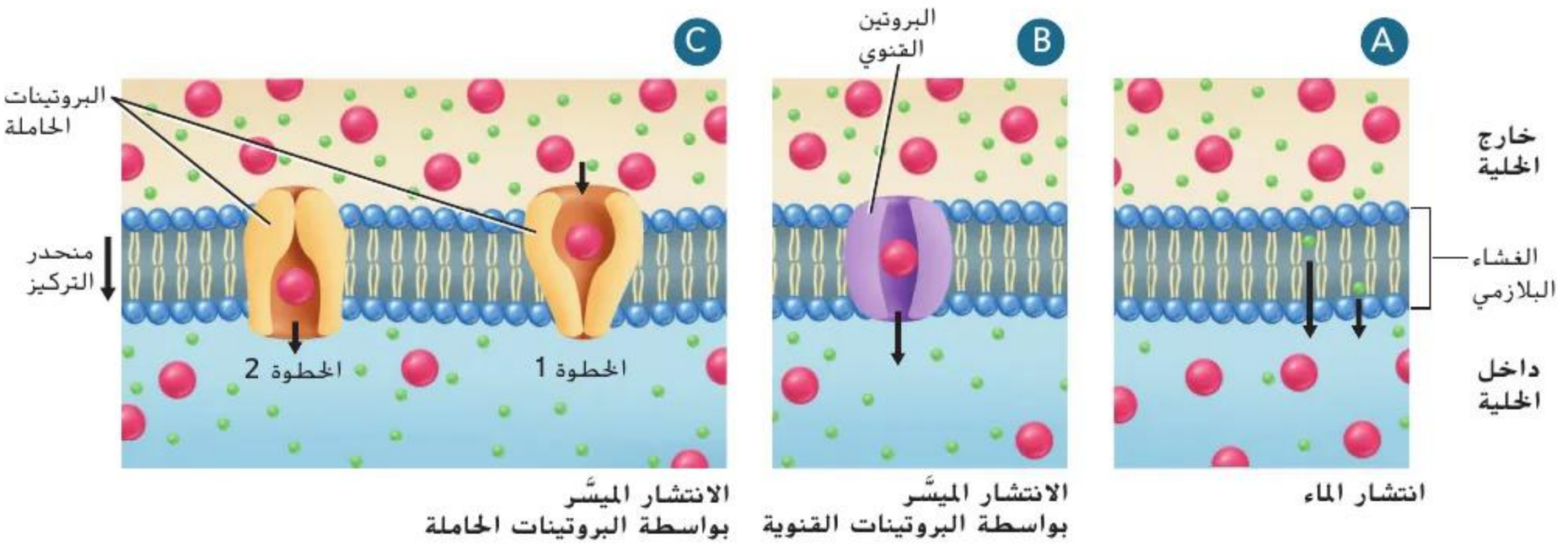
التأكد من فهم النص **صِف** طريقة دخول أيونات الصوديوم (Na^+) إلى الخلايا.

المفردات

مفردات أكاديمية

التركيز concentration
كمية المكوّن الموجودة في منطقة معينة أو في حجم معين
كان تركيز الملح في الحوض المائي مرتفعًا جدًّا، مما أدى إلى نفوق الأسماك.

المطويات®
ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



■ **الشكل 21** ينتقل الماء بحرية عبر الغشاء البلازمي، إلا أنّ المواد الأخرى لا يمكنها المرور عبر طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة بمفردها بل تنتقل إلى داخل الخلية عن طريق النقل الميسَّر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسموزية: انتشار الماء

الماء هو مادة تنتقل بِحريّة إلى داخل الخلية وخارجها عبر الغشاء البلازمي. ويُطلق على انتشار الماء عبر غشاء ذي نفاذية اختيارية اسم **الأسموزية**. كذلك، فإنّ تنظيم حركة الماء عبر الغشاء البلازمي هو عامل مهمّ للحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

آلية عمل الأسموزية تذكّر أنه، في محلول ما، المادة المسمّاة مذابًا تذوب في المادة المسمّاة مذيبًا. يلعب الماء دور المذيب في الخلية وبيئتها. وبما أنّ التركيز هو قياس لكميّة مادة المذاب المذابة في المذيب، فإن تركيز المحلول يقلّ بازدياد كمية المذيب.

ادرُس **الشكل 22**، الذي يُظهر أنبوبًا على شكل حرف U يحتوي على محاليل ذات تركيزات سكر مختلفة ويفصل بينها غشاء ذو نفاذية اختيارية. ما الذي يحدث في حال تمكن المذيب (الماء) من المرور عبر الغشاء في حين لم يتمكن المذاب (السكر) من ذلك؟

تنتشر جزيئات الماء باتجاه الجانب الذي يكون فيه تركيز السكر أعلى، أي الجانب الأيسر. وعندما يتحرك الماء باتجاه الجانب الأيسر، ينخفض تركيز محلول السكر. يستمر الماء في الانتشار إلى أن يحدث الاتزان الديناميكي أي أن يصبح تركيز المحلول متساويًا في كلا الجانبين. لاحظ في **الشكل 22** أنّ النتيجة تتمثّل في ارتفاع مستوى المحلول في الجانب الأيسر. وأثناء عملية الاتزان الديناميكي، تستمر جزيئات الماء في الانتشار ذهابًا وإيابًا عبر الغشاء، غير أنّ التركيز عند كلا الجانبين يبقى ثابتًا.

التأكد من فهم النص **قارن وقابل** بين خاصيّتي الانتشار والأسموزية.

تجربة مصغرة 2

التحقيق في عملية الأسموزية

ما الذي يحدث لخلايا موضوعة في محلول شديد الملوحة؟ إنّ تنظيم تدفق الماء إلى داخل الخلية وخارجها وكميّته هو أمر مهمّ لبقاء تلك الخلية. والأسموزية هو أحد الطرق المُستخدمة لتنظيم محتوى الماء في الخلية.

الإجراءات

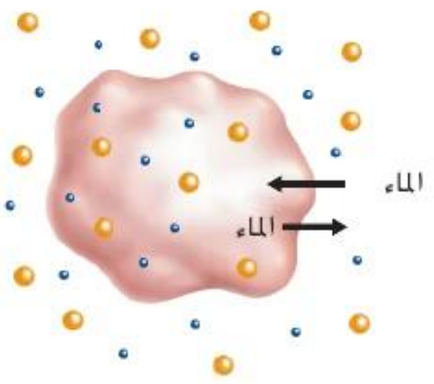
1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. حضِّر **شريحة** ضابطة باستخدام **الأدمة الخارجية للبصل والماء وصبغة اليود** وذلك تبعًا لإرشادات معلمك.
3. حضِّر شريحة اختبار باستخدام الأدمة الخارجية للبصل **والماء المالح** وصبغة اليود وذلك تبعًا لإرشادات معلمك.
4. توقع تأثير محلول الملح في خلايا البصل الموجودة في شريحة الاختبار، إن وُجد.
5. افحص الشريحة الضابطة باستخدام **مجهر مركّب** معتمدًا قوة التكبير الصغرى وارسم العديد من خلايا البصل.
6. افحص شريحة الاختبار معتمدًا قوة التكبير نفسها وارسم ملاحظاتك.

التحليل

1. **حلِّل واستنتج** ما إذا كان توقعك صحيحًا أم غير صحيح. اشرح إجابتك.
2. **اشرح** استخدم عملية الأسموزية في شرح ما تلاحظه.

■ **الشكل 22** قبل الأسموزية، كان تركيز السكر أعلى في الجانب الأيسر. وبعد الأسموزية، أصبح التركيز متساويًا في كلا الجانبين. **اذكر المصطلح العلمي لهذه الظاهرة.**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير: ×15000

خلية حيوانية

صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×250

خلايا نباتية

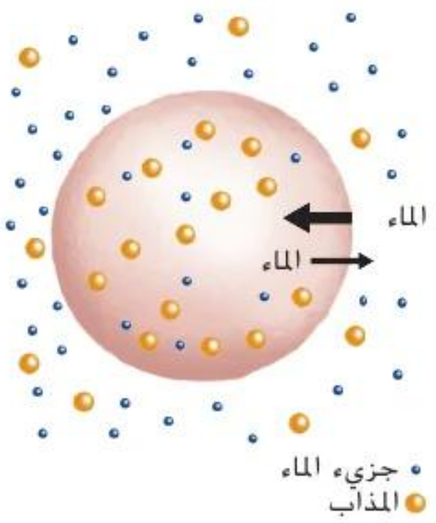
■ **الشكل 23** في المحلول متساوي التركيز. تنتقل جزيئات الماء باتجاه داخل الخلية وخارجها بالمعدل نفسه، وتحتفظ الخلية بشكلها الطبيعي. يحافظ كل من الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية على شكله الطبيعي في المحلول متساوي التركيز.

الخلايا في محلول متساوي التركيز عند تواجد الخلية في محلول يتساوى فيه تركيز كل من الماء والمواد المذابة، أي الأيونات والسكريات والبروتينات وغيرها من المواد، مع تركيزها في السيتوبلازم، فحينئذ تكون الخلية في **محلول متساوي التركيز (isotonic solution)**. يستمر الماء في التحرك عبر الغشاء البلازمي، لكنه يدخل إلى الخلية ويخرج منها بالمعدل نفسه. وتبقى الخلية في حالة اتزان مع المحلول من دون وجود محصّلة في حركة الماء. كما إنها تحتفظ بشكلها الطبيعي، كما يظهر في **الشكل 23**. تجدر الإشارة إلى أنّ معظم خلايا الكائنات الحية تتواجد في محلول متساوي التركيز، مثال الدم.

الخلايا في محلول منخفض التركيز عند تواجد الخلية في محلول ينخفض فيه تركيز المذاب، فحينئذ تكون الخلية في **محلول منخفض التركيز (hypotonic solution)**. مع العلم أن ثمة ماءً خارج الخلية أكثر مما يوجد في داخلها، ونتيجة للأسموزية، تتجه محصّلة حركة الماء عبر الغشاء البلازمي إلى داخل الخلية، كما يُظهر **الشكل 24**. ويُطلق على الضغط المتولد أثناء تدفق الماء عبر الغشاء البلازمي اسم الضغط الأسموزي. في الخلية الحيوانية، يزداد الضغط وينتفخ الغشاء البلازمي مع تحرك الماء باتجاه داخل الخلية. وإذا انخفض تركيز المحلول بشدّة، قد لا يتحمّل الغشاء البلازمي هذا الضغط فتنفجر الخلية.

من ناحية أخرى، تتميز الخلايا النباتية بجدار خلوي صلب يدعمها. بالتالي، فهي لا تنفجر عند تواجدها في محلول منخفض التركيز. بل كلما ازداد الضغط داخل الخلية، امتلأت الفجوة المركزية بالماء دافعةً بذلك الغشاء البلازمي نحو جدار الخلية، كما يظهر في الخلايا النباتية في **الشكل 24**. وبدلًا من أن تنفجر الخليّة النباتية، تصبح أكثر صلابة. تجدر الإشارة إلى أنّ بائعي الخضروات يستخدمون هذه العملية للحفاظ على نضارة الفواكه والخضروات من خلال رشها بالماء.

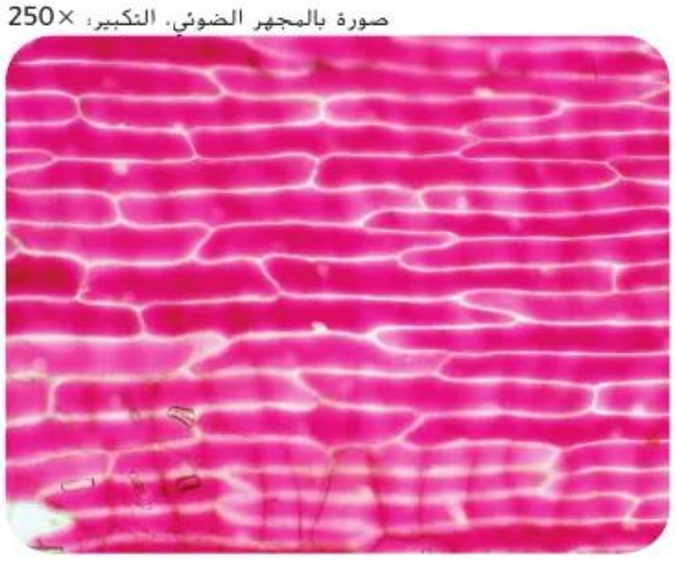
■ **الشكل 24** في المحلول منخفض التركيز. يدخل الماء إلى الخلية بفعل الأسموزية مما يؤدي إلى انتفاخها. وقد تستمر الخلايا الحيوانية في الانتفاخ إلى أن تنفجر. أما الخلايا النباتية، فتزداد عن حجمها الطبيعي كلما ازداد الضغط الداخلي.



صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: ×15000

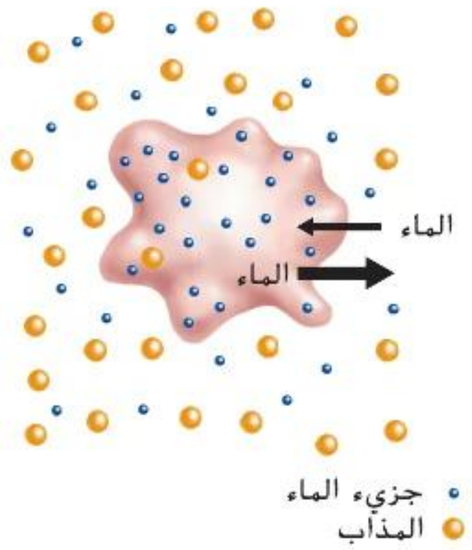
خلية حيوانية

صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×250



خلايا نباتية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×15000

خلايا حيوانية

صورة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×250

خلايا نباتية

■ **الشّكل 25** في المحلول عالي التركيز، يغادر الماء الخلية بفعل الأسموزية ما يؤدي إلى انكماشها. تذبل الخلايا الحيوانية حينما تفقد الماء. وكلما فقدت الخلايا النباتية الضغط الداخلي، تقلّص الغشاء البلازمي مبتعدًا عن الجدار.

الخلايا في محلول عالي التركيز عند تواجد الخلية في **محلول عالي التركيز (hypertonic solution)**، يصبح تركيز المذاب في خارج الخلية أعلى من داخلها. أثناء الأسموزية، تتجه محصّلة حركة الماء إلى خارج الخلية، كما يبيّن **الشّكل 25**. وتضمحّل الخلايا الحيوانية في المحلول عالي التركيز بسبب انخفاض الضغط في داخلها، في حين تفقد الخلايا النباتية المتواجدة في المحلول عالي التركيز الماء من الفجوة المركزية بشكل أساسي. علاوةً على ذلك، ينكمش الغشاء البلازمي مبتعدًا عن جدار الخلية، ويؤدي فقدان الماء في الخلية النباتية إلى ضمورها.

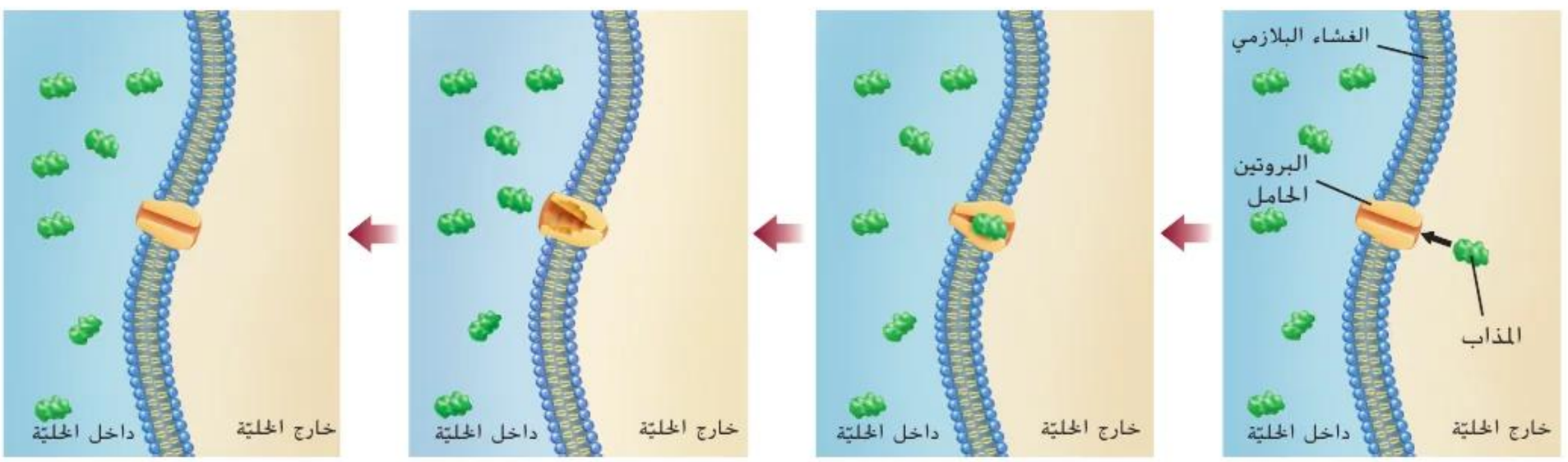
التأكد من فهم النص **قارن وقابل** بين أنواع المحاليل الثلاثة.

النقل النشط

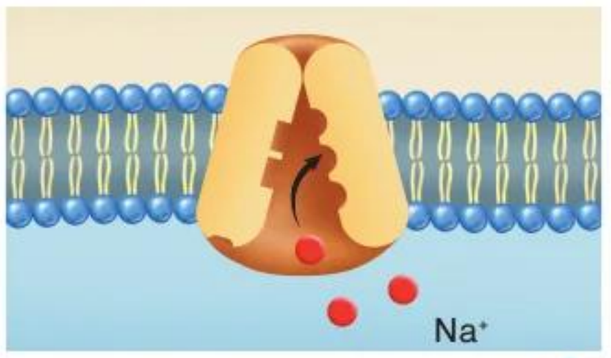
يتعين أحيانًا على المواد أن تتحرك من المنطقة ذات التركيز المنخفض باتجاه المنطقة ذات التركيز المرتفع عكس النقل غير النشط أي من المنطقة ذات التركيز المرتفع باتجاه المنطقة ذات التركيز المنخفض. إنّ هذا النوع من حركة المواد عبر الغشاء البلازمي عكس اتجاه منحدر التركيز يحتاج إلى طاقة؛ لذلك فإنه يُسمى **النقل النشط**. يبيّن **الشّكل 26** طريقة حدوث النقل النشط بمساعدة البروتينات الحاملة، المعروفة بالمضخات. فبعض المضخات يحرّك نوعًا واحدًا من المواد في اتجاه واحد فقط، في حين أنّ بعضها الآخر يحرّك مادتين عبر الغشاء البلازمي في الاتجاه نفسه أو في اتجاهَين متعاكسَين. وبسبب النقل النشط، تحافظ الخلية على التوازن الصحيح الذي تحتاج إليه بين المواد، كما يساعد النقل النشط في الحفاظ على الاتزان الداخلي.

■ **الشّكل 26** تلتقط البروتينات الحاملة المواد وتحرّكها عبر الغشاء البلازمي عكس اتجاه منحدر التركيز وإلى داخل الخلية.

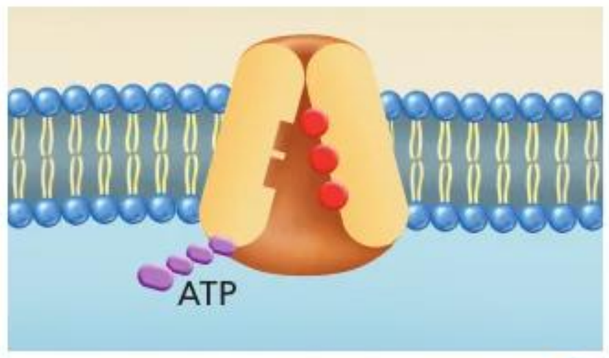
اشرح سبب حاجة النقل النشط إلى طاقة.



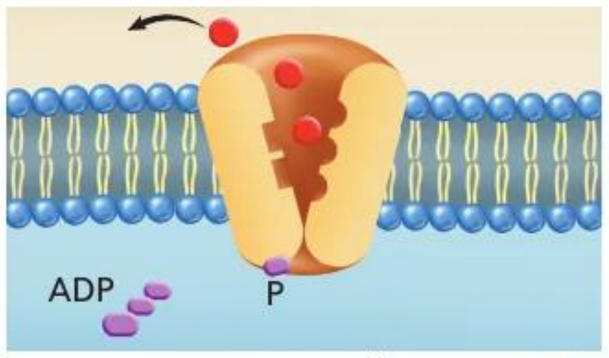
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



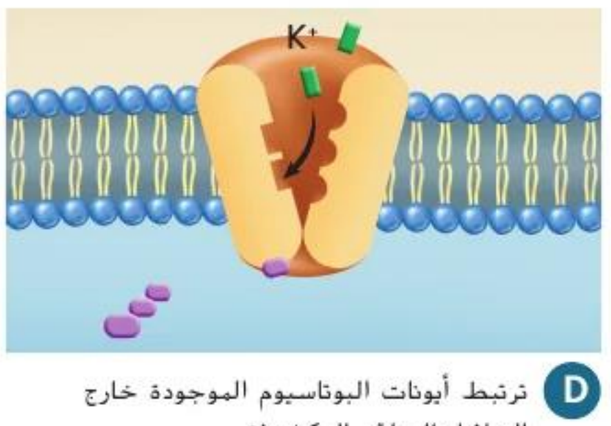
A إنّ البروتين في الغشاء البلازمي يربط أيونات الصوديوم الموجودة داخل الخلايا.



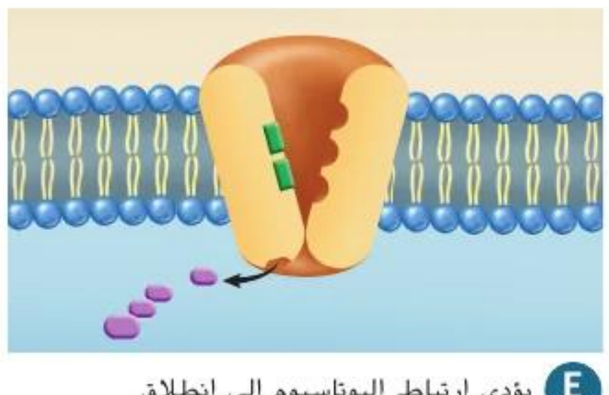
B إنّ الـ ATP يتعلّق بالبروتين المرتبط بأيونات الصوديوم.



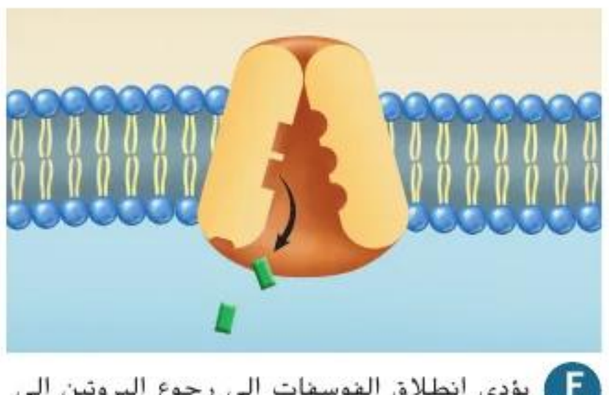
C يؤدي تكسير الـ ATP إلى تغيّر في شكل البروتين مما يسمح بخروج أيونات الصوديوم.



D ترتبط أيونات البوتاسيوم الموجودة خارج الخلايا بالمواقع المكشوفة.



E يؤدي ارتباط البوتاسيوم إلى انطلاق الفوسفات من البروتين.

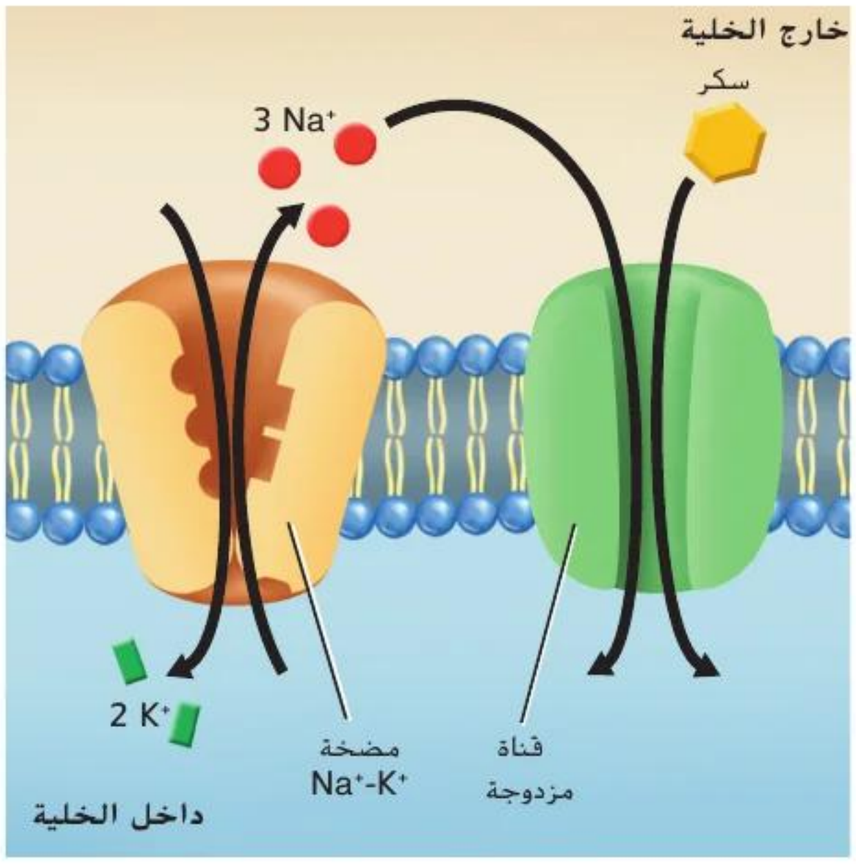


F يؤدي انطلاق الفوسفات إلى رجوع البروتين إلى شكله الأصلي، وتنتقل أيونات البوتاسيوم إلى داخل الخليّة.

■ **الشّكل 27** إنّ بعض الخلايا تستخدم أنظمة ضخ متقنة، مثل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+/K^+ ATPase) المبيّنة هنا، للمساعدة في تحرّك المواد عبر الغشاء البلازمي.

مضخّات الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+/K^+ ATPase) تعدّ مضخّة الصوديوم والبوتاسيوم من بين مضخّات النّقل النّشط الشّائعة. وتتواجد هذه المضخة في الغشاء البلازمي للخلايا الحيوانية، وهي تحافظ على ثبات مستوى أيونات الصوديوم (Na^+) وأيونات البوتاسيوم (K^+) داخل الخليّة وخارجها. إنّ هذه المضخة البروتينية عبارة عن إنزيم يحفّز تحليل الجزيء الذي تختزن فيه الطاقة. **تستخدم هذه المضخّة الطاقة لنقل ثلاثة أيونات صوديوم إلى خارج الخلية مقابل تحريك أيونَي بوتاسيوم إلى داخلها**، لينجم عن ارتفاع مستوى الصوديوم خارج الخلية منحدر تركيز. اتبع الخطوات الموجودة في **الشّكل 27** للتعرّف على عمل مضخّة الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+/K^+ ATPase).

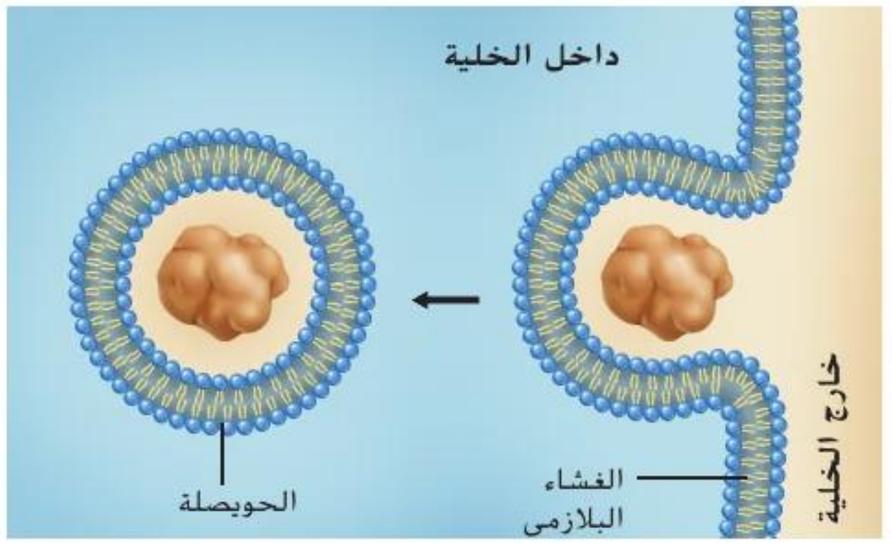
كما إنه من الممكن أن ينتج عن نشاط مضخّة الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+/K^+ ATPase) نوع آخر من أنواع النقل الخلوي. فيجب أن تنتقل بعض المواد، كجزيئات السكر، من خارج الخلية إلى داخلها حيث يكون تركيز المادة أقلّ منه في داخلها، الأمر الذي يحتاج إلى طاقة. تذكّر أن مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (Na^+/K^+ ATPase) تنقل أيونات الصوديوم Na^+ إلى خارج الخلية، مما يخفّض تركيزها في داخلها. وفي عملية تُسمى النقل المزدوج، يمكن أن ترتبط أيونات الصوديوم Na^+ التي انتقلت إلى خارج الخلية بجزيئات السكر ثم تُنقل إلى داخل الخلية عبر بروتين غشائي يُسمى القناة المزدوجة. كذلك، يدخل جزيء السكر المرتبط مع أيون Na^+ إلى الخلية من خلال الانتشار الميسَّر للصوديوم، كما يظهر في **الشّكل 28**. وهكذا يدخل السكر إلى الخلية من دون استخدام طاقة خلويّة إضافية.

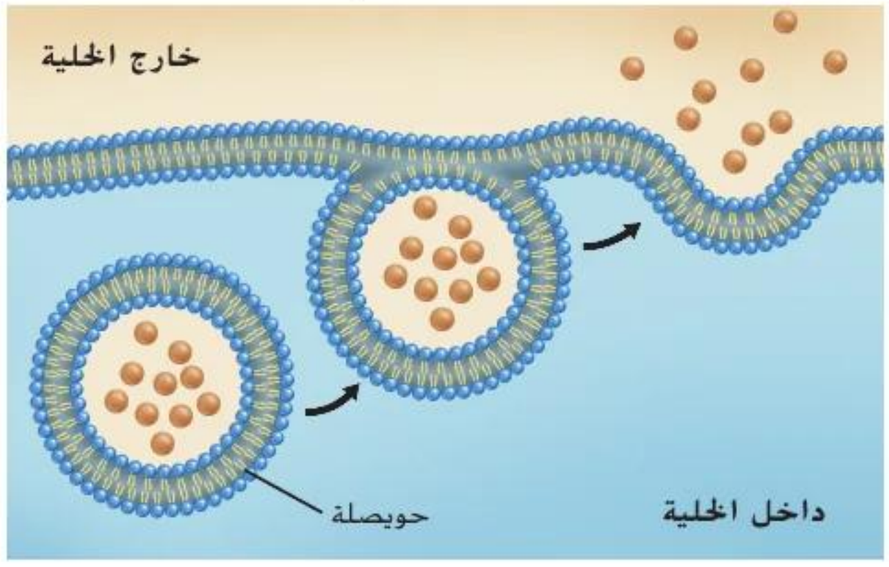


■ **الشّكل 28** تشق المواد طريقها إلى داخل الخليّة أو خارجها من خلال الارتباط بمادة أخرى تستخدم مضخة النقل النشط.

قارن وقابل بين النقل النشط والنقل غير النشط عبر الغشاء البلازمي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education





■ **الشّكل 29**
يسار: يمكن للمواد الكبيرة الدخول إلى الخلية بواسطة عملية البلعمة.
يمين: يمكن نقل المواد إلى خارج الخلية من خلال عملية الإخراج الخلوي.

نقل الجسيمات الكبيرة

يكون حجم بعض المواد كبيرًا إلى درجة أنّه يتعذّر عليها عبور الغشاء البلازمي من خلال الانتشار أو بواسطة البروتينات الناقلة. وبالتالي لا يتمّ دخولها إلى الخلية إلا عبر عملية تختلف عن ما سبق دراسته وهي عملية البلعمة. **البلعمة (الإدخال الخلوي)** هي العملية التي من خلالها تقوم الخلية بالإحاطة بالمادة الموجودة في البيئة الخارجية لها، محاصرةً إياها داخل جزء من الغشاء البلازمي. ويتخصّر الغشاء إلى أن ينغلق تمامًا على نفسه. فتكون بذلك قد انتقلت المادة إلى داخل الخلية. يمكنك ملاحظة ذلك في الجزء الأيمن من **الشكل 29** حيث يتخصّر الغشاء البلازمي ليحاصر المادة، إلى أن ينغلق تمامًا، فتنفصل الحويصلة التي تتشكل نتيجة لذلك وتنتقل مع محتوياتها إلى داخل الخلية.

أمّا **الإخراج الخلوي** فيمثّل عملية إفراز المواد عبر الغشاء البلازمي. يظهر في الجزء الأيسر من **الشّكل 29** أنّ عملية الإخراج الخلوي هي عكس عملية البلعمة. فتستخدم الخلايا الإخراج الخلوي لطرد المخلّفات والمواد المفرزة التي تفرزها الخلايا، كالهرمونات. وتتطلب كلتا عمليتي البلعمة والإخراج الخلوي إدخالًا للطاقة. كما تحافظ الخلايا على الاتّزان الداخلي من خلال تحرّك المواد إلى داخل الخليّة وخارجها. تتطلب بعض عمليات النقل إدخالًا إضافيًا للطاقة في حين أنّ بعضها الآخر لا يتطلب ذلك. وبفضل عمليات النقل المختلفة معًا، يمكن للخليّة أن تتفاعل مع بيئتها محافظةً على الاتزان الداخلي.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- تحافظ الخلايا على الاتزان الداخلي من خلال عمليتَي النقل النشط والنقل غير النشط.
- تتأثر سرعة الانتشار بكل من التركيز ودرجة الحرارة والضغط.
- يجب أن تحافظ الخلايا على اتّزانها الداخلي في كل أنواع المحاليل، بما في ذلك المحاليل متساوية، ومنخفضة، وعالية التركيز.
- ينتقل بعض الجزيئات الكبيرة إلى داخل الخليّة وإلى خارجها من خلال عمليتَي البلعمة والإخراج الخلوي

فهم الأفكار الرئيسة

1. **اذكر وصِف** أنواع النقل الخلوي. الفكرة الرئيسة
2. **صِف** الطريقة التي يتحكّم بها الغشاء البلازمي في ما يدخل الخلية وما يخرج منها.
3. **ارسم** مخططًا لخليّة حيوانية قبل وضعها في محلول منخفض التركيز وبعد وضعها فيه.
4. **قابل** أوجه الاختلاف بين الانتشار الميسَّر والنقل النشط.

التفكير الناقد

5. **صف** تحتوي بعض الكائنات الحية التي تعيش عادةً في مياه البركة على مضخّات للمياه. وتقوم هذه المضخّات بضخ المياه باستمرار إلى خارج الخلية. صف السيناريو الذي قد يعكس عمل المضخّة.

الكتابة في علم الأحياء

6. **لخّص** دور طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة في عملية النقل الخلوي ضمن الخلايا الحيّة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مستجدات في علم الأحياء

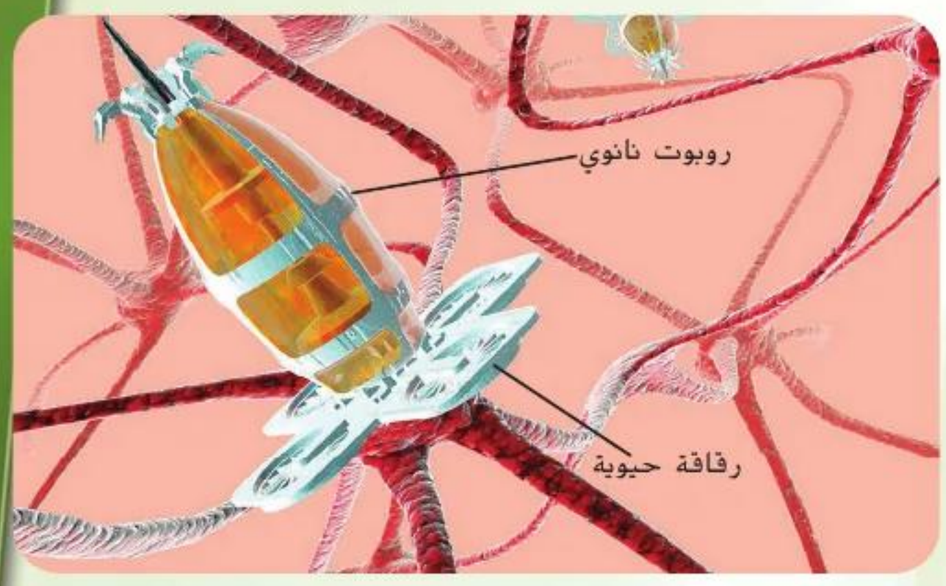
استكشاف تكنولوجيا النانو

تخيّل أن يكون بالإمكان اكتشاف خلايا السرطان والقضاء عليها الواحدة تلو الأخرى أو أنّه يمكن اختبار دواء جديد على خلية واحدة لتقيّم أداءه السّريري. وقد تُحوّل التطوّرات التكنولوجية التي تتيح للعلماء التركيز على الخلايا الفردية، هذه السيناريوهات إلى حقيقة في المستقبل القريب.

تُعدّ تكنولوجيا النانو فرعًا من العلوم يغطي تطوير الأجهزة واستخدامها على مستوى مقياس النانومتر. ويساوي النانومتر (nm) جزءًا واحدًا من المليار من المتر (10^{-9} m). لكي تتخيّل هذا المقياس بشكل واقعي، اعلم أنَّ قطر معظم خلايا الإنسان يتراوح بين 10,000 و 20,000 nm. إنّ تكنولوجيا النانو هي فرع سريع التطوّر من فروع العلوم وستترك أثرها في كل شيء بدءًا من الأجهزة الإلكترونية وصولًا إلى الأدوية.

مجهر القوّة الذرية يستخدم الباحثون في المعهد الوطني لعلوم الصناعة والتكنولوجيا المتقدمة في هيوجو، في اليابان، تكنولوجيا النانو في صورة مجهر للقوّة الذرية للعمل على خلايا منفردة. في الواقع، يعمل هذا المجهر كأنه "إبرة نانوية". ويعطي صورة مرئية للخلية باستخدام مستشعر مجهري يقوم بمسحها. بعد ذلك يمكن إدخال الطرف الإبري الذي يبلغ قطره 200 nm تقريبًا إلى داخل مجهر القوة الذرية في الخلية من دون إلحاق ضرر بالغشاء الخلوي.

ويتصوّر بعض العلماء وجود تطبيقات عديدة لهذه التقنية. فالإبرة النانوية قد تساعد العلماء في دراسة كيفية استجابة الخلية لعلاج جديد أو اختلاف كيمياء الخلايا المريضة عن الخلية السليمة. كذلك، يمكن استخدام الإبرة النانوية في إدخال أشرطة الـ DNA مباشرةً إلى نواة الخلية لاختبار أساليب العلاج الجيني الجديدة وتصحيح الاختلالات الوراثية.



في هذه الصورة الحاسوبية، يظهر روبوت نانوي مزوّد برفاقة حيوية. قد يأتي يوم تُستخدم فيه الرفاقة الحيوية، التي هي عبارة عن جهاز إلكتروني يحتوي على مواد عضوية، لإصلاح خلية عصبية تالفة.

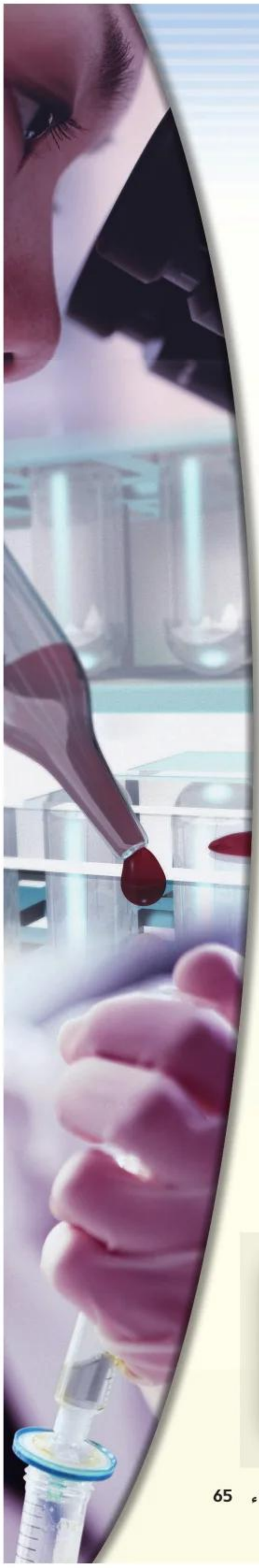
الليزر يمكن استخدام تطبيقات تكنولوجيا النانو، ربما في مجال جراحة النانو، لدراسة طريقة عمل الخلايا أو لتدمير الخلايا السرطانية وحدها من دون إلحاق ضرر بالخلايا السليمة المجاورة منها. فقد طوّر الباحثون في جامعة هارفارد تقنية ليزر تسمح لهم بالتحكم في مكوّن محدد من الأجزاء الداخلية للخلية من دون إحداث ضرر في الغشاء الخلوي أو التراكيب الخلوية الأخرى. تخيّل إمكانية إجراء جراحات دقيقة للغاية على المستوى الخلوي!

قد تمثّل تكنولوجيا النانو في المستقبل خط الدفاع الأول في مجال علاج السرطان. ومن المحتمل أن تصبح هذه التكنولوجيا أيضاً التقنية المعيارية لاختبار الأدوية الجديدة أو واحدة من أفضل الطرق المعتَمَدة في العلاج الجيني.

الكتابة في علم الأحياء

مراجعة اكتب نبذة عن تكنولوجيا مثيرة ذات صلة بالطب والرعاية الصحية. أذكر فوائدها وتحدياتها. يمكنك إضافة عرض توضيحي إلى ما تكتبه.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



تجربة في الأحياء

ما المواد التي ستمرّ عبر غشاء ذي نفاذيّة اختيارية؟

الخلفية: **تتسم كل الأغشية في الخلايا بخاصيّة النفاذية الاختيارية. في هذه التجربة، ستدرس حركة بعض الجزيئات المهمة أحيائيًا من خلال غشاء مشابه للغشاء البلازمي وهو غشاء الديلزة. ونظرًا إلى أنّ لغشاء الديلزة ثقوبًا صغيرة، فهو يسمح ، فقط، بنفاذ الجزيئات صغيرة الحجم.**

السؤال: ما المواد التي ستمرّ عبر غشاء الديلزة؟

المواد

اثنان من أنابيب الديلزة السليلوزية
إناءان سعة كل منهما 400 mL
خيط
مقص
ماء مقطّر
حوض بلاستيكي صغير
محلول النشا
محلول الألبومين
محلول الجلوكوز
محلول كلوريد الصوديوم NaCl
محلول اليود (للكشف عن النشا)
كاشف بندكت اللامائي (للكشف عن لجلوكوز)
محلول نترات الفضة (للكشف عن كلوريد الصوديوم NaCl)
كاشف البيوريت (للكشف عن الألبومين)
مخبار مدرج سعته 10 mL
أنبوبا اختبار
حامل أنابيب الاختبار
قمع
قلم شمعي
قطارة

الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. صمّم جدول بيانات بحسب تعليمات معلمك. توقّع المواد التي ستمرّ عبر غشاء الديلزة.
3. اختر أنبوبَي الديلزة بطولين مختلفين وإناءين سعة كل منهما 400 mL والمحلولين اللذين كُلِّفت باختبارهما.
4. اكتب على كل من الإنائين نوع المحلول الذي وضعته في أنبوب الديلزة.
5. **جهّز** مع زميلك أحد أنابيب الديلزة، واملأه بأحد المحاليل. واغسل الكيس من الخارج جيدًا. ضع كيس أنبوب الديلزة الممتلئ في إناء يحتوي على ماء مقطّر.
6. كرّر الخطوة 5 مستخدمًا المحلول الثاني.
7. بعد مرور 45 دقيقة، انقل بعض الماء من كل إناء إلى أنابيب اختبار منفصلة.
8. أضف إلى الماء بضع قطرات من كاشف الاختبار المناسب.
9. سجّل نتائجك وحدد ما إذا كان توقعك صحيحًا. ثم قارن نتائجك بنتائج مجموعات أخرى في صفك وسجّل نتائج المحلولين اللذين لم تقم باختبارهما.
10. **التنظيف والتخلص من المخلّفات** اغسل كل المواد التي يمكن استخدامها مرة أخرى وأعدها إلى أماكنها. تخلّص من محاليل الاختبار وأنابيب الديلزة التي تم استخدامها متّبعًا في ذلك إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بعد استخدام الكاشف الكيميائي.

حلِّل واستنتج

1. **قيّم** هل مرّت جزيئات المحلول الذي اختبرته عبر أنبوب الديلزة؟ اشرح إجابتك.
2. **التفكير الناقد** ما الخصائص التي تمنح الغشاء البلازمي قدرةً أكبر على التحكّم في حركة الجزيئات بالمقارنة مع غشاء الديلزة؟
3. **تحليل التباينات** كيف يؤدي عدم غسل أكياس أنابيب الديلزة بالماء المقطر قبل وضعها في الإناء إلى ظهور نتيجة إيجابية كاذبة لاختبار الكشف عن وجود جزيء ذائب؟ ما مصادر الخطأ الأخرى التي قد تؤدي إلى ظهور نتائج غير دقيقة؟

إعداد ملصق

شارك يظهر مرض التليّف الكيسي عندما يفتقر الغشاء البلازمي إلى وجود جزيء يساعد على نقل أيونات الكلور. اجمع معلومات عن هذا المرض ثم اعرض ما توصّلت إليه على صفك مستخدمًا ملصّقًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 دليل الدراسة

الموضوع المحوري الاستقصاء العلمي لقد كان الاستقصاء العلمي سببًا لاكتشاف المجهر والخلايا والأوليات. وأدت هذه الاكتشافات إلى ظهور فروع جديدة من العلم.

الفكرة الرئيسة الخلايا هي الوحدات البنائية والوظيفية في جميع الكائنات الحية.

القسم 1 اكتشاف الخلية ونظرية الخلية

الخلية	cell
نظرية الخلية	cell theory
الغشاء البلازمي	plasma membrane
الخلية حقيقية النواة	eukaryotic cell
النواة	nucleus
العضية	organelle
الخلية بدائية النواة	prokaryotic cell

الفكرة الرئيسة أدّى اختراع المجهر إلى اكتشاف الخلايا.

- استُخدمت المجاهر كأدوات للفحص العلمي منذ أواخر القرن السادس عشر.
- يستخدم العلماء أنواعًا مختلفة من المجاهر لتفحّص الخلايا.
- تتلخّص نظرية الخلية في ثلاثة مبادئ.
- ثمة فئتان شاملتان من أنواع الخلايا، هما: الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة.
- يحتوي كل من الخلايا حقيقية النواة على نواة وعضيات.

القسم 2 الغشاء البلازمي

النفاذية الاختيارية	selective permeability
طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة	phospholipid bilayer
البروتين الناقل	transport protein
النموذج الفسيفسائي المائع	fluid mosaic model

الفكرة الرئيسة يساعد الغشاء البلازمي في المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية.

- تُعتبر النفاذية الاختيارية إحدى خصائص الغشاء البلازمي التي تتيح له التحكم بما يدخل إلى الخلية ويخرج منها.
- يتكوّن الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون الفسفورية.
- يسهم الكوليسترول والبروتينات الناقلة في أداء الغشاء البلازمي لوظيفته.
- يمثّل النموذج الفسيفسائي المائع الغشاء البلازمي.

القسم 3 التراكيب والعضيات

السيتوبلازم	cytoplasm
الهيكل الخلوي	cytoskeleton
النويّة	nucleolus
الرايبوسوم	ribosome
الشبكة البلازمية الداخلية	endoplasmic reticulum
جهاز جولجي	golgi apparatus
الفجوة	vacuole
المريكز	centriole
الجسم المحلّل	lysosome
البلاستيدة الخضراء	chloroplast
الميتوكندريون	mitochondrion
جدار الخلية	cell wall
الهدب	cilium
السوط	flagellum

الفكرة الرئيسة تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عضيات تسمح بأن تكون الوظائف متخصصة ومنفصلة داخل الخلية.

- تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم وتؤدي وظائف خلوية.
- إنّ الرايبوسومات هي مواقع تصنيع البروتين.
- الأجسام الفتيليّة (الميتوكوندريا) هي محطات توليد الطاقة للخلية.
- إن للخلايا النباتية والحيوانية العديد من العضيات نفسها، في حين يتفرّد كل من تلك الخلايا، سواءٌ النباتية أم الحيوانيّة، بعضياتٍ خاصة به وحده.

القسم 4 النقل الخلوي

الانتشار	diffusion
الاتزان الديناميكي	dynamic equilibrium
الانتشار الميسَّر	facilitated diffusion
الأسموزية	osmosis
المحلول منخفض التركيز	hypotonic solution
المحلول متساوي التركيز	isotonic solution
النقل النشط	active transport
المحلول عالي التركيز	hypertonic solution
البلعمة	endocytosis
الإخراج الخلوي	exocytosis

الفكرة الرئيسة يعمل النقل الخلوي على تحريك المواد ضمن الخلية ونقلها إلى داخل الخلية و خارجها.

- تحافظ الخلايا على الاتزان الداخلي من خلال عمليتَي النقل النشط والنقل غير النشط.
- تتأثر سرعة الانتشار بكل من التركيز ودرجة الحرارة والضغط.
- يجب أن تحافظ الخلايا على اتزانها الداخلي في كل أنواع المحاليل، بما في ذلك المحاليل متساوية، ومنخفضة، وعالية التركيز.
- ينتقل بعض الجزيئات الكبيرة إلى داخل الخلية وإلى خارجها من خلال عمليتَي الالتقام والإخراج الخلوي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 التقويم

القسم 1

مراجعة المفردات

الجمل التالية تنطوي على أخطاء. صوّب كلًّا منها عبر استبدال الكلمة المائلة بمصطلح من صفحة دليل الدراسة.

1. النواة هي تركيب يحيط بالخلية ويساعد في ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها.
2. تحتوي خليّة بدائية النواة على عضيات محاطة بغشاء.
3. العضيات هي وحدات بناءٍ أساسيّة في جميع الكائنات الحية.

فهم الأفكار الرئيسة

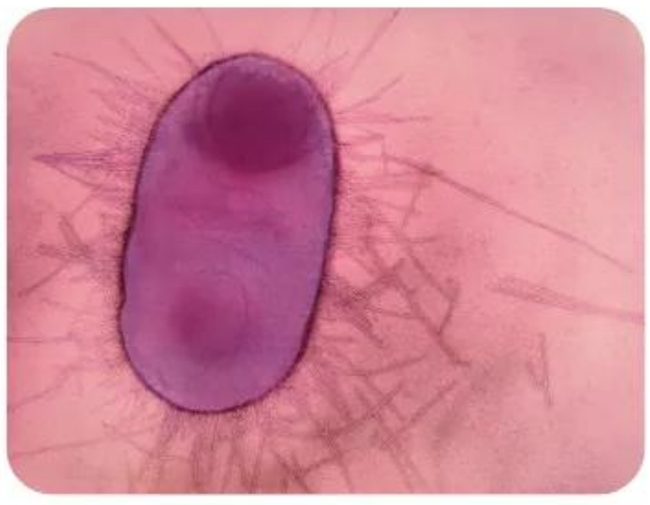
4. إذا كان لِمجهر سلسلة من ثلاث عدسات نسبة قوة تكبيرها بالتتالي هي ×5 و ×5 و ×7. فما إجمالي قوة تكبير المجهر؟

A. ×25 **C.** ×17
B. ×35 **D.** ×175

5. أي مما يلي ليس جزءًا من نظرية الخلية؟
A. الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة.
B. تتولّد الخلايا من خلايا موجودة سابقًا.
C. تتكوّن جميع الكائنات الحية من خلايا.
D. تحتوي الخلايا على عضيات محاطة بغشاء.

استخدم الصورة التالية للإجابة عن السؤال 6.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني النافذ. التكبير: ×15,000



6. ما نوع الخلية التي تظهر في الصورة المجهرية أعلاه؟
A. خلية بدائية النواة **C.** خلية حيوانية
B. خلية حقيقية النواة **D.** خلية نباتية

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

7. الفكرة الرئيسة اشرح الطريقة التي غيّر بها تطوُّر المجهر أساليب دراسة العلماء للكائنات الحية.

8. **إجابة قصيرة** قارن وقابل بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة.

فكّر بشكل ناقد

9. الموضوع المحوري استقصاء علمي لِمَ قد يستخدم اختصاصي المجهر، المتخصص في استخدام المجهر لدراسة العينات، مجهرًا ضوئيًا بدلًا من المجهر الإلكتروني؟

10. **حلّل** ربما تكون المادة التي عُثِر عليها في كويكب ما خلية، ما المعايير التي يجب أن تتحقق في المادة حتى تُعدّ خلية؟

القسم 2

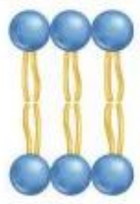
مراجعة المفردات

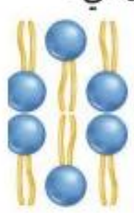
أكمل العبارات التالية باستخدام مصطلحات من صفحة دليل الدراسة.

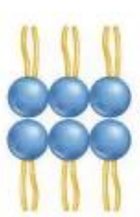
11. الـ _____ هو التركيب الأساسي الذي يكوّن الغشاء البلازمي.
12. _____ بروتينات تنقل المواد الضرورية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي.
13. _____ هي الخاصّيّة التي تسمح لبعض المواد فقط بدخول الخلية أو الخروج منها.

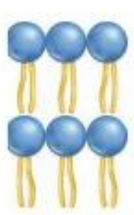
فهم الأفكار الرئيسة

14. أي الترتيبات التالية يمثّل بشكل أفضل طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة للغشاء البلازمي؟

A.


C.


B.


D.


15. ما الوضع الذي يؤدي إلى ازدياد في سيولة طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة؟
A. خفض درجة الحرارة
B. زيادة عدد البروتينات
C. زيادة عدد جزيئات الكوليسترول
D. زيادة عدد الأحماض الدهنية غير المشبعة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 التقويم

اسئلة ذات اجابات مفتوحة

16. الفكرة الرئيسة اشرح كيفيّة حفاظ الغشاء البلازمي على الاتزان الداخلي للخلية.

17. اشرح ما الفسيفساء، ثم فسِّر سبب استخدام المصطلح "النموذج الفسيفسائي المائع" في وصف الغشاء البلازمي.

18. كيف يسمح ترتيب الدهون الفسفورية في الطبقة المزدوجة للخلية بالتفاعل مع بيئتيها الداخلية والخارجية؟

فكّر بشكل ناقد

19. **ضع فرضية** حول مدى تأثر الخلية إذا ما فقدت خاصيّة النفاذية الاختيارية.

20. **توقَّع** ما الذي قد يحدث للخلية إذا ما فقدت قدرتها على إنتاج الكوليسترول؟

القسم 3

مراجعة المفردات

املأ الفراغات بمصطلح من صفحة دليل الدراسة يتوافق مع تعريف الوظيفة.

21. _____ تخزّن الفضلات

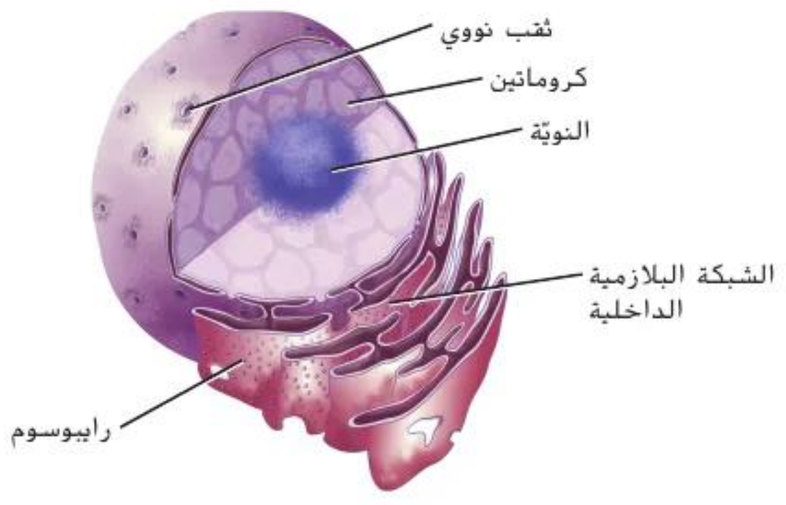
22. _____ تُنتج الرايبوسومات

23. _____ تولّد طاقة للخلية

24. _____ تنظّم البروتينات في الحويصلات

فهم الأفكار الرئيسة

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤالين *25* و *26*.



25. ما التركيب المسؤول عن بناء البروتينات التي تستخدمها الخلية؟

A. الكروماتين
B. النويّة
C. الرايبوسوم
D. الشبكة البلازمية الداخلية

26. ما هو موقع بناء البروتين؟

A. الثقب النووي
B. الشبكة البلازمية الداخلية
C. الكروماتين
D. النويّة

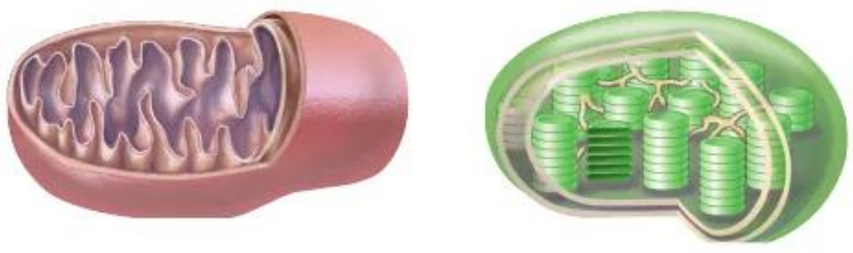
27. في أي من التراكيب تتوقع أن يتواجد جدار للخليّة؟

A. خليّة جلد بشري
B. خليّة من شجرة البلوط
C. خليّة من دم هرّ
D. خليّة من كبد فأر

اسئلة ذات اجابات قصيرة

28. **صف** السبب وراء اعتبار وجود الهيكل الخلوي في السيتوبلازم اكتشافًا حديثًا.

29. **قارن** بين تراكيب ووظائف كل من الجسم الفتيلي والبلاستيدة الخضراء في الرسم أدناه.



30. الفكرة الرئيسة اقترح سببًا لاتحاد رزم البروتينات في الفجوة مع الأجسام المحلّلة.

فكّر بشكل ناقد

31. **حدّد** مثالًا خاصًا ساهم فيه تركيب جدار الخلية في بقاء النبات ضمن بيئته الطبيعية.

32. **استدل** على سبب احتواء الخلايا النباتية التي تنقل الماء عكس اتجاه الجاذبية الأرضية على أجسام فتيليّة بكميّة كبيرة مقارنة مع كمية الأجسام الفتيلية التي تحتوي عليها الخلايا النباتية الأخرى.

القسم 4

مراجعة المفردات

اشرح أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية أدناه. ثم اشرح وجه الارتباط بين المصطلحات.

33. النقل النشط، الانتشار الميسَّر

34. البلعمة، الإخراج الخلوي

35. المحلول عالي التركيز، المحلول منخفض التركيز

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

فهم الأفكار الرئيسة

36. ما العامل غير المؤثّر في سرعة الانتشار؟

A. التوصيل **C.** الضغط

B. التركيز **D.** درجة الحرارة

37. ما نوع النقل الذي يتطلّب إدخالًا للطاقة من جانب الخليّة؟

A. النقل النشط

B. الانتشار الميسَّر

C. الأسموزية

D. الانتشار البسيط

اسئلة ذات اجابات قصيرة

38. لماذا يُعدّ النقل النشط عملية مستهلِكة للطاقة؟

39. لبعض الطلائعيات التي تعيش في بركة منخفضة التركيز تكيّفات في الغشاء الخلوي تبطئ في عملية امتصاص الماء. ما التكيُّفات التي قد تكون لطلائعيات تعيش في البحيرة المالحة الكبرى مرتفعة التركيز؟

صورة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×75

40. الفكرة الرئيسة لخِّص الطريقة التي يحافظ بها النقل الخلوي على الاتزان الداخلي ضمن الخلية.

فكّر بشكل ناقد

41. **ضع فرضية** حول آلية مرور الأكسجين عبر الغشاء البلازمي في حال كان تركيز الأكسجين داخل الخليّة أقلّ منه خارجها.

42. **حلّل** عمليات الزراعة والريّ التي تحدث في المناطق شديدة الجفاف حول العالم، تؤدي الى تراكم أملاح في التربة بعد تبخُّر المياه. وفقًا لما تعرفه عن منحدرات التركيز، لماذا يؤثر ازدياد ملوحة التربة في الخلايا النباتية تأثيرًا سلبيًا؟

التقويم الختامي

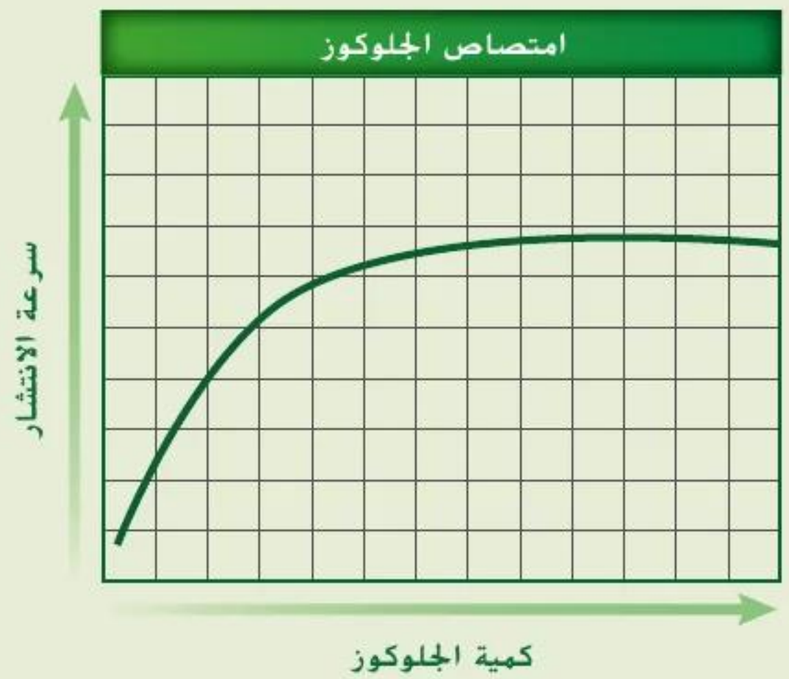
43. الفكرة الرئيسة الخلايا هي الوحدات البنائية والوظيفية في الكائنات الحيّة. أنشِىء تشبيهًا تمثّل فيه "الأجزاء الصغيرة" وحدات بنائية ووظيفية "للكل". ثم اربط بين هذا التشبيه وبين خلايا وكائنات حيّة من خلال ذكر أمثلة محدّدة.

44. استخدم ما تعلمته عن الاسموزية والنقل الخلوي لتصميم جهاز يمكّن أسماك المياه العذبة من البقاء حيّةً في موطن مائيّ مالح.

45. الكتابة في علم الأحياء ألّف قصيدة تصف وظائف خمس من عضيات الخليّة على الأقل.

أحم أسئلة حول مستند

يمثّل الرسم البياني التالي علاقةً بين كمية من الجلوكوز تدخل خلية ما وسرعة دخول الجلوكوز إلى هذه الخلية بمساعدة البروتينات الحاملة. استخدم هذا الرسم البياني للإجابة عن السؤالين *46* و*47*.



أخذت البيانات من: Raven, P.H., et al. 2002. *Biology*, 6th ed.: 99.

46. لخّص العلاقة بين كمية الجلوكوز وسرعة الانتشار.

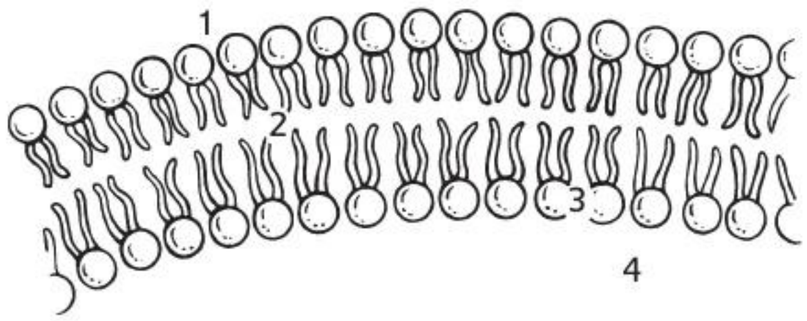
47. استدلّ على سبب انخفاض سرعة الانتشار مع تزايد كميات الجلوكوز. أنشىء رسمًا توضيحيًا لتفسير إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

أسئلة ذات خيار متعدد تحاكي الـ PISA

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤالين *1* و *2*.



1. أي من الأرقام يمثّل موقعًا قد تتوقع فيه وجود مواد غير قابلة للذوبان في الماء؟
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

2. ما تأثير وجود الأطراف القطبية وغير القطبية لجزيئات الدهون الفوسفورية الموجّهة المبيّنة في الرسم التوضيحي؟
A. يسمح ذلك بتحرّك البروتينات الناقلة بسهولة عبر الغشاء.
B. يسمح ذلك بالسيطرة على حركة المواد عبر الغشاء.
C. يسمح ذلك بمساعدة الخلية في الحفاظ على خصائصها الشكلية.
D. يسمح ذلك بتكوّن المزيد من الحيّز المتوافر داخل طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة.

3. أي من المواطن البيئية التالية سيكون الأكثر ملاءمةً لجماعة أحيائيّة تتّبع الاستراتيجية *r*؟
A. صحراء
B. أراضٍ عشبية
C. غابة أشجار متساقطة الأوراق
D. غابة استوائية مطيرة

4. أيّ من أشكال التكيّف يساعد النباتات في العيش في إقليم تندرا أحيائي؟
A. تساقط الأوراق المتزامن مع اقتراب فصل الشتاء
B. تخزين الأوراق للمياه
C. امتداد الجذور إلى عمق يبلغ بضعة سنتيمترات فقط
D. سيقان تحت – أرضية محميّة من حيوانات الرعي

5. أي مما يلي هو مورد غير متجدّد؟
A. الماء النقي من مصادر المياه العذبة
B. الطاقة المستمدة من الشمس
C. نوع من الحيوانات اصبح منقرضًا
D. نوع من الأسماك يتم صيده في المحيط

6. في أي من أنواع الخلايا التالية قد توجد بلاستيدة خضراء؟
A. الخليّة بدائية النواة
B. الحيوانية
C. النباتية
D. الفطريّات

استخدم هذه المعادلة غير المكتملة للإجابة عن السؤالين *7* و*8*.

$$CH_4 + 4Cl_2 \rightarrow __HCl + __CCl_4$$

7. تُبيّن المعادلة الكيميائية أعلاه ما يمكن أن يحدث في تفاعلٍ بين الميثان وغاز الكلور. حُذفت المعاملات في طرف النواتج من المعادلة. ما المعامل الصحيح لحمض الهيدروكلوريك HCL؟
A. 1
B. 2
C. 4
D. 8

8. ما الحد الأدنى لعدد ذرّات الكلور (Cl) اللازمة للتفاعل المبيَّن في المعادلة؟
A. 1
B. 2
C. 4
D. 8

9. لماذا يندرج عشب الكوليربا تاكسيفوليا ضمن الأنواع الغازية في بعض المناطق الساحلية في أمريكا الشمالية؟
A. لأنّه يشكّل خطورة على الإنسان.
B. لأنّه نوع غير مَحَلّي بالنسبة إلى المنطقة.
C. لأنّه ينمو ببطء ويغزو مع مرور الوقت.
D. لأنّه يتفوق في التنافس على الموارد مع الأنواع المحلية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

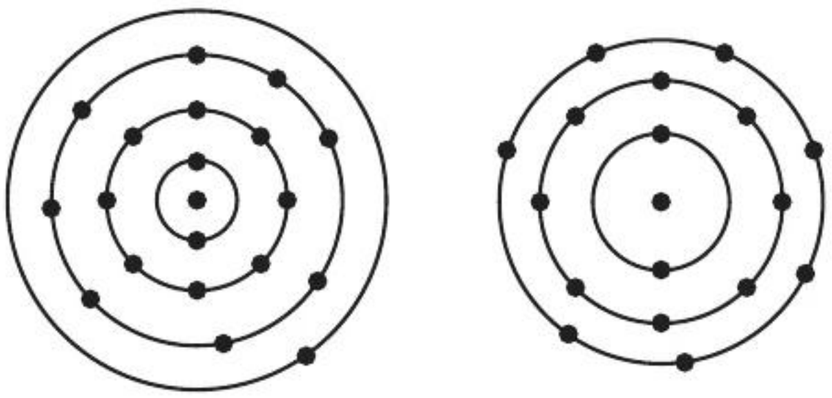
أسئلة ذات إجابات قصيرة تحاكي الـ SAT

10. استخدم مخططًا انسيابيًا لتنظيم معلومات عن عضيات الخليّة وبناء البروتين. حلل دور العضية في بناء البروتين، لكلّ من الخطوات.

11. قارن وقابل بين وظائف كل من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

12. اذكر السبب في أنّ قطبيّة جزيئات الماء تجعل الماء مذيباً جيّداً.

استخدم الشّكل التالي للإجابة عن السؤال *13*.



Cl
العدد الذري 17

K
العدد الذري 19

13. استخدم الشكل لوصف طريقة تكوّن المركّب الأيوني كلوريد البوتاسيوم (KCl).

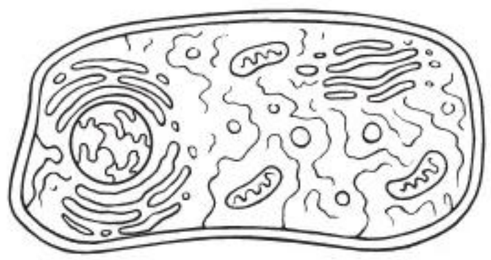
14. ماذا يمكن أن يحدث لو لم يكن الغشاء الخلوي متّسِماً بخاصيّة النفاذيّة الاختيارية؟

15. اختر موردًا طبيعيًا محدّدًا وضَع خطة للاستخدام المستدام لهذا المورد.

16. ما الذي يمكنك استنتاجه بشأن تطوّر الخلايا البكتيرية من خلال دراسة بنيتها؟

أسئلة ذات إجابات مفتوحة تحاكي الـ SAT

يُظهر الرسم التوضيحي التالي خليّة حيوانية واحدة في محلول متساوي التركيز. استخدم هذا الرسم للإجابة عن السؤال *17*.



17. صِف ما قد يحدث لهذه الخليّة في محلول عالي التركيز وفي محلول منخفض التركيز.

18. اشرح سبب عدم اعتبار القيمة الاقتصادية المباشرة الجانب الوحيد المهم في التنوّع الحيوي.

19. حلل لمَ يكون للمجهر الإلكتروني قوة تكبير أكبر مقارنة بالمجهر الضوئي.

20. قوّم أهمية وجود البروتينات الناقلة في نقل بعض المواد عبر غشاء الخلية.

سؤال مقالي يحاكي الـ SAT

لقد أتاحت، مؤخرًا، بعض اتفاقيات التجارة الدولية للعلماء والشركات فرصة تسجيل براءات الاختراع الخاصة بالاكتشافات التي يتوصلون إليها والمتمحورة حول الكائنات الحية ومادتها الوراثية. فمن الممكن مثلًا، تسجيل براءة اختراع لبذور تحوي جينات مقاومة للأمراض، وكذلك لنباتات يمكن استخدامها في الطب أو في الصناعة. لقد أصبح الآن لدى أصحاب براءات الاختراع هذه قدرة أكبر على التحكّم بطريقة استخدام هذه الكائنات الحية.

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال التالي في صورة مقال.

21. بناءً على ما تعرفه عن التنوع الحيوي، حدّد بعض إيجابيات وسلبيات نظام براءات الاختراع. اكتب مقالًا يكشف إيجابيات وسلبيات براءات الاختراع الخاصة بالاكتشافات المتمحورة حول الكائنات الحية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter sourced from Plant Structure and Function, Chapter 22, from Glencoe Biology ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

بنية النبات ووظائفه

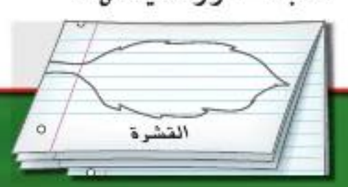
التجربة الاستهلالية

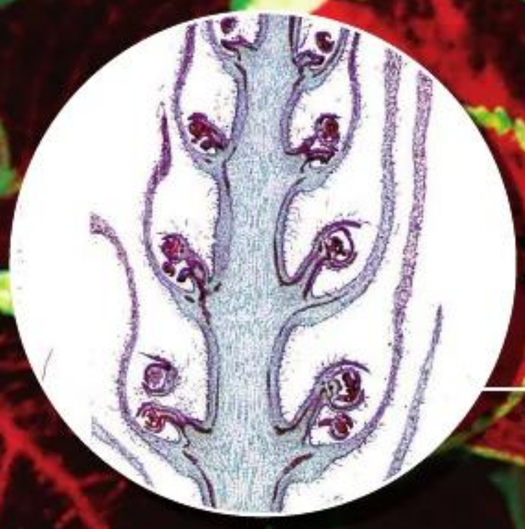
ما التراكيب الموجودة في النباتات؟

تتمتع معظم النباتات بتراكيب تمتص الضوء وأخرى تمتص الماء والمواد الغذائية. ستطّلع في هذه التجربة على احدى النباتات وستلاحظ وتصف تراكيبه التي تساعده في البقاء على قيد الحياة.

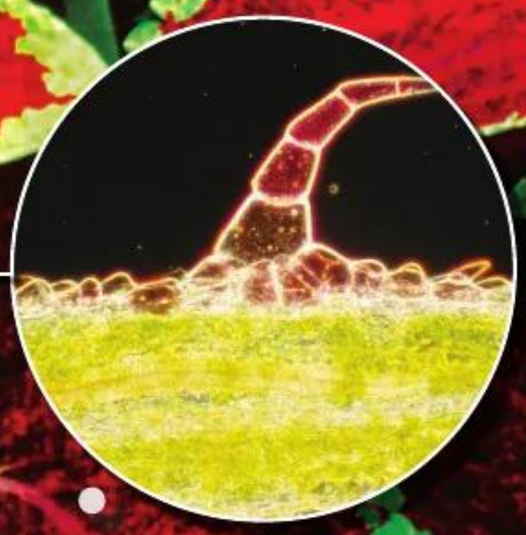
المطويات®

أنشئ مطوية تحمل أسماء طبقات ورقة نبات، واستخدمها في تنظيم ملاحظاتك المتعلقة ببنية ورقة النبات ووظيفتها.





مقطع عرضي من ساق نبات الغمد
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: غير متوفر



مقطع عرضي من ورقة نبات الغمد
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×75

الموضوع المحوري الاتزان الداخلي

تعمل خلايا النبات وأنسجته معًا للحفاظ على البنية والاتزان.

الفكرة الرئيسة يعود السبب في الطبيعة المتنوعة للنباتات إلى تنوع تراكيبها.

القسم 1 • الخلايا والأنسجة النباتية

القسم 2 • الجذور والسيقان والأوراق

القسم 3 • هرمونات النباتات واستجاباتها

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

الأسئلة الرئيسة

- ما الأنواع الرئيسة للخلايا النباتية؟
- ما الأنواع الرئيسة للأنسجة النباتية؟
- ما أوجه الاختلاف بين وظائف الخلايا والأنسجة النباتية؟

مفردات للمراجعة

الفجوة vacuole: حويصلة محاطة بغشاء تُستخدم للتخزين أو النقل

مفردات جديدة

parenchyma cell	الخلية البرنشيمية
collenchyma cell	الخلية الكولنشيمية
sclerenchyma cell	الخلية السكليرنشيمية
meristem	النسيج المولّد
vascular cambium	الكامبيوم الوعائي
cork cambium	الكامبيوم الفليني
epidermis	البشرة
guard cell	الخلية الحارسة
xylem	الخشب
vessel element	العنصر الوعائي
tracheid	القصيبة
phloem	اللحاء
sieve tube member	عضو الأنبوب الغربالي
companion cell	الخلية المرافقة
ground tissue	النسيج الأساسي

الخلايا والأنسجة النباتية

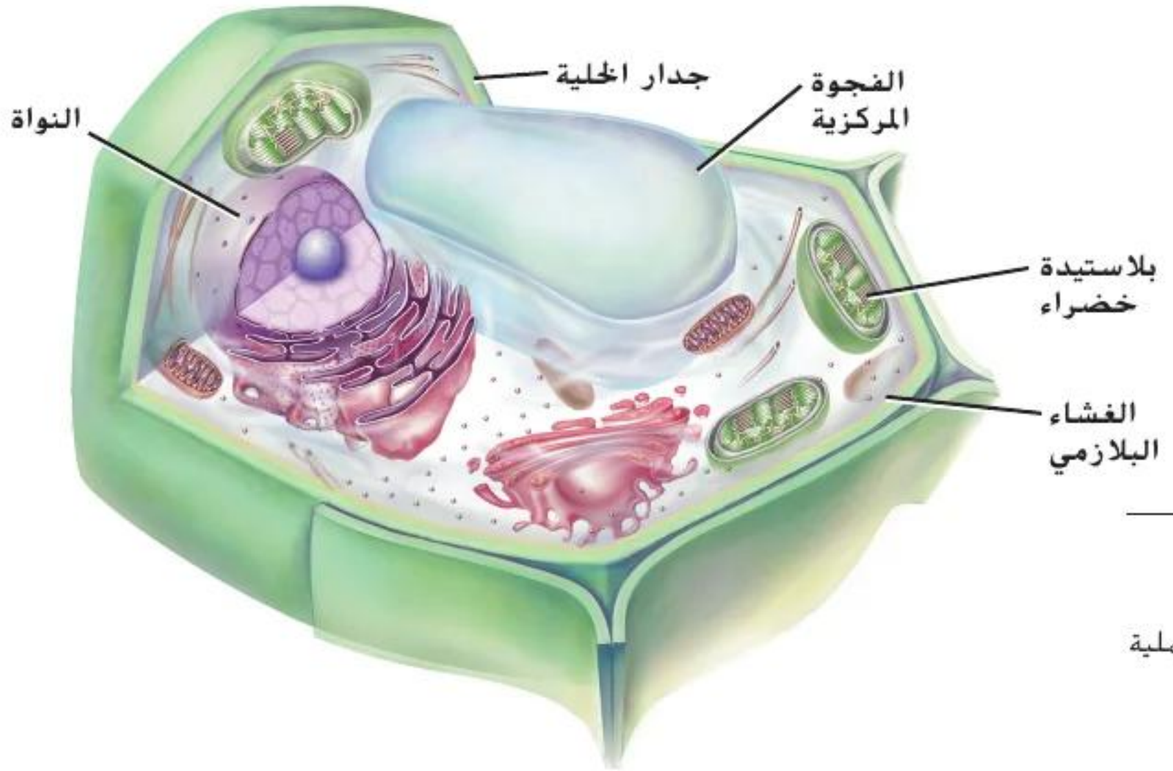
الفكرة الرئيسة **تُشكِّل الأنواع المختلفة من خلايا النبات أنسجته.**

الربط مع الحياة اليومية تدخل في تركيبة المباني مواد متنوعة، فتُستخدم مواد مختلفة لبناء الدرَج والسباكة والأبواب ونظام الكهرباء لأن لكلٍّ منها وظيفة مختلفة. وبالطريقة نفسها، فإنّ لتراكيب النبات المختلفة خلايا وأنسجة تعمل بكفاءة لتأدية مهام مُعيّنة.

الخلايا النباتية

يمكنك التعرّف على خلية نباتية نموذجية، مثل تلك المُبيّنة في **الشكل 1**، من خلال وجود جدار خلية وفجوة مركزية كبيرة. قد يكون للخلايا النباتية أيضًا بلاستيدات خضراء، لكن ثمّة أنواع مختلفة كثيرة من الخلايا النباتية، التي يحوي كل منها وسيلة تكيّف واحدة أو أكثر تُمكّنها من تأدية وظيفة مُحدّدة. وتُشكِّل ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية معظم الأنسجة النباتية، فتؤدي هذه الخلايا معًا وظائف التخزين وإنتاج الغذاء وتوفر قوة ومرونة ودعمًا للنبات.

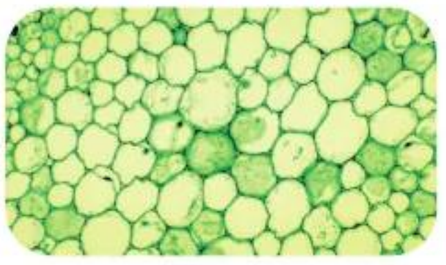
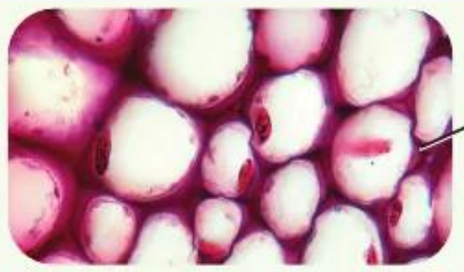
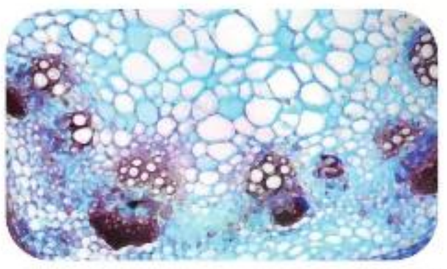
الخلايا البرنشيمية إنّ معظم الخلايا المرنة الرقيقة الجدران والموجودة في كل أنحاء النبات هي **خلايا برنشيمية**. وتُشكِّل الأساس لمعظم تراكيب النبات وتتميز بقدرتها على تأدية عدد كبير من الوظائف، منها التخزين والبناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية. تجدر الإشارة إلى أنّ هذه الخلايا كروية الشكل كما أنّ جدران الخلية تصبح مسطحة عندما تكون متراصّة بعضها فوق بعض، كما هو مُبيّن في **الجدول 1**. من الصفات المهمّة للخلايا البرنشيميّة أنها قادرة على الانقسام عند اكتمال نموها. فعندما تتلف نبتة، تنقسم الخلايا البرنشيمية للمساعدة في إصلاحها. يمكن أن يكون للخلايا البرنشيمية سمات خاصة، بحسب الوظيفة التي تؤديها، إذ أنّ لدى بعض الخلايا البرنشيمية العديد من البلاستيدات الخضراء، كما هو مُبيّن أيضًا في **الجدول 1**. إنّ هذه الخلايا موجودة غالبًا في الأوراق والسيقان الخضراء ويمكن أن تقوم بعملية البناء الضوئي، فتنتج الجلوكوز. لدى الخلايا البرنشيمية، مثل تلك الموجودة في الجذور والثمار، فجوات مركزية كبيرة يمكنها تخزين المواد مثل النشا أو الماء أو الزيوت.



■ **الشكل 1** من السمات الفريدة للخلية النباتية وجود جدار خلية وفجوة مركزية كبيرة. قد تحتوي الخلايا النباتية على بلاستيدات خضراء تتم فيها عملية البناء الضوئي.
استدلّ على سبب عدم اعتبار البلاستيدات الخضراء جزءًا من الخلايا النباتية كلها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 1 الخلايا النباتية ووظائفها

نوع الخلية	مثال	الوظائف
البرنشيمية	 صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×400 تخلو من البلاستيدات الخضراء صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×80 تحوي بلاستيدات خضراء	• التخزين • البناء الضوئي • تبادل الغازات • الحماية • إصلاح الأنسجة واستبدالها
الكولنشيمية	 صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×100 الكولنشيمية	• دعم الأنسجة المحيطة • توفير المرونة للنبتة • إصلاح الأنسجة واستبدالها
السكليرنشيمية	صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×120 خلايا حجرية  صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: غير متوفر ألياف	• الدعم • نقل المواد

الخلايا الكولنشيمية إذا كنت قد أكلت يومًا الكرفس، فإنّ الخلايا الكولنشيمية مألوفة لديك، إذ تُشكِّل هذه الخلايا تلك الخيوط الطويلة التي يمكن أن تسحبها من ساق الكرفس. إنّ **الخلايا الكولنشيمية** هي خلايا نباتية متطاولة الشكل في معظم الأحيان وموجودة في صورة شرائط أو أسطوانات طويلة تدعم الخلايا المحيطة. كما يظهر موضَّح في **الجدول 1**، قد يكون للخلايا الكولنشيمية جدران خلوية سميكة على نحو غير متساوٍ. عندما تنمو الخلية الكولنشيمية، قد تتمدد الأجزاء الرقيقة لجدار خليتها. بفضل نمط النمو هذا، تكون الخلايا الكولنشيمية مرنة وقابلة للتمدّد، ما يُمكِّن النباتات من الانثناء من دون أن تنكسر. وللخلايا الكولنشيمية، تمامًا مثل الخلايا، البرنشيمية القدرة على الانقسام عند اكتمال نموها.

الخلايا السكليرنشيمية على عكس الخلايا البرنشيمية والكولنشيمية، تفتقر **الخلايا السكليرنشيمية** إلى السيتوبلازم ومكوّنات حيّة أخرى عند اكتمال نموها، ولكنّ جدرانها السميكة الصلبة تبقى قائمة. توفّر هذه الخلايا الدعم للنبتة، ويُستخدم بعضها لنقل المواد داخل النبتة. فضلًا عن ذلك، تكوّن الخلايا السكليرنشيمية النسبة الأكبر من الخشب الذي نستخدمه في بناء مأوى أو صناعة وقود أو منتجات ورقيّة.

ثمّة نوعان من الخلايا السكليرنشيمية، وهما الخلايا الحجرية والألياف، كما هو مُبيّن في **الجدول 1**. ربما تكون قد أكلت بعض الخلايا الحجرية، فهي تُشكِّل القوام الخشن لثمار الكمثرى. تُعرف الخلايا الحجرية أيضًا باسم الخلايا المتصلّبة. تتوزّع هذه الخلايا بشكل عشوائي في كل أجزاء النبتة، وهي أقصر من الألياف وذات شكل غير منتظم نوعًا ما. تنتج قساوة غلاف البذور وصلابة قشور الجوز عن وجود خلايا حجريّة. تقوم الخلايا الحجرية أيضًا بالنقل. أما خلايا الألياف، فهي إبرية الشكل ولها جدار خلية سميك وفيها فراغ داخلي صغير. عندما تلتصق نهايات الألياف معًا، تُشكِّل نسيجًا قويًا ومرنًا. لقد استخدم الإنسان هذه الألياف في صناعة الحبال والكتّان والجنفاص وغيرها من الأقمشة لعدة قرون، كما هو مُبيّن في **الشكل 2**.

■ **الشكل 2** استُخدِمَتْ خلايا الألياف الموجودة في النباتات لصناعة منسوجات مثل الصندل المصري القديم المُبيّن أدناه.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة 1

ملاحظة الخلايا النباتية

كيف يمكن استخدام المجهر لتمييز أنواع الخلايا النباتية؟ تفحّص الأنواع الثلاثة المختلفة من الخلايا النباتية بتحضير شرائح لبعض أجزاء النبات الشائعة وملاحظتها.

الإجراء

تحذير: اليود مادة سامة إذا ابتُلعت ويمكن أن يصبغ الجلد والملابس.

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. احصل على **شريحة بطاطس** رقيقة وصغيرة **ومقطع عرضي رقيق لساق الكرفس** من معلمك.
3. ضع شريحة البطاطس على **شريحة زجاجية**، وأضف إليها قطرة من **اليود**، ثم غطِّها **بغطاء الشريحة**. استخدم **مجهرًا** لملاحظة شريحة البطاطس. وسجِّل ملاحظاتك.
4. ضع شريحة الكرفس على شريحة زجاجية وأضف إليها قطرة من **الماء** وغطِّها بغطاء الشريحة.
5. ضع قطرة من **الصبغة** عند إحدى حافتي غطاء الشريحة، ثم ضع **منشفة ورقية** عند الحافة المقابلة لسحب الصبغة من تحت الغطاء. استخدم مجهرًا لملاحظة شريحة الكرفس. سجِّل ملاحظاتك.
6. احصل على جزء صغير من **نسيج ثمرة الكمثرى**، وضعه على الشريحة وغطِّه بغطاء الشريحة.
7. باستخدام **ممحاة قلم رصاص**، اضغط بتروٍّ لكن بقوّة على غطاء الشريحة حتى يصبح نسيج ثمرة الكمثرى طبقة رقيقة مستوية. استخدم مجهرًا لملاحظة نسيج ثمرة الكمثرى. وسجِّل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع الخلية النباتية المتخصصة التي تلاحظها في كل شريحة.
2. **استدلّ** على سبب وجود أنواع مختلفة من الخلايا في البطاطس وساق الكرفس ونسيج الكمثرى.

الأنسجة النباتية

تذكَّر أنّ النسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا التي تعمل معًا لأداء وظيفة معيّنة. ويمكن أن يتكوّن النسيج النباتي من نوع أو أكثر من الخلايا، بناءً على وظيفته. ثمّة أربعة أنواع مختلفة من الأنسجة في النبات وهي المولّدة والجلدية والوعائية والأساسية.

النسيج المولّد يمكن أن تستمر النباتات خلال حياتها في إنتاج خلايا جديدة في أنسجتها المولّدة. تُكوّن الأنسجة الإنشائية **أنسجة مولّدة**، وهي مناطق تنقسم خلاياها بسرعة. وللخلايا الموجودة في الأنسجة المولّدة أنوية كبيرة وفجوات صغيرة أو لا توجد فيها فجوات على الإطلاق في بعض الحالات. عندما يكتمل نمو هذه الخلايا، يمكنها التطور إلى عدة أنواع مختلفة من الخلايا النباتية، بما فيها الخلايا الجذعية. إنّ الأنسجة المولّدة موجودة في مناطق مختلفة من النبتة وهي مُبيّنة في **الشكل 3**.

الأنسجة المولّدة القمّية إنّ الأنسجة المولّدة الموجودة عند قمم الجذور والسيقان تنتج خلايا تسبب زيادة في الطول، وهي أنسجة مولّدة قمّية، كما هو مُبيّن في **الشكل 3**. يُطلق على هذا النمو اسم النمو الأولي. بما أنّ النباتات ثابتة في مكانها عادةً، فإنّ السيقان والجذور تدخل بيئات مختلفة أو مناطق مختلفة من البيئات نفسها.

الأنسجة المولّدة البينية ثمة نوع آخر من أنواع النسيج المولّد، يُسمّى النسيج المولّد البيني. إنّ هذا النسيج المولّد موجود في موقع أو أكثر على طول سيقان العديد من ذوات الفلقة الواحدة. يُنتج النسيج المولّد البيني خلايا جديدة تسبب في طول الساق أو طول الأوراق. لو كان للحشائش نسيج مولّد قمي فقط، لتوقّفت عن النمو بعد عملية الجز الأولى، لكنها تستمرّ في النمو لأنها تحوي أكثر من نوع واحد من الأنسجة المولّدة.

الأنسجة المولّدة الجانبية ينتج الازدياد في قطر الجذر والساق من نموّ ثانويّ ينجم عن نوعين من النسيج المولّد الجانبي. يحدث النمو الثانوي في النباتات البذرية غير المزهرة وذوات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط.

إنّ **الكامبيوم الوعائي**، المُبيّن أيضًا في **الشكل 3**، عبارة عن أسطوانة رقيقة من النسيج المولّد يمكن أن تمتد على طول الجذور والسيقان بأكملها. ويُنتج خلايا نقل جديدة في بعض الجذور والسيقان.

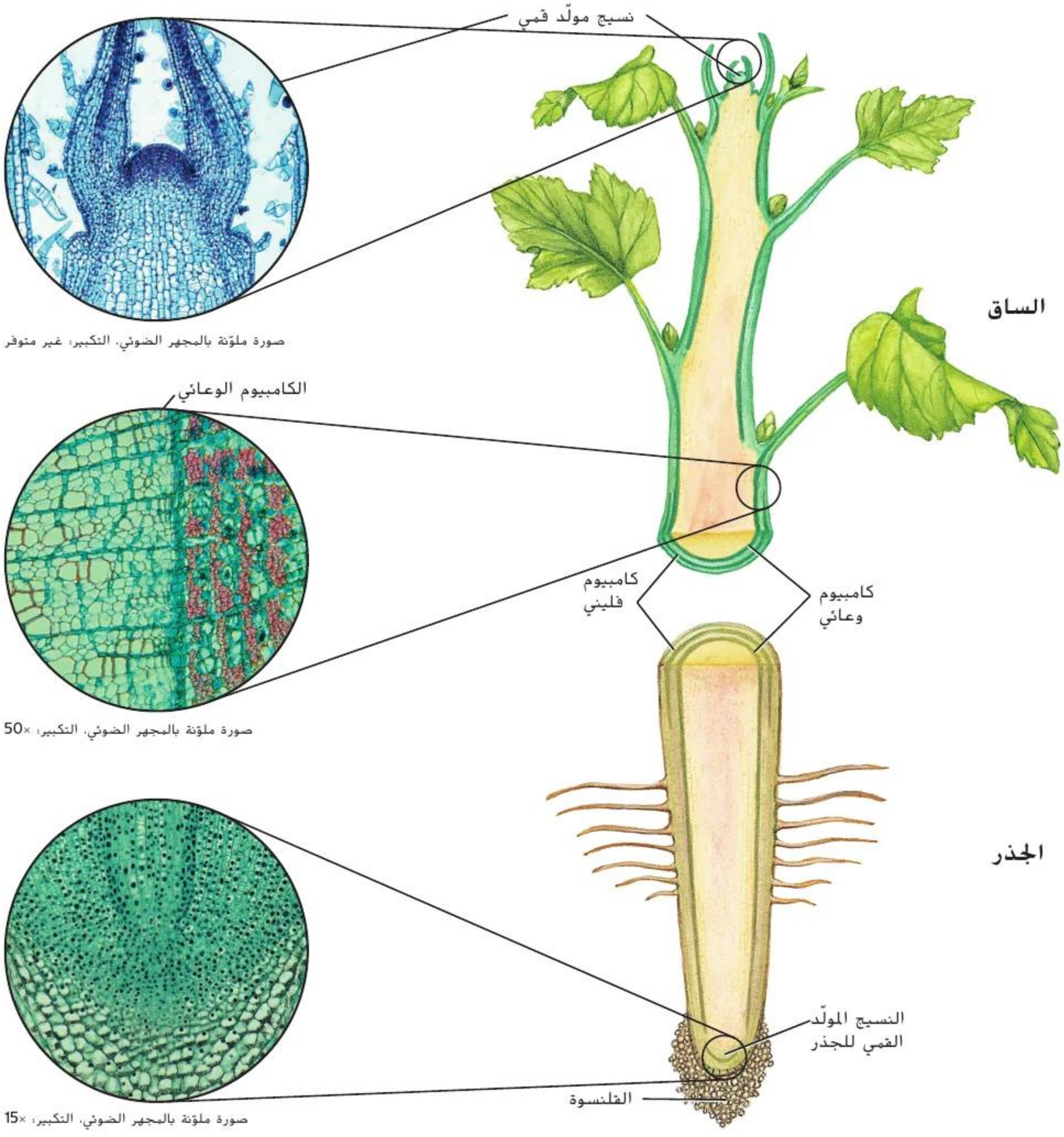
في بعض النباتات نسيج مولّد جانبي آخر، وهو **الكامبيوم الفليني**، الذي يُنتج خلايا تُكوّن جدرانًا خلوية صلبة. تُشكِّل هذه الخلايا طبقة خارجية واقية على السيقان والجذور، في حين تُشكِّل أنسجة الفلين اللحاء الخارجي على النباتات الخشبية مثل شجرة البلوط. تذكّر أنّ خلايا نسيج الفلين هي تلك التي لاحظها روبرت هوك عندما شاهدها بمجهره.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصور الأنسجة المولّدة

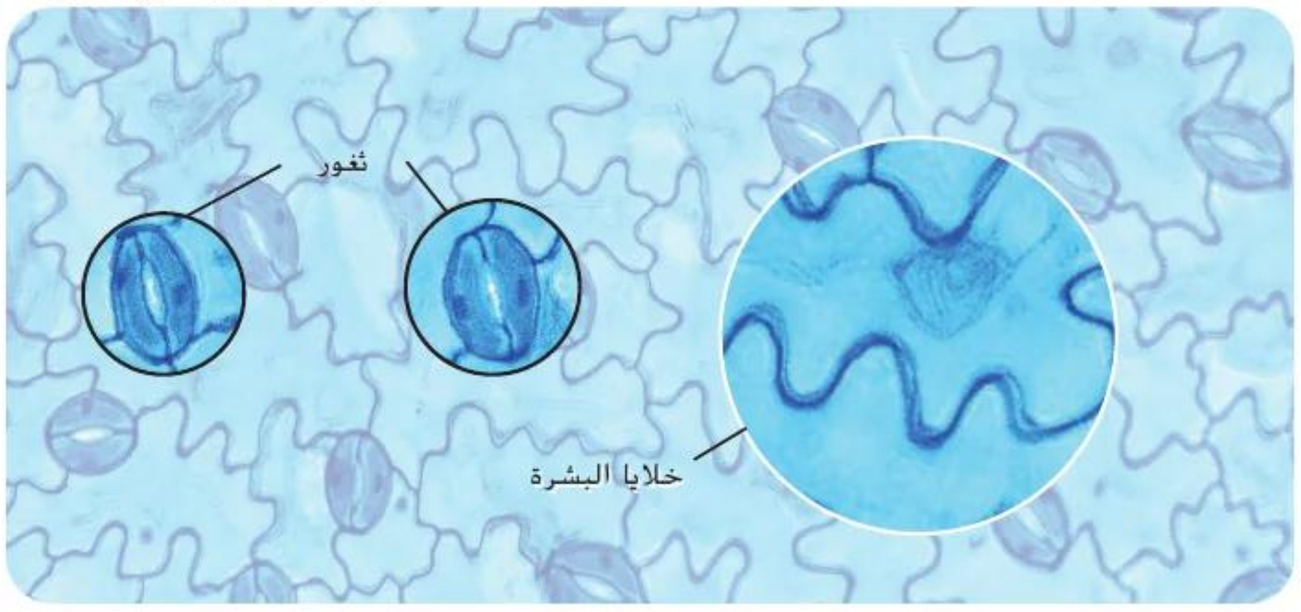
الشكل 3

يحدث معظم نمو النبتة من إنتاج الأنسجة المولّدة لخلايا جديدة. فالسيقان والجذور تزداد طولًا بسبب إنتاج الأنسجة المولّدة القمّية لخلايا جديدة غالبًا. أما الكامبيوم الوعائي للنبات، فيُنتج خلايا تعمل على زيادة قطر الجذر والساق.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×10



■ **الشكل 4** يتكوّن سطح الورقة من خلايا بشرة متراصّة تساعد في حماية النبتة وتمنع فقدان الماء. وتُفتَح الثغور وتُغلق للسماح للغازات بالدخول والخروج.

النسيج الجلدي — البشرة إنّ طبقة الخلايا التي تُكوّن الغطاء الخارجي على النبتة هي نسيج جلدي، يُعرف أيضًا باسم **البشرة**. تشبه خلايا البشرة قطع ألعاب الألغاز مع نتوءات وانخفاضات متشابكة. كما هو مُبيّن في **الشكل 4**. يمكن أن تفرز معظم خلايا البشرة مادة دهنية تُكوّن القشرة. ربما تتذكّر أنّ القشرة تساعد على تقليل فقدان الماء من النباتات وذلك بإبطاء عملية التبخر. فضلًا عن ذلك، يمكن للقشرة المساعدة على منع البكتيريا والكائنات الحية الأخرى المسببة للأمراض من دخول النبتة.

الثغور قد يكون للنباتات عدة وسائل تكيُّف في بشرتها. تذكّر أنّ بشرة معظم الأوراق وبعض السيقان الخضراء تحوي ثغور. وهي فتحات صغيرة يدخل من خلالها ثاني أكسيد الكربون والماء والأكسجين وغازات أخرى. تسمى الخليتان اللتان تُشكّلان الثغر **الخليتين الحارستين**. وينتج عن التغيّرات في شكل الخليتين الحارستين فتح الثغور أو إغلاقها، كما هو مُبيّن في **الشكل 4**.

الشعيرات تُنتج بعض خلايا البشرة على الأوراق والسيقان نتوءات تشبه الشعر تُسمّى الشعيرات، كما هو مُبيّن في **الشكل 5**. يمكن أن تعطي الشعيرات الأوراق مظهرًا زغبيًا وقد تساعد في حماية النبتة من الحشرات والحيوانات المفترسة. وقد تُطلق بعض الشعيرات مواد سامة عند لمسها، كما تساعد في الحفاظ على برودة بعض النباتات وذلك بعكس ضوء الشمس.

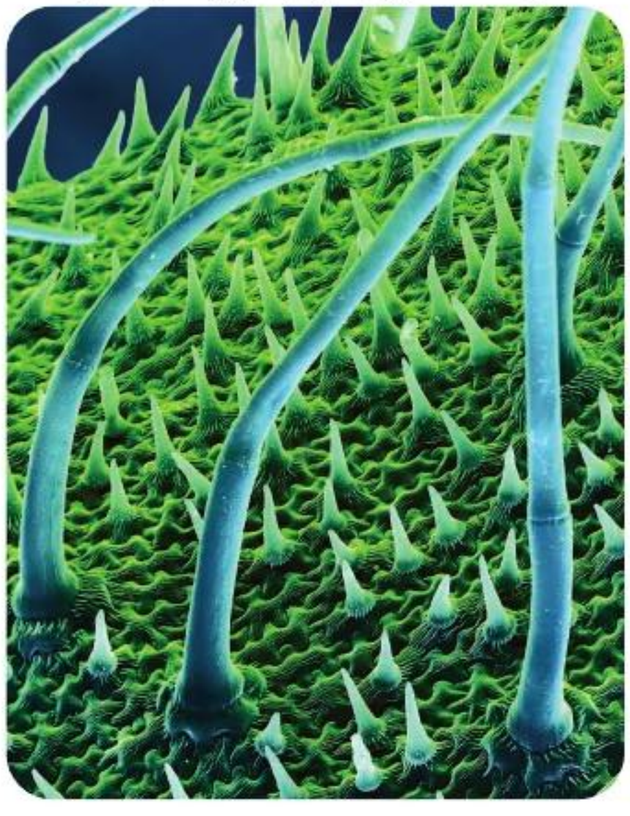
المفردات

أصل الكلمة

الشعيرة trichome

إن مرادفها في الانكليزية مشتقّ من الكلمة اليونانية *trickhma*، وتعني نمو الشعر.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×240



الشعيرات على ورقة نبتة

تكبير الصورة: غير متوفر

الشعيرات الجذرية

■ **الشكل 5** تساعد وسائل تكيُّف البشرة النباتات في البقاء على قيد الحياة. فالغدد الصغيرة الموجودة على قمم الشعيرات قد تحوي مواد سامة. وتزيد الشعيرات الجذرية مساحة سطح الجذر.

اشرح كيف تُعتبَر وسيلتا التكيُّف هاتان من آليات البقاء على قيد الحياة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الشعيرات الجذرية تتمتع بعض الجذور بشعيرات جذرية، وهي امتدادات هشة تخرج من خلايا البشرة. وتزيد الشعيرات الجذرية، كما هو موضَّح في **الشكل 5**، المساحة السطحية للجذر وتُمكّنه من امتصاص كمية من المواد أكبر مما لو خلا الجذر من هذه الشعيرات.

الأنسجة الوعائية يُعدّ نقل الماء والغذاء والمواد المذابة، في النبتة، الوظيفة الأساسية لنوعين من الأنسجة الوعائية هما الخشب واللحاء.

الخشب يدخل الماء الذي يحتوي على معادن مذابة عبر الجذور إلى النبتة. يُنقل الماء وما فيه من معادن مذابة في كل أجزاء النبتة من خلال نظام الخشب الذي يتدفق بشكل مستمر من الجذور حتى الأوراق. إنّ **الخشب** هو نسيج وعائي ناقل للماء يتألف من خلايا متخصصة تُسمّى العناصر الوعائية والقصيبات. عند اكتمال النمو، يتكوّن كل من العنصر الوعائي والقصيبة من جدار الخلية فحسب. يسمح عدم وجود السيتوبلازم عند النضج للماء بالتدفق بحرية عبر هذه الخلايا.

إنّ **العناصر الوعائية** عبارة عن خلايا أنبوبية تتراص طرفًا لطرف، فتشكّل شرائط من الخشب تسمى الأوعية. وتكون العناصر الوعائية مفتوحة عند طرفيها مع أشرطة تشبه الحاجز عند الفتحات. في بعض النباتات، تفقد العناصر الوعائية مكتملة النمو جدرانها الطرفية، ويسمح هذا للماء والمواد المذابة بالانتقال بحرية من عنصر وعائي إلى آخر.

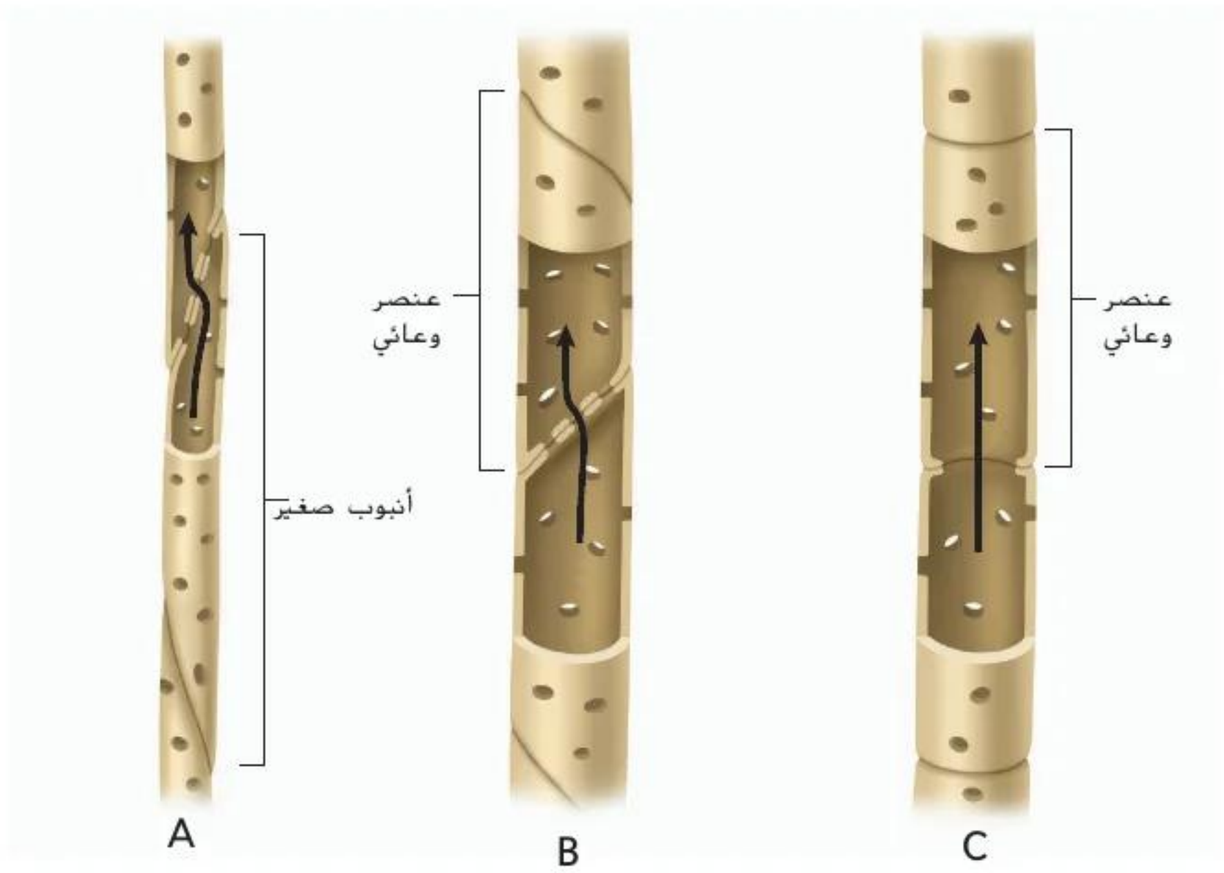
إنّ **الأنابيب الصغيرة (القصيبات)** هي خلايا أسطوانية طويلة ذات أطراف مثقبة. تصطفّ الخلايا طرفًا لطرف وتُشكّل شريطًا يشبه الأنبوب. للأنابيب الصغيرة المكتملة النمو جدران طرفية في الصورة A وB من **الشكل 6**، بخلاف بعض العناصر الوعائية المكتملة النمو الصورة C من **الشكل 6**. لهذا السبب، تكون الأنابيب الصغيرة أقل كفاءة من العناصر الوعائية عند نقل المواد. قارن بين تركيب الأنابيب الصغيرة والعناصر الوعائية في **الشكل 6**.

في النباتات معراة البذور أو النباتات البذرية غير الزهرية، يتكون الخشب في الغالب من أنابيب صغيرة. أما في النباتات البذرية الزهرية، فيتكون الخشب من قصيبات وأوعية. بما أنّ الأوعية أكثر كفاءة في نقل الماء والمواد، يفترض العلماء أنّ ذلك قد يفسّر سبب نمو النباتات الزهرية في بيئات مختلفة عديدة.

التأكد من فهم النص **اشرح** وظيفة كلّ من العناصر الوعائية والأنابيب الصغيرة.

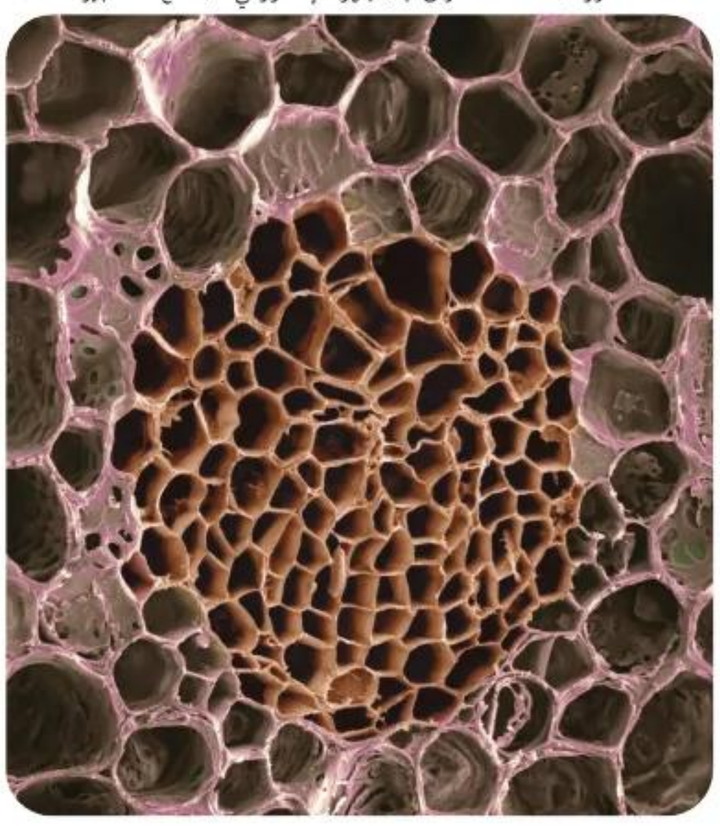
مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالِم مروج تحتاج الحدائق وملاعب الجولف وملاعب الرياضة إلى مهارات عالِم المروج للمساعدة في الحفاظ على الحشائش التي تنمو فيها. فهو يتمتع بخلفية علمية تتضمن دراسة العلوم والإدارة والأعمال.



■ **الشكل 6** كلّ من الأنابيب الصغيرة والعناصر الوعائية هي الخلايا الناقلة في الخشب.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: ×350

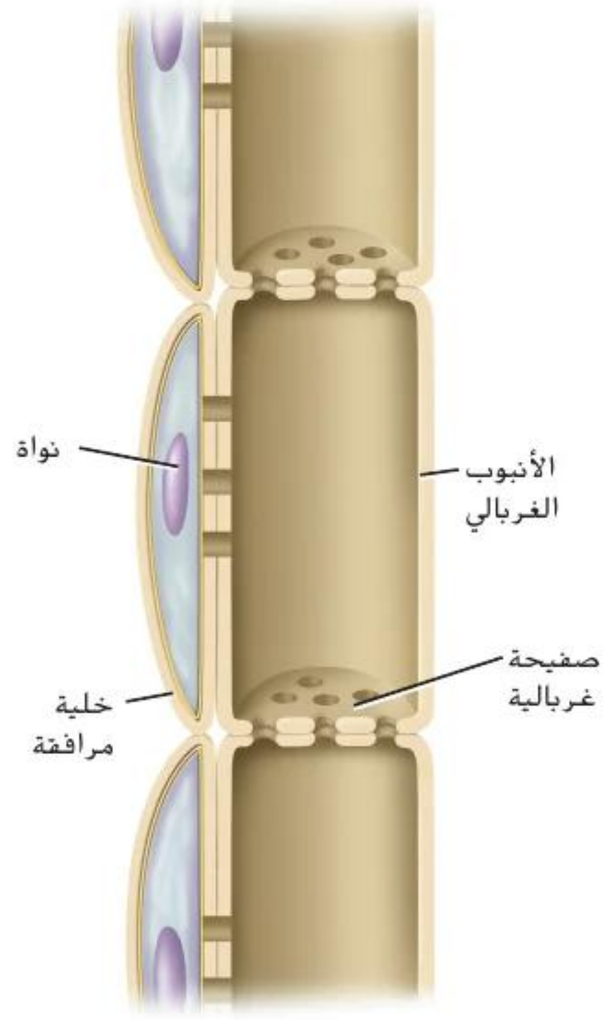


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اللحاء إنّ النسيج الأساسي الذي ينقل الغذاء هو **اللحاء**، فهو ينقل السكريات المذابة ومركّبات عضويّة أخرى في كل أجزاء النبتة. تذكر أنّ الخشب ينقل فقط المواد بعيدًا عن الجذور. أمّا اللحاء، فينقل المواد من الأوراق والسيقان إلى الجذورتحذف هذة الجملة المظللة. الجدير بالذكر أنّه ثمّة خلايا حجرية وألياف مرتبطة باللحاء، على الرغم من أنها لا تُستخدم في النقل وتتلخص وظيفة هذة الخلايا. السكليرنشيمية المتينة الدعم للنبتة.

يتكوّن اللحاء من نوعين من الخلايا، الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة، كما هو مُبيّن في **الشكل 7**. يحتوي **الأنبوب الغربالي** على السيتوبلازم، لكنه يفتقر إلى النواة والرايبوسومات عندما يكون مكتمل النمو. وبجوار الأنابيب الغربالية توجد ثمة **خلايا مرافقة**، لكل منها نواة. يفترض العلماء أنّ هذه النواة تساعد الأنبوب الغربالي مكتمل النمو. في النباتات الزهرية تراكيب تُسمّى الصفائح الغربالية موجودة عند طرف الأنابيب الغربالية. ولهذه الصفائح الغربالية ثقوب واسعة يمكن أن تتدفق المواد الغذائية من خلالها.

يتم أيض بعض الجلوكوز الذي تنتجه الأوراق والأنسجة الأخرى التي تقوم بعملية البناء الضوئي. لكن بعضه الآخر يتحوّل إلى نوع آخر من الكربوهيردات، ويُنقل ليُخَزَّن في مناطق في النبتة تُسمّى المخازن، ومن الأمثلة على المخازن خلايا التخزين البرنشيمية الموجودة في قشرة الجذر التي سيتمّ التطرّق إليها في القسم التالي من هذه الوحدة. إضافةً إلى ذلك، يُسمّى نقل الكربوهيدرات المذابة في اللحاء من المصادر إلى المخازن والمواد الأخرى **الانتقال المكاني**.



■ **الشكل 7** لاحظ الثقوب الموجودة في الصفائح الغربالية بين الأنابيب الغربالية.

الأنسجة الأساسية إنّ فئة الأنسجة النباتية التي لا تندرج تحت الأنسجة المولّدة أو الجلدية أو الوعائية هي الأنسجة الأساسية. وتتكوّن **الأنسجة الأساسية** من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وسكليرنشيمية ولها وظائف متنوعة، منها البناء الضوئي والتخزين والدعم. إضافةً إلى ذلك، يتكوّن معظم النبات من نسيج أساسي. يحتوي النسيج الأساسي في الأوراق والسيقان الخضراء على خلايا تتضمن العديد من البلاستيدات الخضراء التي تنتج الجلوكوز للنبات. وفي بعض السيقان والجذور والبذور، تحتوي خلايا النسيج الأساسي على فجوات كبيرة تخزن السكريات أو النشا أو الزيوت أو مواد أخرى، كما توفر الأنسجة الأساسية الدعم عندما تنمو بين أنواع أخرى من الأنسجة.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ثمّة ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية.
- يرتبط تركيب الخلية النباتية بوظيفتها.
- ثمّة أنواع مختلفة عديدة من الأنسجة النباتية، وهي الأنسجة المولّدة والجلدية والوعائية والأساسية.
- الخشب واللحاء هي أنسجة وعائية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صِف** الأنواع المختلفة للخلايا النباتية الموجودة في الأنسجة النباتية.
2. **قارن وقابل** بين أنواع الخلايا النباتية.
3. **صِف** الشعيرة الجذرية واشرح وظيفتها.
4. **حدّد** موقع الكامبيوم الوعائي ووظيفته.
5. **قارن** بين نوعي خلايا الخشب المتخصصة.

التفكير الناقد

6. **أنشئ** جدولًا يلخص تراكيب الأنسجة النباتية المختلفة ووظائفها، وذلك باستخدام المعلومات الموجودة في هذا القسم.
7. **قيّم** ميزة عدم وجود جدران طرفية في العناصر الوعائية.

الكتابة في علم الأحياء

8. ألّف قصيدة عن أحد أنواع الأنسجة النباتية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

الجذور والسيقان والأوراق

الأسئلة الرئيسة

- كيف ترتبط تراكيب الجذور والسيقان والأوراق بوظائفها؟
- ما أوجه المقارنة بين تراكيب الجذور والسيقان والأوراق ووظائفها؟

مفردات للمراجعة

النسيج المولّد القمّي apical meristem: نسيج موجود عند أطراف الجذور والسيقان، يُنتِج الخلايا المسؤولة عن الازدياد في الطول

مفردات جديدة

قلنسوة الجذر	root cap
القشرة	cortex
البشرة الداخلية	endodermis
الدائرة المحيطية	pericycle
السُويقَة	petiole
النسيج المتوسط العمادي	palisade mesophyll
النسيج المتوسط الإسفنجي	spongy mesophyll
النتح	transpiration

الفكرة الرئيسة **ترتبط تراكيب النباتات بوظائفها.**

الربط مع الحياة اليومية يكون استخدام الشوكة لأكل سلطة الخس عادةً أكثر فعالية من استخدام الملعقة. لكن، إذا كنت تشرب حساء الطماطم، فستكون الملعقة أكثر فائدة من الشوكة. تُعدّ هذه أمثلة على التعبير الشائع "الأداة المناسبة للوظيفة المناسبة". وينطبق الشيء نفسه في الطبيعة. ويرتبط تنوع تراكيب النباتات بتنوع وظائفها.

الجذور

إذا سبق لك أن أكلت جزرًا أو فجلًا أو بطاطا حلوة، فهذا يعني أنك أكلت جزءًا من جذر نبتة. عادةً يكون الجذر أول تركيب ينمو من البادرة عند تبرعمها. في معظم النباتات، تمتص الجذور الماء والمعادن المذابة التي تنتقل بعد ذلك إلى باقي أجزاء النبات. إذا ما حاولت اقتلاع إحدى الأعشاب، فستكتشف وظيفة أخرى للجذور، هي أنها تُثبِّت النبات في التربة أو ببعض النباتات أو الأجسام الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تدعم الجذور النبات لمقاومة تأثيرات الجاذبية والرياح الشديدة والماء الجاري.

في بعض النباتات، يكون النظام الجذري ضخمًا جدًا لدرجة أنه يُشكِّل أكثر من نصف كتلة النبات. وتنمو جذور معظم النباتات من 0.5 m إلى 5 m نزولًا في التربة. لكنْ لبعض النباتات، مثل نبات المسكيت الذي ينمو في الجزء الجنوبي الغربي الجاف من الولايات المتحدة، جذور تنمو نزولًا حتى تصل إلى عمق 50 m في اتجاه الماء المتوفر. ثمّة نباتات أخرى، مثل بعض نباتات الصبّار، لها العديد من الجذور المتفرعة الضحلة نسبيًا التي تنمو انطلاقًا من الساق في كل الاتجاهات ليصل طولها إلى 50 m . ويُعدّ كلا نوعي الجذور من وسائل التكيُّف التي تساعد النبات في مواجهة محدودية الموارد المائية.

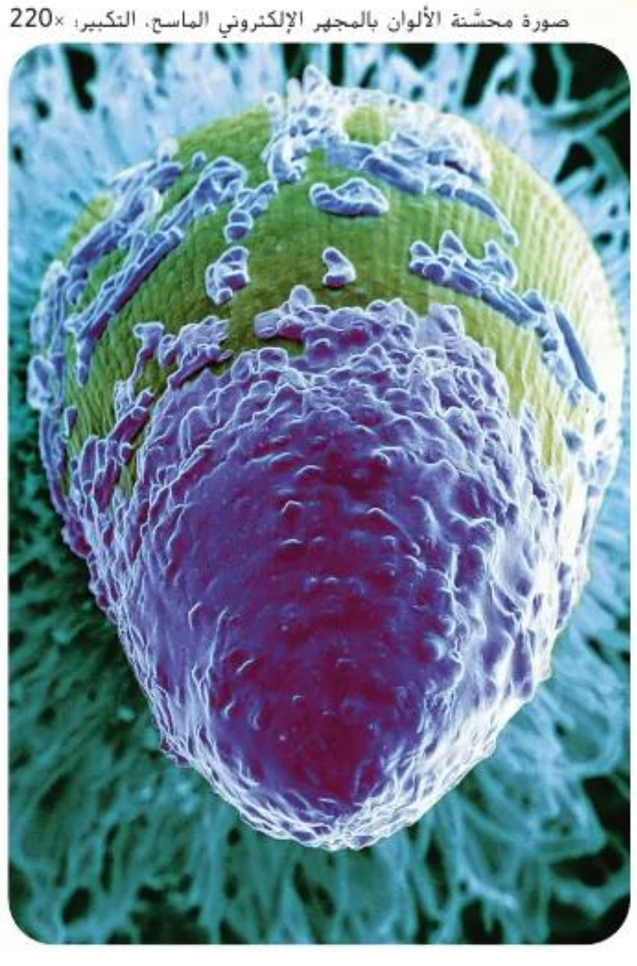
بنية الجذر ونموه تُغطَى قمة الجذر **بقلنسوة الجذر**، كما هو مبيّن في **الشكل 8**، وتتكوّن من الخلايا البرنشيمية التي تساعد على حماية أنسجة الجذر أثناء نموه. تُنتِج خلايا قلنسوة الجذر مادة لزجة، تُشكل مع الطبقة الخارجية للخلايا مادة مشحّمة، تُقلل من الاحتكاك أثناء نمو الجذر في التربة أو في شق في الرصيف أو في بعض المواد الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تُستبدَل خلايا قلنسوة الجذر التي تعرضت للكشط أثناء نمو الجذر، بخلايا جديدة تُنتَج في النسيج المولّد القمّي للجذر. لقد ذكرنا في القسم 1 أنّ النسيج المولّد القمّي للجذر يُنتِج أيضًا خلايا تعمل على زيادة طول الجذر. تتطوّر هذه الخلايا إلى أنواع عديدة من أنسجة الجذور التي تؤدي وظائف مختلفة.

تعلّمت في القسم 1 أيضًا أنّ طبقة البشرة تغطي الجذر. تُنتِج بعض خلايا بشرة الجذر شعيرات جذرية تمتص الماء والمعادن المذابة. يُطلَق على الطبقة التي تقع تحت طبقة البشرة اسم **القشرة**، وهي تتألف من أنسجة أساسية مكونة من خلايا برنشيمية تساهم في نقل المواد النباتية وتخزينها. تقع القشرة بين البشرة والأنسجة الوعائية للجذر. كل الماء والمواد الغذائية التي تمتصها خلايا البشرة تنتقل عبر القشرة وذلك للوصول إلى الأنسجة الوعائية.

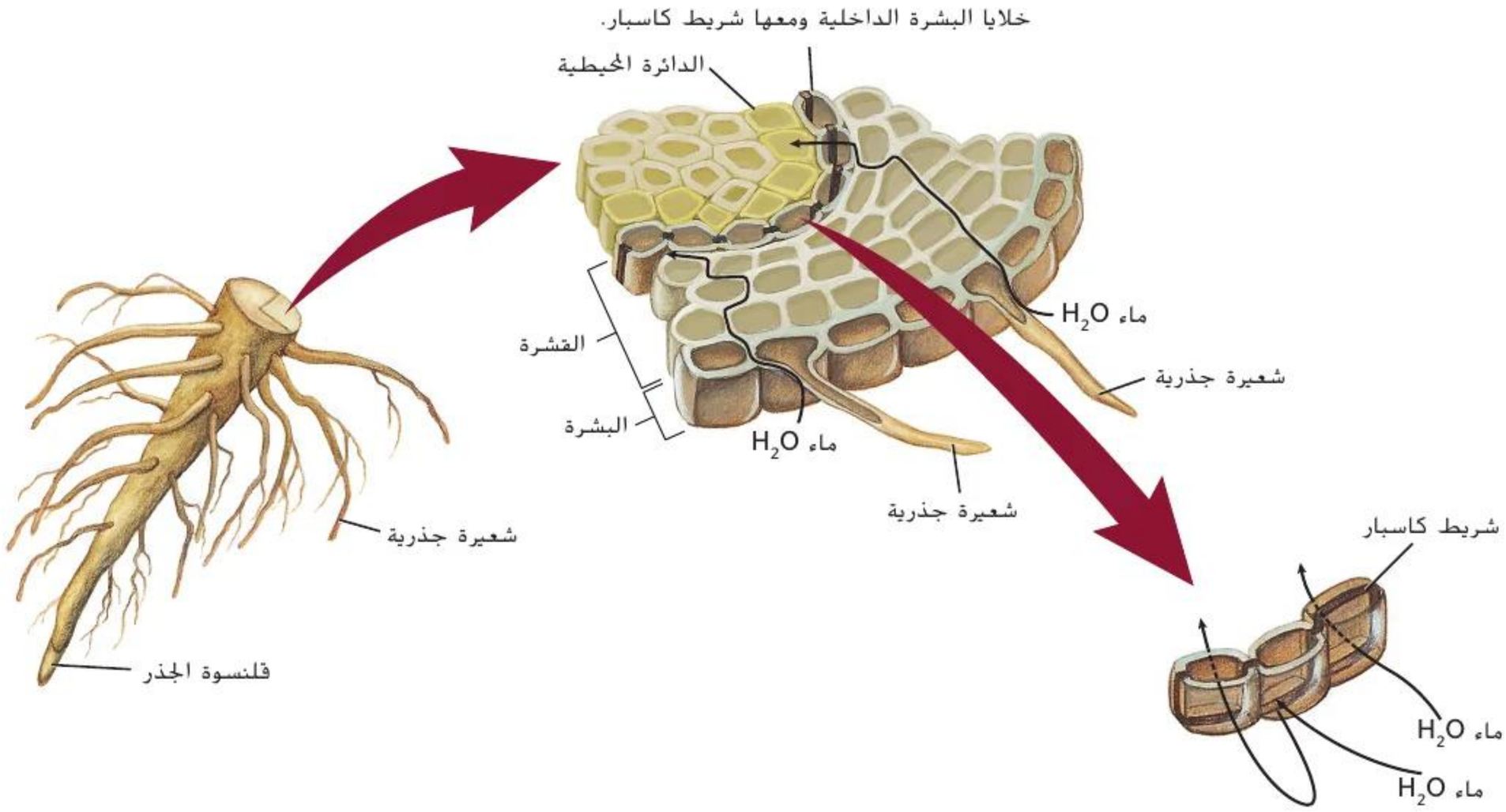
التأكد من فهم النص **اذكر** ثلاث وظائف للجذور.

■ **الشكل 8** تغطي قلنسوة الجذر قمة الجذر وتفقد الخلايا أثناء نمو الجذر في التربة.

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير: ×220



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

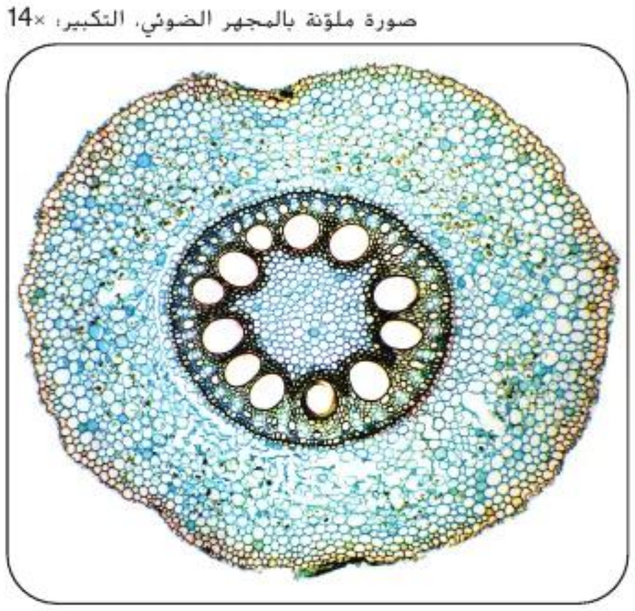


■ **الشكل 9** يُتيح تركيب جذور النباتات دخول الماء والمعادن المذابة إلى النبات ويتيح تحرّكها. **سلسل الأنسجة يمر عبرها الماء أثناء انتقاله من الشعيرة الجذرية إلى نسيج خشب جذر ما.**

ثمّة طبقة من الخلايا تسمى **البشرة الداخلية**، في الحد الداخلي للقشرة كما هو مبيّن في **الشكل 9**. يحيط بكل خلية من خلايا البشرة الداخلية شريط مقاوم للماء يسمّى شريط كاسبار، يشكّل جزءًا من جدار الخلية. يشبه موقع شريط كاسبار موقع الطين الذي يحيط بالطوب في جدران المباني. يُشكِّل شريط كاسبار حاجزًا يُرغِم الماء والمعادن المذابة على المرور عبر خلايا البشرة الداخلية بدلًا من المرور من حولها. بالتالي، تنظِّم الأغشية البلازمية لخلايا البشرة الداخلية المواد التي تدخل إلى الأنسجة الوعائية.

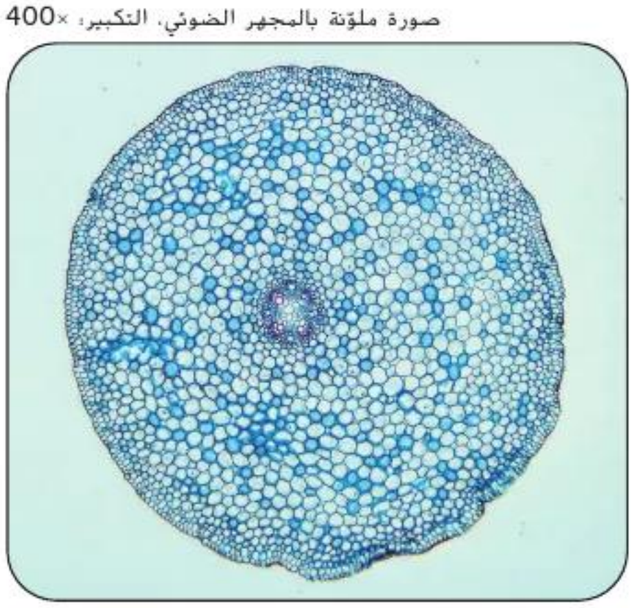
يُطلَق على طبقة الخلايا التي تجاور مباشرةً البشرة الداخلية في اتجاه مركز الجذر اسم **الدائرة المحيطية**، وهي نسيج يُنتِج جذورًا جانبية. في غالبية النباتات الثنائية الفلقة وفي بعض النباتات الأحادية الفلقة، يتكوّن كامبيوم وعائي من أحد أجزاء الدائرة المحيطية. تذكّر أنّ الكامبيوم الوعائي يُنتج أنسجة وعائية تسهم في ازدياد قطر الجذر. يقع النسيجان الوعائيان، الخشب واللحاء، في مركز الجذر. يمكن التمييز بين النباتات الأحادية الفلقة والنباتات الثنائية الفلقة، من خلال نمط الخشب واللحاء في جذورها. كما هو مبيّن في **الشكل 10**.

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×14



نبتة أحادية الفلقة

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×400



نبتة ثنائية الفلقة

■ **الشكل 10** في النباتات الأحادية الفلقة، تتناوب أشرطة الخشب وخلايا اللحاء، وتكون في العادة محيطةً باللب المركزي للخلايا الذي يسمى نخاع. يوجد الخشب عند مركز جذور النباتات الثنائية الفلقة، ويكون على شكل X. بينما توجد خلايا اللحاء بين ذراعي الشكل X.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

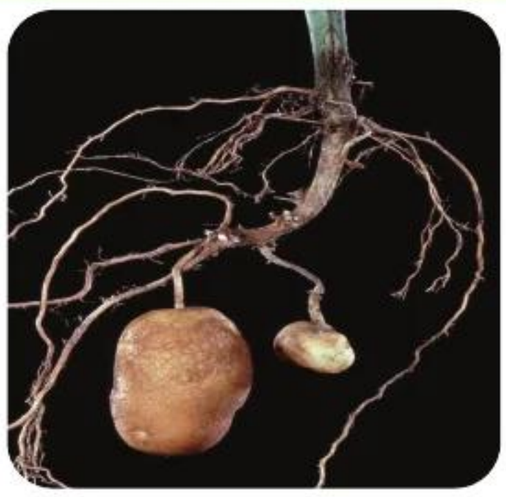
مراجعة في ضوء ما قرأته عن تراكيب النبات، كيف ستجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

أنواع الجذور ثمة نوعان رئيسان من أنظمة الجذور، هما الجذور الوتدية والجذور الليفية. يتكوّن نظام الجذر الوتدي من جذر سميك بالإضافة إلى بعض الجذور الصغيرة المتفرعة جانبيًا. وتُخزِّن بعض النباتات، مثل الفجل والبنجر والجزر، الغذاء في الخلايا البرنشيمية للجذر الوتدي، كما هو مبيّن في **الجدول 2**.

تتسم أنظمة الجذور الليفية، المبيّنة أيضًا في **الجدول 2**، بوجود عدد كبير من الجذور المتفرعة التي لها الحجم نفسه تقريبًا، والتي تنمو من نقطة مركزية. تُخزِّن النباتات أيضًا الغذاء في أنظمة الجذور الليفية. مثال عليها البطاطا الحلوة.

تتكيَّف أنواع أخرى من الجذور، مبيّنة كذلك في **الجدول 2**، مع بيئات متنوّعة. ففي المناطق القاحلة، تُنتِج بعض النباتات جذورًا كبيرة تخزِّن الماء. تُطوِر أشجار السرو والقرم وبعض الأشجار الأخرى التي تعيش في الماء، جذورًا متحوّرة تساعد في إمداد الجذور المسمّاة الجذور التنفسية بالأكسجين. تتكوّن الجذور العرضية في أماكن لا تنمو فيها الجذور عادةً، ويمكنها القيام بوظائف مختلفة. على سبيل المثال، لبعض الأشجار الاستوائية جذور عرضية تساعد في دعم فروعها. تشبه هذه الجذور أثناء نموّها جذوع الأشجار.

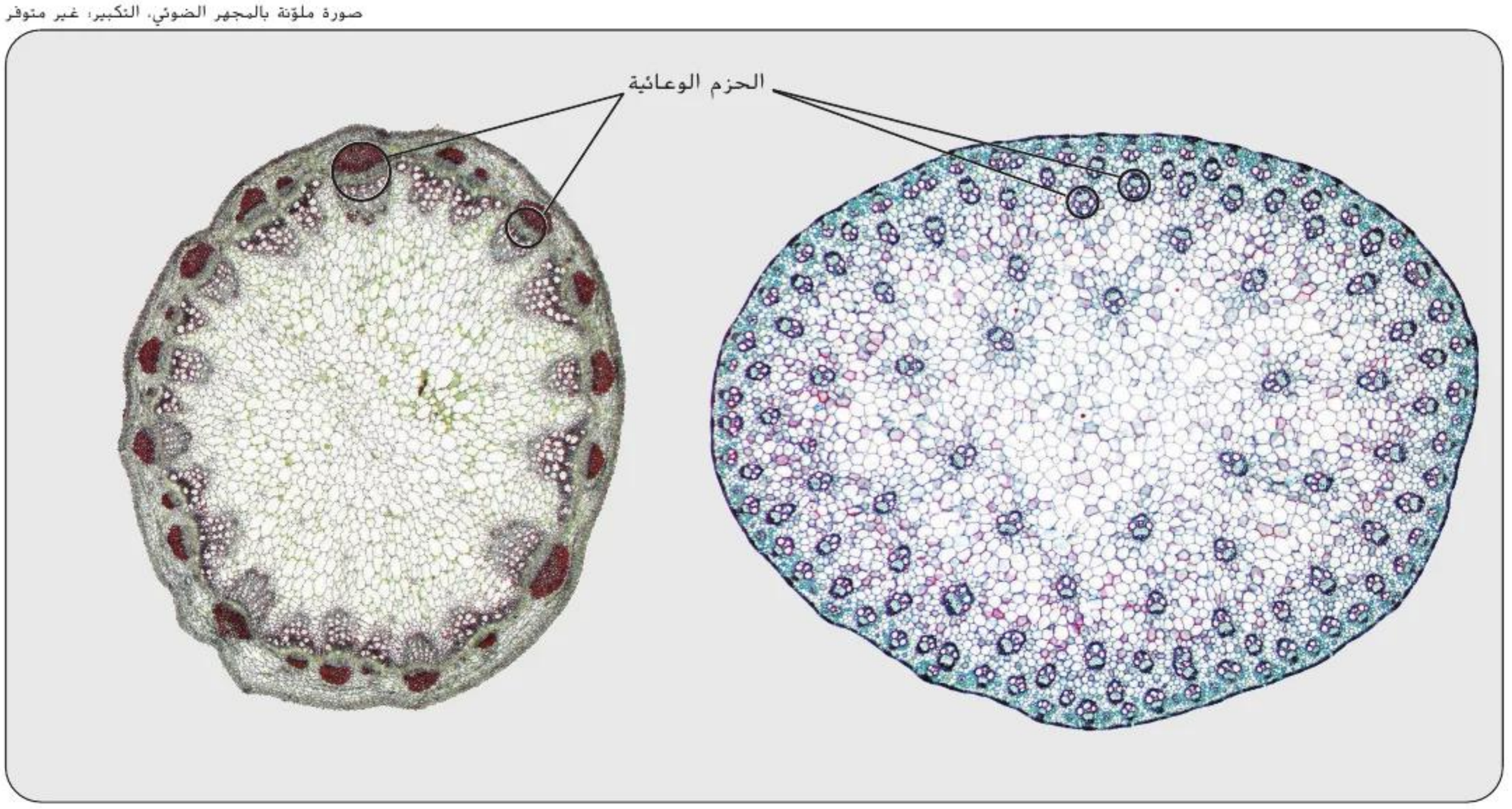
الجدول 2 أنظمة الجذور ووسائل تكيُّفها

النوع	نظام الجذر الوتدي	نظام الجذر الليفي	الدرنات
المثال			
الوظيفة	• تثبيت النبات • تخزين الغذاء والماء	• تثبيت النبات • التخزين السريع للماء	تخزين الماء والغذاء

النوع	الجذور المتحوّرة — الجذور التنفسية	الجذور العرضية — الجذور الدعامية
المثال		
الوظيفة	مدّ الجذور المغمورة بالأكسجين	دعم سيقان النبات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: غير متوفر



نبتة أحادية الفلقة

نبتة ثنائية الفلقة

■ **الشكل 11** يتجمّع خشب ولحاء السيقان معًا في الحزم الوعائية. تنتشر الحزم الوعائية الموجودة في سيقان النباتات الأحادية الفلقة. تحتوي سيقان النباتات الثنائية الفلقة على حلقة واحدة، أو حلقات متحدة المركز، من الحزم الوعائية.

السيقان

قد تكون على علم بأنّ أوراق الهليون عبارة عن سيقان، لكنك قد تُفاجأ حين تعلم بوجود أنواع عديدة من سيقان النباتات. فبعض سيقان النباتات، كالهليون، تكون ملساء ومرنة وخضراء بسبب وجود البلاستيدات الخضراء، وبالتالي يمكنها القيام بعملية البناء الضوئي. يسمّى هذا النوع من السيقان "العشبية". كما أنّ لأغلب النباتات السنوية هذا النوع من السيقان. تتميّز سيقان النخيل والخيزران، بكونها ليفيّة وصلبة. إنّ للأشجار والشجيرات والعديد من النباتات المعمّرة، سيقانًا خشبيّةً معمّرةً لا تقوم بعملية البناء الضوئي. يتمتّع بعض النباتات الأكثر قدمًا بسيقان مغطاة باللحاء، يمكن لهذا النسيج الفليني الصلب حماية الساق من الأضرار المادية ومن غزو الحشرات. لقد نجت بعض الأشجار من حرائق الغابات بأقل قدر ممكن من الأضرار بفضل اللحاء الذي يغطي جذوعها.

تركيب الساق ووظيفتها تتمثّل وظيفة ساق النبات الرئيسة في دعم أوراق النبات وتراكيبه التناسلية. فتنقل الأنسجة الوعائية في الساق الماء والمواد المذابة إلى أجزاء النبات كما توفّر له الدعم. إنّ الأنسجة مرتبة في صورة حزم أو مجموعات مُحاطة بخلايا برنشيمية. كذلك هو الحال بالنسبة إلى الجذور. يمكن استخدام نمط هذه الأنسجة للتمييز بين النباتات الأحادية الفلقة والنباتات الثنائية الفلقة، كما هو مبيّن في **الشكل 11**.

نمو الساق ينتج عن الخلايا التي يُنتجها النسيج المولّد القمّي إزديادًا في طول الساق. وقطر الساق. وترجع زيادة قطر الساق في النباتات، مثل المعمّرات الثنائيات الفلقة والمخروطيات، إلى إنتاج الكامبيوم الوعائي للخلايا. يمكن أن يؤدي إنتاج الخشب واللحاء على مدار العام، إلى إنتاج حلقات النمو السنوية. يمكن تخمين عمر الشجرة عن طريق عدّ حلقات النمو السنوية الموجودة في قاعدة جذعها، مثل تلك الموجودة في شجرة البلوط الأبيض المبيّنة في **الشكل 12**.

■ **الشكل 12** تتشكل حلقة النمو السنوية في ساق النباتات الخشبية، عند استئناف النمو. **استدلّ كيف يمكن أن تؤثر كمية الرطوبة المتوفرة في عرض حلقة النمو السنوية.**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أنواع السيقان تتمتع كل السيقان بوسائل تكيُّف تساعد النباتات على البقاء على قيد الحياة. في بعض النباتات، تُمكِّن وسائل التكيُّف هذه السيقان من تخزين الفائض من الغذاء، وفي نباتات أخرى، تساعد على تحمل الجفاف أو البرد أو الحرارة. قد يكون من السهولة بمكان، أنّ تتعرّف على سيقان الطماطم وأشجار البلوط، إلا أنّ ثمة نباتات أخرى لها سيقان لا تشبه السيقان النموذجية.

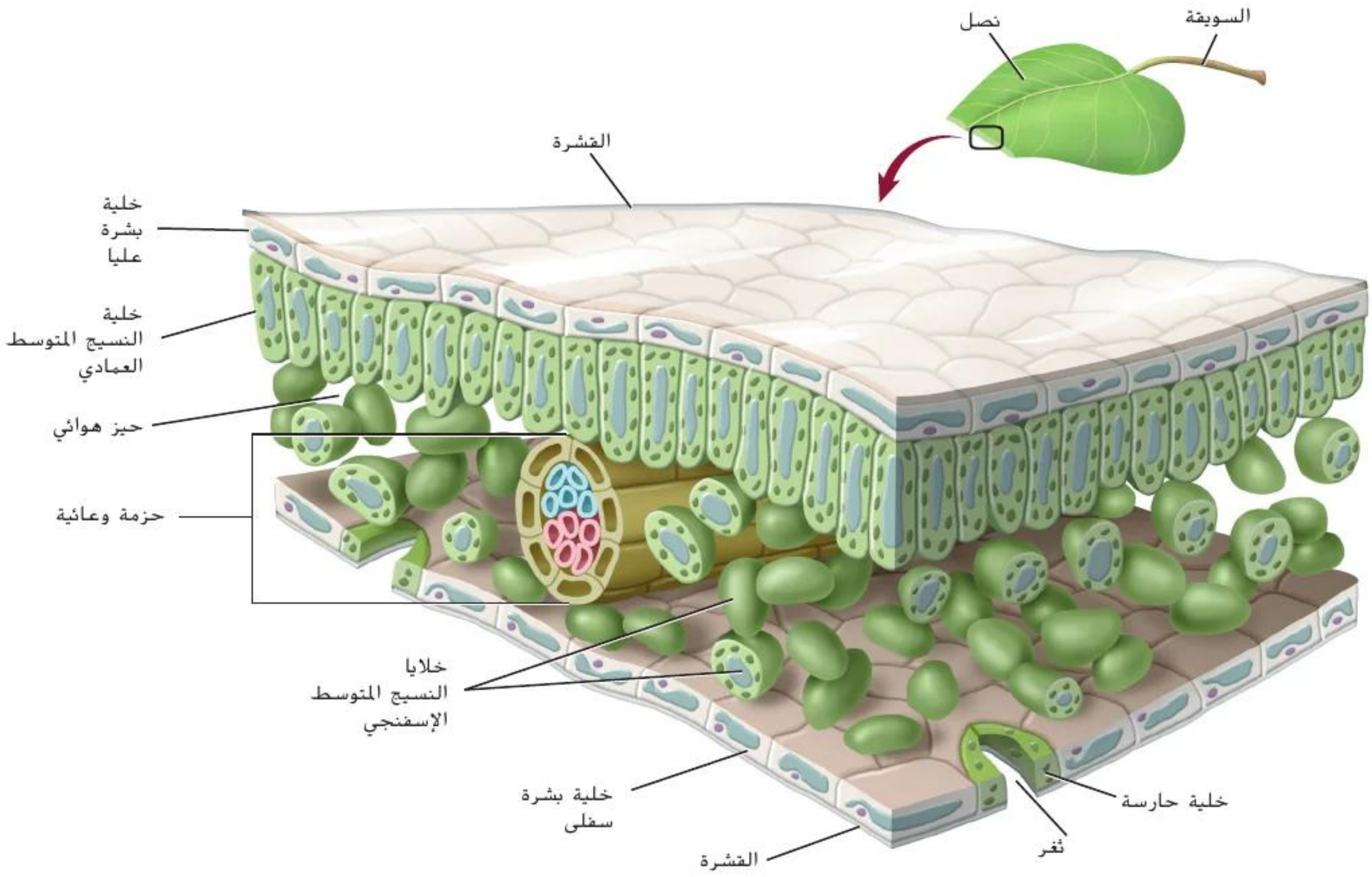
على سبيل المثال، تُمثِّل البطاطس البيضاء نوعًا من السيقان يسمى الدرنة، وهي ساق منتفخة تنمو تحت الأرض مع براعم يمكن أن تنمو منها ثمار بطاطس جديدة. أما ساق البصل أو الخزامي أو الزنبق المخطط، فهي جزء من بصلة النبات. والبصلة ساق قصيرة مضغوطة محاطة بأوراق طريّة. لدى نباتات السوسن وبعض السراخس ريزومات، هي سيقان تنمو أفقيًّا تحت الأرض. يخزّن بعض الريزومات الغذاء. أما السيقان الجارية أو المدّادة، فهي سيقان تنمو على طول سطح التربة في الطبيعة، مثل تلك الموجودة في نباتات الفراولة وبعض الحشائش. إنّ الزعفران والدلبوث أمثلة على النباتات التي تُشكِّل الكعوب. يتكوّن الكعب بالكامل تقريبًا من نسيج الساق، مع بعض الأوراق الحرشفية أعلى قمّته. ثمّة أمثلة على بعض أنواع السيقان هذه مبيّنة في **الجدول 3**.

الجدول 3 أنواع السيقان

النوع	الدرنة	الريزوم	الساق الجارية
المثال	البطاطس البيضاء	السوسن	نبات الغيلان
الوظيفة	تخزين الغذاء	• تخزين الغذاء • التكاثر اللاجنسي	التكاثر اللاجنسي

النوع	البصلة	الكعب
المثال	النرجس	الزعفران
الوظيفة	تخزين الغذاء	تخزين الغذاء

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 13** توضّح الأنسجة المختلفة للأوراق العلاقة بين التركيب والوظيفة.
استدلّ على سبب أهمية وجود قشرة شفافة للنبات.

الأوراق

تتخذ الأوراق أشكالًا وألوانًا متعددة، وتختلف ترتيباتها في النباتات باختلاف الأنواع. يمكن أن تتنوع أحجام الأوراق بدءًا من ورقة يبلغ قطرها 2 m حتى ورقة يقل طولها عن 1 mm. فضلًا عن ذلك، يتراوح عدد الأوراق التي ينتجها النبات، في الموسم الزراعي، بين قليل، كما في نبات النرجس البري، وصولًا إلى مئات الآلاف من الأوراق التي تنتجها شجرة الخشب الصلب الناضجة.

تركيب الورقة تتمثّل الوظيفة الرئيسة للأوراق في عملية البناء الضوئي، ويتلاءم تركيبها مع هذه الوظيفة بصورة جيدة. تحتوي معظم الأوراق على جزء مسطح يُسمى النصل يتميز بمساحة سطح كبيرة نسبيًا. وفقًا لنوع النبات، يمكن أن يصل بين النصل والساق عود يسمى **السويقة**. يربط النسيج الوعائي للسويقة بين الأنسجة الوعائية للساق والأنسجة الوعائية للورقة أو عروق الورقة. تفتقر بعض النباتات، كالأعشاب مثلًا، إلى السوَيقات، وتتّصل نصول أوراقها بالساق مباشرةً.

يتلاءم التركيب الداخلي لمعظم الأوراق جيدًا مع عملية البناء الضوئي. يبيّن **الشكل 13** الخلايا المتراصة بإحكام مباشرةً تحت طبقة البشرة العلوية للورقة. إنّ معظم عملية البناء الضوئي تتم في هذه الخلايا التي تشبه الأعمدة. إنّها تحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء وتُكوّن نسيجًا يسمّى **النسيج المتوسط العمادي**، أو الطبقة العمادية. يوجد أسفل النسيج المتوسط العمادي **النسيج المتوسط الإسفنجي**، الذي يتألف من خلايا متباعدة غير منتظمة الشكل، يوجد بينها فراغات. يتحرّك كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء عبر الفراغات الموجودة في النسيج المتوسط الإسفنجي. إضافةً غلى ذلك، تحتوي خلايا النسيج المتوسط الإسفنجي على بلاستيدات خضراء، لكنّ عددها في كل خلية هو أقل من عددها في النسيج المتوسط العمادي.

المفردات
أصل الكلمة
النسيج المتوسط *mesophyll*
meso- مُشتقة من الكلمة اليونانية ***me-sos***، وهي تعني وسط
وكلمة *phyll-* مشتقة من الكلمة اليونانية ***phyllon***، وهي تعني ورقة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تبادل الغازات والنتح تعمل البشرة على تغطية الورقة وهي تحتوي على ثغور، باستثناء الأوراق المغمورة للنباتات المائية. الجدير بالذكر أنّ الجانب السفلي للأوراق يحتوي عادةً على ثغور أكثر من الجانب العلوي. تذكّر أنّ ثمة خليتين حارستين تحيطان بالثغر. فعندما ينتشر الماء داخل الخليتين الحارستين أكثر من انتشاره خارجهما، يتغيّر شكلهما بحيث ينفتح الثغر. في المقابل، عندما يكون انتشار الماء خارج الخليتين الحارستين أكثر منه داخلهما، يتغيّر شكلهما بحيث ينغلق الثغر. لقد تعلمتَ أنّ ثاني أكسيد الكربون يُستخدم في عملية البناء الضوئي، بينما يمثّل الأكسجين أحد نواتجها الثانوية. إنّ انتشار هذين الغازين وغيرهما داخل النبات وخارجه يحدث عبر الثغور.

ينتقل الماء في معظم النباتات، من الجذور إلى أعلى عبر السيقان، ومنها إلى الأوراق ليحلّ محل الماء الذي استهلكه البناء الضوئي والذي فقده النبات خلال التبخر. يتبخّر الماء من داخل الورقة إلى خارجها عبر الثغور، من خلال عملية تسمى **النتح** تساعد على شد عمود الماء إلى أعلى.

خصائص الأوراق هل يمكنك التعرّف على شجرة القيقب من خلال رؤية أوراقها؟ يمكن لبعض الأشخاص الاعتماد على أوجه الاختلاف في حجم الأوراق وشكلها ولونها وملمسها، لمساعدتهم في التعرّف على أنواع النباتات. يتّسم بعض الأوراق بالبساطة، أي أنّ نصل الورقة غير مقسَّم إلى أجزاء أصغر. أما الأوراق المركبة، فتحتوي على أنصال مقسَّمة إلى جزأين أو أكثر، من الأجزاء الأصغر حجمًا التي تسمى وريقات، كما هو مبيّن في **الشكل 14**.

يمكن استخدام ترتيب الأوراق على الساق، المبيَّن أيضًا في **الشكل 14**، للتمييز بين أنواع النباتات. يعرف ترتيب النمو بـ "المتقابل" في حال وجود ورقتين متعاكستين بصورة مباشرة على الساق. أما ترتيب النمو المتبادل، فيحدث عند تناوب مواضع الأوراق على جانبي الساق المتقابلين. ثمّة ترتيب ثالث يُعرف بالترتيب الدائري، ويحدث عند تباعد ثلاث أوراق أو أكثر بمسافة بينية متساوية حول الساق في الموضع نفسه.

إضافةً إلى أنّه يمكن استخدام ترتيب العروق في الورقة أو نمط التعرّق للتعرّف على الأوراق. تحتوي النباتات الأحادية الفلقة عادةً على نمط تعرّق متوازٍ بينما تشتمل النباتات الثنائية الفلقة على نمط تعرق متفرع أو يشبه الشبكة.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

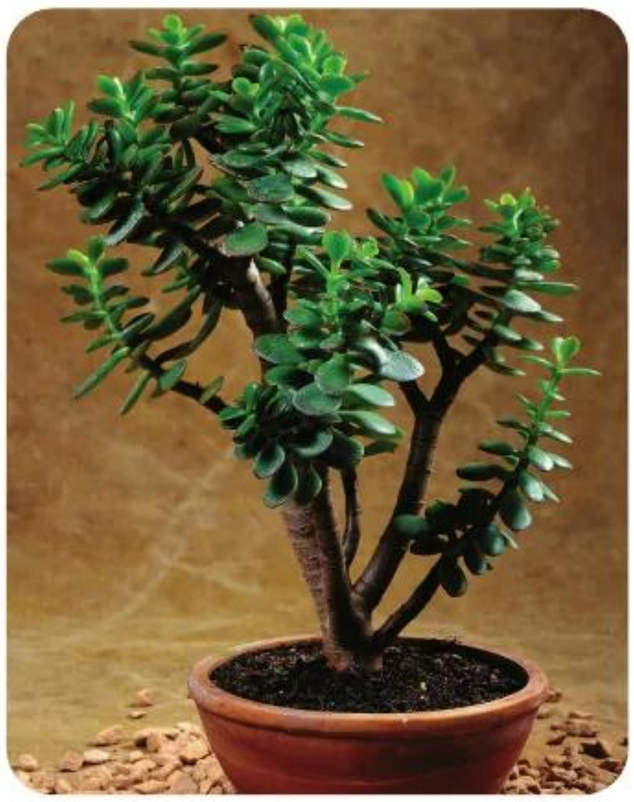
■ **الشكل 14** في كل نوع من النباتات البذرية يوجد أوراق لها مجموعة فريدة من الخصائص، تم تَبيان بعضها في هذا الشكل.

نوع الورقة	نمط تعرّق الورقة	ترتيب الأوراق
بسيطة	راحي	متقابل
مركّبة	ريشي	متبادل
	متوازي	سواري

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 15** تنمو أشواك الصبار في صورة مجموعات تنبثق من مناطق صغيرة مرتفعة على الساق تُسمى الهَلَل. وتُعدّ أوراق نبات الكرسول أعضاء مُخزنة للماء.

الصبار



نبات الكرسول

تحورات الأوراق على الرغم من أنّ الوظيفة الأساسية للأوراق هي عملية البناء الضوئي، إلا أنّ العديد من التحورات الكيمائية والتركيبية للورقة يرتبط بوظائف أخرى. فالكثير من النباتات العصارية، مثل الصبار في **الشكل 15**، لها أوراق متحورة تسمى أشواكًا. تساعد الأشواك الصبار على حماية نفسه من أن تأكله الحيوانات، ذلك بالإضافة إلى تقليل فقدان الماء. وتستخدم بعض النباتات العصارية الأخرى الأوراق كمواقع لتخزين الماء، فتمتلئ الخلايا بالماء عند توفرها. أما عندما يشح الماء، فتعمل هذه المخازن على ضمان بقاء النباتات على قيد الحياة لفترة طويلة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الشوكة spine

الاستخدام العلمي: ورقة متحوّرة رفيعة حادة من الصبار أو أي نبات عصاري آخر. جرحَتْ أشواك الصبار الحيوان.

الاستخدام العام: اصابته شوكة في قدمه.

مساحة لتحليل البيانات 1

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تكوين فرضية

هل تُفضِّل يرقات البيريس نباتات محددة؟

أراد عالِم معرفة نوع العوامل — الرائحة أو المذاق أو اللمس — الذي يساعد يرقات البيريس على اختيار الغذاء. فاستخدمَتْ أربعة أطباق بتري لكل من الأوراق السليمة والمقطوعة. وتألفت كل مجموعة أوراق من نبات من العائلة اللاخردلية (الضابط) وثلاثة نباتات مختلفة من العائلة الخردلية. ثم وضعت يرقة في كل طبق، وأخذت تراقب سلوكها وتسجل الملاحظات.

البيانات والملاحظات

يبيّن الجدول نتائج التجربة.
يشير الحرف *T* إلى أنّ اليرقة قد لامست النبتة لكنها لم تقضمها. يشير الحرف *A* إلى أنّ اليرقة قد قضمت الورقة قضمةً واحدةً ثم تركتها. ويشير الحرف *C* إلى أنّ اليرقة قد استمرت في أكل الورقة لبعض الوقت.

النباتات المقدَّمة	الأوراق السليمة			الأوراق المقطوعة		
	T	A	C	T	A	C
الضابط	8	0	0	8	0	0
النبات الخردلي 1	14	16	14	17	18	13
النبات الخردلي 2	16	18	19	22	24	25
النبات الخردلي 3	8	10	9	15	19	23

*أخذت البيانات من: Chew, F. S. 1980. Foodplant preferences of *Pieris* caterpillars. *Oecologia* 46: 347–353.

التفكير الناقد

1. **افحص** البيانات. ما الاتجاه الذي تلاحظه في اختيار اليرقات لنباتات العائلة الخردلية ونباتات الضابط؟
2. **قارن** بين بيانات الأوراق السليمة والمقطوعة.
3. **ضع فرضية** تفسّر اختيار اليرقات للأوراق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

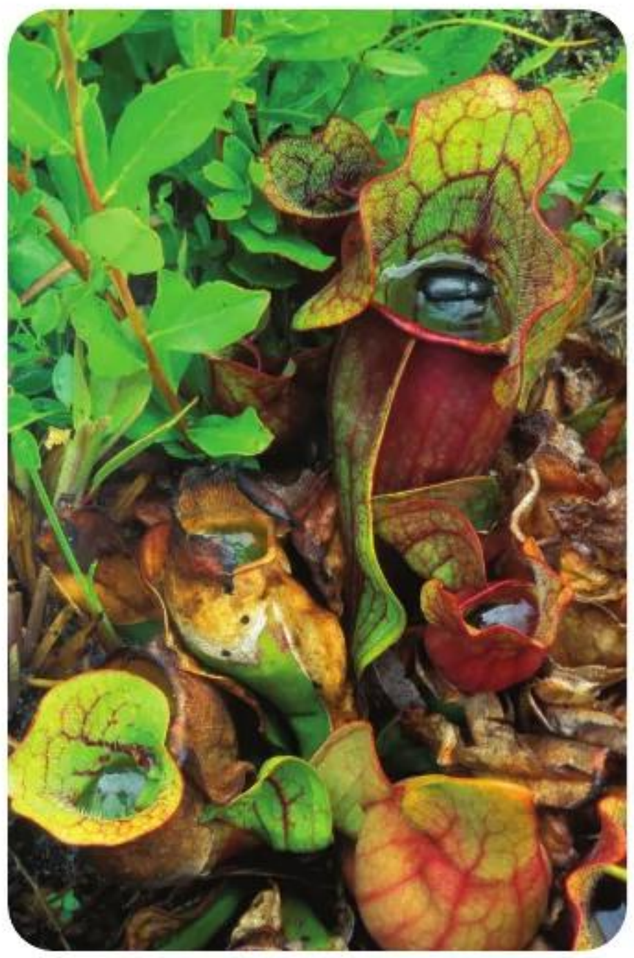
نبتة البوينسيتيا

في بعض النباتات مثل البوينسيتيا، تتغيّر الأوراق الموجودة عند أطراف السيقان، التي تسمى القنابات، من اللون الأخضر إلى لون آخر، وذلك استجابةً لعدد ساعات الظلام في بيئتها. توجد في مركز الأوراق الملونة لهذه النباتات عادةً أزهار صغيرة، مبيّنة في **الشكل 16**. وتشبه الأوراق بتلات الأزهار وتجذب الملقحات.

تُنتِج أوراق نبات الندية مادة لزجة تصطاد الحشرات. يتمتع نبات الإبريق، المبيّن أيضًا في **الشكل 16**، بأوراق متحورة تشبه الأسطوانة مملوءة بالماء ويمكنها اصطياد الحشرات والحيوانات الصغيرة وإغراقها بالماء. يتيح هذان النوعان من وسائل التكيُّف للنباتات، الحصول على المواد الغذائية، وخاصةً النيتروجين من الحشرات التي تصطادها.

ربما تعرف اللبلاب السام أو البلوط السام اللذين من الممكن أن يسببا تهيجًا شديدًا لجلد بعض الأشخاص. إنّ هذه أمثلة على الأوراق التي تحتوي على مواد كيميائية سامة تمنع الكائنات الحية من لمسها. تتمتع بعض الأوراق بتحورات تمنع آكلات النباتات من أكلها. على سبيل المثال، يشتمل كل من بشرة الطماطم وأوراق نباتات القرع وسيقانها على شعر صغير جدًا وغدد عند أطرافها تسمى "الشعيرات". تحتوي الغدد على مواد تنفر منها الحشرات وآكلات النباتات الأخرى.

لقد تعلمتَ أثناء القراءة عن السيقان أنّ البصلات عبارة عن ساق قرصية فيها أوراق. تمثل أوراق البصلة تراكيب متحورة لتخزين الغذاء، وهي تقوم بإمداد البصلة الخاملة بمصادر الطاقة اللازمة عند توافر ظروف النمو المؤاتية.



نبتة الإبريق

■ **الشكل 16** ترتبط تحورات الورقة بالوظائف المختلفة. ففي نبات البوينسيتيا، تغيّر القنابة ألوانها وتجذب الملقحات. وتحتوي بطانة الورقة المتحورة لنبات الإبريق على شعيرات تنمو إلى أسفل، فتحول دون زحف الحيوان المحاصر نحو الخارج.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- تُثبِّت الجذور النباتات وتمتص الماء والمواد الغذائية.
- تدعم السيقان النبات وتحمل الأوراق.
- إنّ الأوراق هي المواقع التي تحدث فيها عملية البناء الضوئي والنتح.
- ثمّة العديد من التحورات المختلفة للجذور والسيقان والأوراق.
- تساعد التحورات النباتات في البقاء على قيد الحياة ضمن بيئات مختلفة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** وظائف قلنسوة الجذر وطبقة الكيوتيكول والبشرة الداخلية
2. **قارن** بين نسيج الورقة المتوسط العمادي ونسيجها المتوسط الإسفنجي.
3. **صِف** اثنين من تحورات الورقة ووظيفتهما.
4. **ارسم** ترتيب الأنسجة الوعائية في ساق النباتات الأحادية الفلقة وجذرها وساق النباتات الثنائية الفلقة وجذرها واذكر اسمه.

التفكير الناقد

5. **قيّم** سبب أهمية دور الثغور في النبات.
6. الرياضيات في علم الأحياء تُنتِج إحدى الغابات ما يقارب الـ 970 kg من الأكسجين لكل طن متري من الخشب المُنتَج. إذا كان متوسط تنفس الإنسان من الأكسجين حوالي 165 kg في السنة، فكم يكون عدد الأشخاص الذين يمكنهم العيش في هذه الغابة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

هرمونات النباتات واستجاباتها

الأسئلة الرئيسة

- ما الأنواع الرئيسة لهرمونات النباتات؟
- كيف تؤثر الهرمونات في نمو النباتات؟
- كيف تتشابه الأنواع المختلفة من استجابات النبات؟

مفردات للمراجعة

النقل النشط active transport: حركة المواد عبر الغشاء البلازمي في عكس اتجاه منحدر التركيز

مفردات جديدة

auxin	الأكسين
gibberellins	الجبرلين
ethylene	الإيثيلين
cytokinin	السايتوكاينين
nastic response	استجابة الحركة
tropism	الانتحاء

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.**

الربط مع الحياة اليومية ربما تعلمت في درس الصحة أو في مقرر علوم آخر أنّ الهرمونات تتحكم في الاستجابات المختلفة لجسمك. فعند تناول الطعام، ترسل الهرمونات إشارات إلى خلايا جهازك الهضمي لتُفرز إنزيمات الهضم. على الرغم من أنّ النباتات ليس لها أجهزة هضمية تُفرز إنزيمات، إلا أنّ الهرمونات تتحكم في جوانب متعددة من نموها وتطورها.

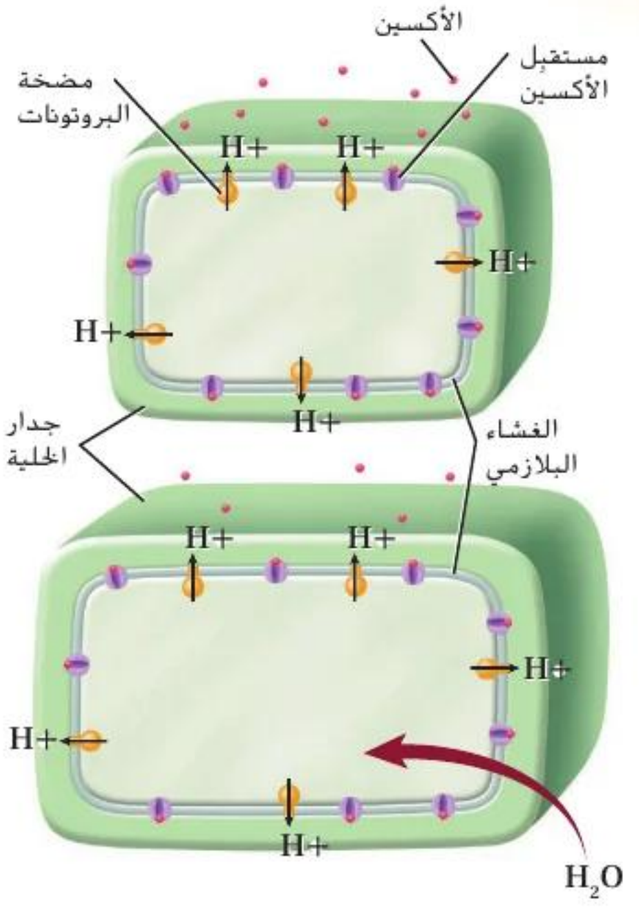
الهرمونات النباتية

إنّ الهرمونات مركّبات عضوية تُصنع في جزء مُعيّن من الكائن الحي، ثم تنتقل إلى جزء آخر حيث يكون لها تأثير فيه. يحتاج الكائن الحي إلى كمية ضئيلة جدًا من الهرمون لإحداث تغيير فيه. هل تفاجأت عند قراءة أنّ النباتات تُنتج هرمونات؟ يمكن أن تؤثر الهرمونات النباتية في انقسام الخلية أو نموها أو تمايزها. تشير نتائج البحث إلى أنّ الهرمونات النباتية تعمل من خلال الارتباط كيميائيًا بالغشاء البلازمي في مواقع محددة تُسمّى البروتينات المستقبلة. يُمكن أن تؤثر هذه المستقبلات في التعبير الجيني أو نشاط الإنزيمات أو نفاذية الغشاء البلازمي بالطريقة نفسها التي تؤثر بها الهرمونات في استجابات جسم الإنسان.

الأكسين **الأكسين** هو من الهرمونات النباتية الأولى التي تم اكتشافها. ثمّة أنواع مختلفة منه، غير أنّ حمض إندول الخليك هو من أكثر الأنواع دراسة. يُنتَج حمض إندول الخليك (IAA) في الأنسجة المولّدة القمّية والبراعم والأوراق الصغيرة والأنسجة الأخرى التي تنمو سريعًا. وينتقل عبر النبتة من خلية برنشيمية إلى أخرى من خلال أحد أنواع النقل النشط. الجدير بالذكر أنّه تمّ قياس سرعة هذا الانتقال وبلغت 1 cm في الساعة. تنتقل بعض الأكسينات أيضًا في اللحاء. فضلًا عن ذلك، ينتقل الأكسين في اتجاه واحد فقط بعيدًا عن مكان إنتاجه.

الربط بالكيمياء يُحفز الأكسين عادةً تمدد الخلايا أو استطالتها. تشير الأبحاث إلى أنّ هذه عملية غير مباشرة تحدث في الخلايا الصغيرة. الأكسين يُعزّز تدفق أيونات الهيدروجين عبر مضخات البروتون من السيتوبلازم إلى جدار الخلية، ما يؤدي إلى بيئة أشد حموضة، وبالتالي إلى إضعاف الروابط بين ألياف السيلولوز في جدار الخلية. إضافةً إلى أنّه يُنشط إنزيمات مُعيّنة تساعد في تفكيك جدار الخلية. نتيجة لفقدان أيونات الهيدروجين في السيتوبلازم، يدخل الماء إلى الخليّة كما هو مُبيّن في **الشكل 17**. ينجم عن ضعف جدران الخلية وازدياد الضغط الداخلي استطالة الخلية.

يختلف تأثير الأكسين في النبتة اختلافًا كبيرًا بناءً على تركيزه وموقعه. على سبيل المثال، نجد أنّ تركيز الأكسين الذي يعزز نمو الساق يمكن أن يثبط نمو الجذر في بعض النباتات. وتُحفز التركيزات المنخفضة من الأكسين استطالة الخلية عادةً، في حين قد تسبب التركيزات الأعلى منه أثرًا معاكسًا. كذلك، يمكن أن يؤدي وجود هرمونات أخرى إلى تعديل من تأثيرات الأكسين.



■ **الشكل 17** يُعزز الأكسين تدفق أيونات الهيدروجين إلى جدار الخلية مما يضعفه فيدخل الماء إلى الخلية مما يجعلها تستطيل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يُسبّب وجود الأكسين أيضًا ظاهرة تُسمّى سيادة القمة وتحدث هذه الظاهرة عندما ينمو النبات غالبًا نحو الأعلى من دون فروع جانبية أو مع القليل منها. فالأكسين الذي ينتجه النسيج المولّد القمّي يثبط نمو الفروع الجانبية. مع ذلك، تؤدي إزالة النسيج المولّد القمّي إلى تقليل كمية الأكسين الموجودة مّما يُعزّز نمو الفروع الجانبية. يُبيّن **الشكل 18** الفرق الذي تُحدثه هذه الإزالة.

تؤثر الأكسينات في تكوّن الثمار وتؤخر سقوطها. تُشير نتائج الأبحاث إلى أنّ نُضج الخلايا يصحبه بُطء إنتاج الأكسين. في نهاية موسم النمو، تؤدي قلة كمية الأكسين في بعض الأشجار والشجيرات إلى سقوط الثمار الناضجة على الأرض وسقوط الأوراق قبل فصل الشتاء.

التأكد من فهم النص **قارن وقابل** بين طرق تأثير التركيزات المختلفة للأكسين في النبات.

الجبرلين تسبب مجموعة الهرمونات النباتية التي تُسمّى **الجبرلينات** استطالة الخلية وتُحفّز انقسامها وتؤثر في نمو البذور. الجدير بالذكر أنّ الجبرلين ينتقل في الأنسجة الوعائية. تفتقر النباتات القزمة غالبًا إلى الجينات المسؤولة عن إنتاج الجبرلين أو الجينات المسؤولة عن المستقبلات البروتينية للجبرلين. ويزداد طول النباتات التي تفتقر إلى الجينات المسؤولة عن الجبرلين ولكن لديها مستقبلاته، عند معالجتها بالجبرلين. قد يتسبب وضع الجبرلين على نبتة ما في ازدياد طولها.

الإيثيلين إنّ الهرمون الغازي الوحيد المعروف هو **الإيثيلين**، وهو مركّب بسيط يتكوّن من ذرتي كربون وأربع ذرات هيدروجين. الإيثيلين موجود في الأنسجة النباتية مثل الثمار الناضجة والأوراق المتساقطة والأزهار. يمكن للإيثيلين أن ينتشر في الفراغات بين الخلايا لأنه غاز. كما إنه ينتقل داخل اللحاء.

على الرغم من أنّ الإيثيلين قد يؤثر في أجزاء أخرى من النباتات، إلا أنّه يؤثر في نُضج الثمار بشكل أساسي كما أنّه يتسبب في إضعاف جدران خلايا الثمار غير الناضجة وتحليل الكربوهيدرات المعقدة إلى سكريات بسيطة. عند تعرّض الثمار للإيثيلين تصبح أكثر طراوة من الثمار غير الناضجة وأكثر حلاوة منها.

بما أنّ الثمار والخضروات الناضجة معرضة للإصابة بالكدمات بسهولة أثناء الشحن، فإنّ المزارعين غالبًا يجنونها ويشحنونها غير ناضجة. ما إن تصل إلى وجهتها، حتى تُعَالج بالإيثيلين مما يُسرّع من عملية نضجها. إنّ تأثيرات الإيثيلين مُبيّنة أدناه في **الشكل 19**.

■ **الشكل 18**
الصورة العلوية: يُثبط الأكسين نمو الفروع الجانبية.
الصورة السفلية: تُقلل إزالة النسيج المولّد القمّي من كمية الأكسين، لذا تنمو الفروع الجانبية.

■ **الشكل 19** إذا عولجت الطماطم الموجودة على اليسار بالإيثيلين، فمن المتوقع أن تبدو مثل نظيرتها الموجودة على اليمين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

السايتوكاينين يتم إنتاج **السايتوكاينين** المحفّز للنمو في الخلايا سريعة الانقسام. وينتقل إلى أجزاء أخرى من النبتة من خلال الخشب. يُعزز السايتوكاينين انقسام الخلية من خلال تحفيز إنتاج البروتينات اللازمة للانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. بما أنّ السايتوكاينين يزيد من معدل النمو، فإنه يُضاف غالبًا إلى أوساط نموّ مُستخدمة في استنبات أنسجة نباتيّة وهي تقنية مختبرية مُستخدمة لزراعة النباتات من قطع من الأنسجة النباتية. إضافةً إلى ذلك، يؤثر وجود هرمونات أخرى، وخاصة الأكسين، في عمل السايتوكاينين. على سبيل المثال، يُحفِّز حمض إندول الخليك (IAA) وحده استطالة الخلايا. أما إذا خُلِطَ مع السايتوكاينين، فيُعزز سرعة انقسام الخلايا ويسرّع نموها.

التأكد من فهم النص **صِف** طريقتين يُمكن أن تؤثر بهما الهرمونات في النباتات.

استجابات النباتات

هل تساءلت يومًا لماذا تنمو أوراق النباتات المنزلية باتّجاه النافذة، أو كيف يتسلق نبات العنب أحد الأعمدة؟ هذه الظاهرة وغيرها من الأحداث — مثل نمو الجذور نحو الأسفل ونمو السيقان نحو الأعلى وإسقاط الأشجار لأوراقها واصطياد أوراق بعض النباتات للحشرات — تعود إلى استجابات النباتات لبيئتها.

استجابات الحركة يُطلق على استجابة النبات التي تسبب حركة لا تعتمد على اتجاه المؤثر اسم **استجابة مؤقتة**. وهذة ليست استجابة نمو حيث يمكن تكرارها.من أمثلة استجابة الحركة تفتُّح الأوراق أثناء النهار وانغلاقها في الليل لحفظ الحرارة أو حركة وريقات الميموزا بوديكا نبات المستحية عند لمسها. تحدث استجابات الحركة بسبب تغيّر ضغط الماء في خلايا الورقة. وعند زوال المؤثر، تعود الأوراق إلى مواضعها الأصلية.

مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالم وظائف أعضاء النبات يُعدّ موضوع كيمياء النباتات، بما في ذلك آلية عمل الهرمونات النباتية، أحد الموضوعات المتعددة التي يدرسها علماء وظائف أعضاء النبات. يعمل العديد منهم في مجال التدريس وإجراء الأبحاث في الجامعات.

تجربة مصغرة 2

التحقق من استجابة النبات

ما المؤثر الذي يتسبب في إطباق نبتة صائد الذباب (فينوس) لأوراقها؟ لنبتة صائد الذباب (فينوس) أوراق متخصصة تصطاد الحشرات وتهضمها. وفي هذه التجربة، ستتعلم نوع المؤثر اللازم لتحفيز استجابة الاصطياد.

الإجراء

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. افحص **نبتة صائد الذباب (فينوس)** عندما تكون أوراقها مفتوحة.
3. باستخدام **فرشاة رسم صغيرة**، المس بعناية إحدى شعيرات الاستشعار الموجودة على السطح الداخلي للورقة.
4. انتظر 60 ثانية. والآن، استخدم فرشاة الرسم والمس شعيرتين استشعاريتين مختلفتين أو المس شعيرة استشعار واحدة ثم المسها مرة أخرى في غضون عشر ثوان.
5. بعد أن قمت بتحفيز الأوراق على الانطباق، راقب النبتة، كلما أمكن ذلك، لتحديد الوقت الذي تستغرقه المصيدة لتفتح مرة أخرى.

التحليل

1. **حدّد** نوع المؤثر اللازم لتحفيز ورقة النبتة على الانطباق. ما الوقت الذي استغرقته الورقة حتى تنفتح مرة أخرى؟
2. **التفكير الناقد** إذا أسقطت حشرة ميتة على ورقة، فمن المحتمل أن تنطبق الورقة. ولكنها لن تنطبق بإحكام وستنفتح بعد ذلك من دون هضم الحشرة. بناءً على هذه التجربة، ضع فرضية حول طريقة تمييز النبتة بين حشرة حية وأخرى ميتة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يعتبر إطباق نبتة صائد الذباب (فينوس) لأوراقها مثالًا آخر على استجابة الحركة. تُشير الأبحاث الحديثة إلى أنّ ذلك ينتج عن حركة الماء داخل كل نصف من الورقة الصائدة، كما تتسبب هذه الحركة في التمدد غير المتساوي حتى يتغيّر الشكل المنحني للورقة فجأة وتنطبق المصيدة.

استجابات الانتحاء ما الذي تلاحظه حول النباتات في **الجدول 4؟** هذه أمثلة على استجابات الانتحاء أو الانتحاءات.

إنّ **الانتحاء** هو استجابة نمو النبات لمؤثر خارجي. إذا كان نمو النبات الناجم عن ذلك باتجاه المؤثر، فإنه يُسمّى انتحاءً موجبًا. وإذا كان نموه الناجم عن ذلك بعيدًا عن اتجاه المؤثر، فإنه يُسمّى انتحاءً سالبًا. ثمّة أنواع عديدة مختلفة من الانتحاء، تشمل الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي والانتحاء اللمسي.

إنّ الانتحاء الضوئي هو استجابة نمو النبات للضوء الناتج عن التوزيع غير المتساوي للأكسين إذ تكون كمية الأكسين صغيرة في الجانب المقابل لمصدر الضوء وكبيرة في الجانب البعيد عن مصدر الضوء. بما أنّ الأكسين يمكن أن يتسبب في استطالة الخلايا، فإن خلايا الجانب البعيد عن الضوء تستطيل، ويزداد طول ساق هذا الجانب. بالتالي، ينحني الساق باتجاه مصدر الضوء.

يُعتبَر الانتحاء الأرضي استجابة نمو النبات للجاذبية. وتُظهر الجذور عادةً انتحاءً أرضيًا موجبًا. كذلك، يساعد نمو الجذور إلى أسفل في التربة في تثبيت النبات ويجعل الجذور ملامسة للماء والمعادن. بينما تُظهر الساق انتحاءً أرضيًا سالبًا عندما تنمو إلى أعلى بعيدًا عن الجاذبية. ويوزع هذا النمو الأوراق بحيث تتعرض لأكبر كمية من الضوء.

ثمّة انتحاء آخر في بعض النباتات وهو الانتحاء اللمسي، وهو استجابة النمو لمؤثرات ميكانيكية، مثل ملامسة جسم أو كائن حي آخر أو حتى الرياح. ويظهر الانتحاء اللمسي في نبات العنب وهي نباتات تلتف حول تركيب قريب منها كسياج أو شجرة.

الجدول 4 انتحاء النبات

الانتحاء	المؤثر/ الاستجابة	مثال
الانتحاء الضوئي	الضوء • النمو باتجاه مصدر الضوء	
الانتحاء الأرضي	الجاذبية • موجب: النمو نحو الأسفل • سالب: النمو نحو الأعلى	
الانتحاء اللمسي	ميكانيكي • النمو باتجاه نقطة ملامسة	

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تُنتَج الهرمونات النباتية بكميات قليلة جدًا.
- ثمّة أربعة أنواع رئيسة من الهرمونات النباتية.
- يمكن أن تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية ونموها وتمايزها.
- لا تعتمد استجابات الحركة على اتجاه المؤثر.
- إنّ الانتحاءات هي استجابات لمؤثرات من اتجاه محدد.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** الهرمونات النباتية وصنّفها طبقًا لتأثيراتها في النبات.
2. **صِف** ثلاثة أنواع من الانتحاءات.
3. **قارن وقابل** بين الانتحاءات واستجابات الحركة.

التفكير الناقد

4. **صمّم** نموذجًا يُبيّن طريقة انتقال الأكسين من خلية إلى أخرى.
5. **انقد** الأساس العلمي لمقولة "تفاحة واحدة متعفنة تُفسد البرميل كله".

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اكتشافات في الأحياء

التجرؤ على الزراعة في أماكن لم يسبق أن نما فيها اي نبات قط

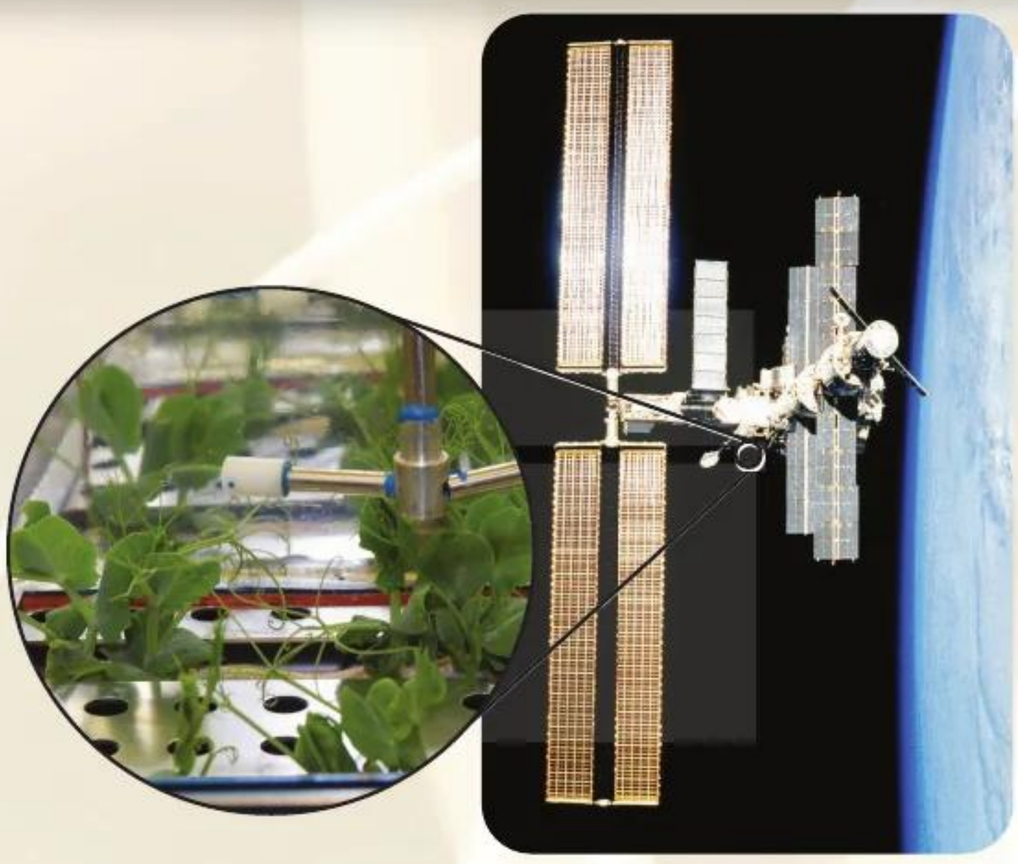
يجب على رواد الفضاء أن يأخذوا كل المواد الغذائية التي يحتاجون إليها في رحلاتهم عندما يغادرون كوكب الأرض. يجفّف العديد من وجبات طعامهم بنزع الماء منه، أو عن طريق تجميده للحفاظ عليه. لكن ماذا لو تمكَّن رواد الفضاء من زراعة المحاصيل خلال البعثات الفضائية؟

زراعة النباتات في الفضاء تأمل الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) أن يتمكّن رواد الفضاء من زراعة الكثير من غذائهم في الفضاء. فهذا من شأنه أن يُقلل من كمية الطعام التي سيحملونها إلى المدار. للوصول إلى هذا الهدف، أجرى رواد الفضاء التجارب على النباتات في مكوك الفضاء وفي محطة الفضاء الدولية (ISS).

الانتحاءات وتأثيرات الجاذبية متناهية الصغر تسمى استجابة نمو النبات للجاذبية الانتحاء الأرضي. تنمو براعم النبات على الأرض، بعكس اتجاه الجاذبية (الانتحاء الأرضي السالب)، بينما تنمو جذور النبات باتجاه الجاذبية (الانتحاء الأرضي الموجب). تنمو النباتات على سطح الأرض باتجاه مصدر الضوء وهو الشمس عادةً. تسمّى هذه الاستجابة الانتحاء الضوئي.

عندما يكون رواد الفضاء ونباتاتهم في الفضاء، يتعرضون للجاذبية المتناهية الصغر، وهي حالة يكون فيها تأثير الجاذبية بسيطًا أو غير قابلٍ للقياس. لا يظهر الانتحاء الأرضي على جذور النباتات في الجاذبية المتناهية الصغر. فهي تنمو في الكثير من الاتجاهات المختلفة داخل وسط الزراعة المُغطَى لمنع الجسيمات من أن تنجرف بعيدًا. يظهر تأثير الانتحاء الضوئي على براعم النباتات في الجاذبية المتناهية الصغر.

مشكلات زراعة النبات في الفضاء أكّد العلماء على أنّ عدم حدوث الانتحاء الأرضي للنبات في الجاذبية المتناهية الصغر لا يمنع نموه. بالرغم من ذلك تُصعِّب الجاذبية متناهية الصغر عملية توزيع الماء والأكسجين في كل أنحاء وسط الزراعة وحول براعم النباتات.
تؤثر هذه الظروف سلبًا في النباتات عندما تُنتِج البذور.
فضلًا عن ذلك، يُطوِّر العلماء طرقًا لمعالجة هذه المشكلات.



زُرِعَتْ هذه النباتات كجزء من تجربة في محطة الفضاء الدولية (ISS). تنمو جذور النباتات التي تُزرَع في الجاذبية المتناهية الصغر في اتجاهات عديدة.

على سبيل المثال، يمكن أن تُوزِّع الأنابيب المنفذة المدفونة في التربة الماء من خلال الخاصية الشعرية.

استمرت تجارب نمو النبات في البعثات الأخيرة لمحطة الفضاء الدولية (ISS). وقد وثّقت إحدى التجارب التي أُجريت عام 2009 استنبات بذور الأشجار في بيئة الجاذبية المتناهية الصغر. لم يحقق علماء ناسا هدفهم حتى الآن،أو هو زراعة رواد الفضاء لغذائهم، لكن الاستمرار في الأبحاث حول الاستنبات سيقرّبهم من ذلك.

تصميم تجربة

تأثيرات الجاذبية استخدم نبتتين من النوع والحجم نفسه، صمِّم وعاءً من شأنه أن يتيح لإحداهما النمو رأسًا على عقب. ستكون النبتة الأخرى هي الضابط. زوِّد النبتتين بالكمية نفسها من الماء والضوء. راقب النبتتين كل يوم وسجِّل ملاحظاتك. بعد مرور شهر، ناقش ملاحظاتك مع الطلاب في صفّك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صممها بنفسك

تجربة في الأحياء

كيف تستجيب النباتات القزمة للجبرلين؟

الخلفية: **يفتقر بعض النباتات القزمة إلى جين إنتاج الجبرلين، ويفتقر بعضها الآخر إلى مستقبلات الجبرلين. ستُصمِّم تجربة لتحديد ما إذا كان بإمكانك تغيير نمط نمو شتلات نبات بازلاء قزم بإضافة حمض الجبريليك (شكل من أشكال الجبرلين) إليها.**

السؤال: هل يمكنك استخدام الجبرلين لتغيير نمو نباتات البازلاء القزمة؟

المواد

حمض الجبريليك بتركيزات مختلفة
ورق لاصق أو ورق مقوّى
سائل غسيل الأطباق (عامل ترطيب)
شتلات نبات البازلاء القزم مزروعة في أُصص
زجاجات رش
مسحات قطنية
مصدر ضوء
حقائب بلاستيك كبيرة
سماد للنباتات
ماء مقطّر
مساطر مترية
ورقة تمثيل بياني
اختر مواد مناسبة لهذه التجربة.

احتياطات السلامة

خطط للتجربة ونفذها

1. ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. ضع فرضية تشرح طريقة تأثير الجبرلين في نمو نباتات البازلاء القزمة.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك. وتأكد من اشتمال التجربة على مجموعة ضابطة.
4. أنشئ قائمة بالعوامل التي يجب أن تبقى ثابتة في مجموعاتك التجريبية والضابطة. وتأكد من اختبار متغيّر واحد فقط.
5. حدّد طريقة لإضافة الجبرلين إلى النباتات وقرّر عدد المرات التي ستضيفه فيها.
6. صمّم وأنشىء جدول بيانات لتسجيل بيانات تجربتك.
7. تأكد من موافقة معلمك على الخطة قبل إكمال العمل.
8. اجمع المستلزمات التي تحتاج إليها. وجهّز نباتاتك التجريبية والضابطة.
9. أكمل التجربة التي وافق عليها المعلم.
10. سجّل القياسات والملاحظات عن النبات في جدول البيانات.
11. مثّل بيانات مجموعاتك التجريبية والضابطة بيانيًا.
12. **التنظيف والتخلص من النفايات** أعدْ حمض الجبريليك غير المُستخدم إلى معلمك للتخلص منه. فرّغ زجاجات الرش واغسلها جيدًا. تخلص من القطع القطنية المستخدَمة في سلة النفايات. وتخلص أيضًا من النباتات حسب إرشادات معلمك.

حلِّل واستنتج

1. **حلل** التمثيل البياني وحدّد تأثير حمض الجبريليك في نباتات البازلاء القزمة.
2. **ضع فرضية** استنادًا إلى نتائجك، اشرح السبب في كون نباتات البازلاء قزمة.
3. **فكّر بشكل ناقد** لماذا قد يُعدّ التغيّر الوراثي، مثل ذلك الذي يمنع النبات من انتاج الجبرلين، مشكلة للنباتات في البيئة الطبيعية؟
4. **تحليل الخطأ** ما الذي تعتقد أنه حدث في اعدادات تجربتك، وجعل بياناتك غير دقيقة؟ وكيف يمكنك تغيير الإجراء؟

شارك بياناتك

مراجعة من الأقران قارن وقابل بين تمثيلك البياني والتمثيلات البيانية للطلاب الآخرين في صفكّ. إلامَ تعود أوجه الاختلاف؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3 دليل الدراسة

الموضوع المحوري الاتزان الداخلي إنّ الخلايا الحارسة واللحاء والخشب هي بعض التراكيب التي تحافظ على الاتزان الداخلي عن طريق نقل الماء والأكسجين والغازات الأخرى إلى أجزاء النبات.

الفكرة الرئيسة **تعود أسباب الطبيعة المتنوعة للنباتات إلى تنوع تراكيبها.**

القسم 1 الخلايا والأنسجة النباتية

الخلية البرنشيمية	parenchyma cell
الخلية الكولنشيمية	collenchyma cell
الخلية السكليرنشيمية	sclerenchyma cell
النسيج المولّد	meristem
الكامبيوم الوعائي	vascular cambium
الكامبيوم الفليني	cork cambium
البشرة	epidermis
الخلية الحارسة	guard cell
الخشب	xylem
العنصر الوعائي	vessel element
القصيبة	tracheid
اللحاء	phloem
خلايا الأنبوب الغربالي	sieve tube member
الخلية المرافقة	companion cell
النسيج الأساسي	ground tissue

الفكرة الرئيسة **تُشكِّل الأنواع المختلفة من خلايا النبات أنسجة النبات.**

- يوجد ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية.
- يرتبط تركيب الخلية النباتية بوظيفتها.
- توجد أنواع متعددة مختلفة من الأنسجة النباتية. وهي الأنسجة المولّدة والجلدية والوعائية والأساسية.
- إنّ الخشب واللحاء عبارة عن أنسجة وعائية.

القسم 2 الجذور والسيقان والأوراق

قلنسوة الجذر	root cap
القشرة	cortex
البشرة الداخلية	endodermis
الدائرة المحيطية	pericycle
السويقة	petiole
النسيج المتوسط العمادي	palisade mesophyll
النسيج المتوسط الإسفنجي	spongy mesophyll
النتح	transpiration

الفكرة الرئيسة **ترتبط تراكيب النباتات بوظائفها.**

- تُثبِّت الجذور النباتات وتمتص الماء والمواد المغذّية.
- تدعم السيقان النبات وتحمل الأوراق.
- إنّ الأوراق هي المواقع حيث تحدث عملية البناء الضوئي والنتح.
- يوجد العديد من التحورات المختلفة للجذور والسيقان والأوراق.
- تساعد التحورات النباتات على البقاء على قيد الحياة في البيئات المختلفة.

القسم 3 هرمونات النباتات واستجاباتها

الأكسين	auxin
الجبرلين	gibberellins
الإيثيلين	ethylene
السايتوكاينين	cytokinin
استجابة الحركة	nastic response
الانتحاء	tropism

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.**

- تُنتَج الهرمونات النباتية بكميات قليلة جدًا.
- ثمّة أنواع أربعة رئيسة من الهرمونات النباتية.
- يمكن أن تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية ونموها وتمايزها.
- لا تعتمد استجابات الحركة على اتجاه المؤثر.
- إنّ الانتحاءات هي استجابات لمؤثرات من اتجاه محدد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3 التقويم

القسم 1

مراجعة المفردات

ميّز بين الكلمات الموجودة في كل زوج من المصطلحات.

1. الخلية السكلرنشيمية والخلية الكولنشيمية
2. الخشب واللحاء
3. البشرة والخلية الحارسة

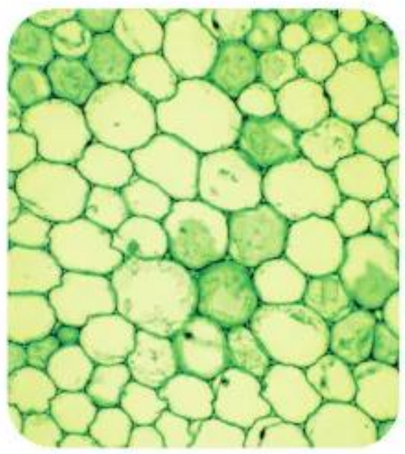
فهم الأفكار الرئيسة

4. أي مما يلي هو النسيج الوعائي الذي ينقل الماء والمعادن المذابة من الجذور إلى الأوراق؟
   A. البشرة **C.** الخشب
   B. الخلية البرنشيمية **D.** اللحاء

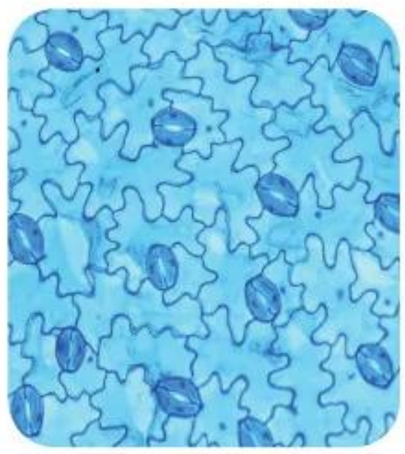
5. أي من التالي هو منطقة انقسام الخلايا بشكل نشط في قمة الساق؟
   A. النسيج المولّد القمّي **C.** النسيج الجلدي
   B. النسيج الوعائي **D.** النسيج المولّد الجانبي

استخدم الصور أدناه للإجابة عن السؤالين *6* و *7*.

6. أي من الصور التالية تظهر فيها الشعيرات؟

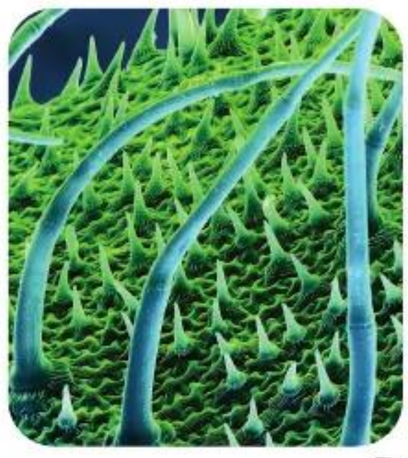


A.



C.

B.



D.

7. أي من الصور تُظهِر الخلايا البرنشيمية؟
   A. A **C.** C
   B. B **D.** D

8. أي مما يلي يُشكِّل اختلافًا بين النباتات البذرية المزهرة وغير المزهرة؟
   A. وجود الثغور في الجذور
   B. كمية السكر المخزنة في الجذور
   C. وجود القصيبات والأوعية
   D. تركيب الخلايا البرنشيمية

اسئلة ذات اجابات مفتوحة

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال *9*.

9. **إجابة قصيرة** اشرح ميزة واحدة لهذه الأوعية.

10. **إجابة قصيرة** قارن وقابل بين الشعيرات الجذرية والشعيرات.

11. **الموضوع المحوري الاتزان الداخلي** كيف تساعد الخلايا الحارسة والثغور على الحفاظ على الاتزان الداخلي في أوراق النبات؟

فكر بشكل ناقد

12. **الفكرة الرئيسة** أنشئ منظم بيانات يضم كل نوع من الأنسجة الأربعة المختلفة ووظيفة كل منها وأنواع الخلايا التي تحويها.

13. **قارن** بين النسيج الجلدي للنباتات وجلدك. قابل بين الخصائص المحددة التي تجعل كلًا من النسيج الجلدي وجلدك أكثر فعالية.

القسم 2

مراجعة المفردات

استخدم كل مجموعة كلمات في جملة بشكل صحيح.

14. البشرة الداخلية والدائرة المحيطية
15. السويقة والنتح
16. النسيج المتوسط الإسفنجي والنسيج المتوسط العمادي

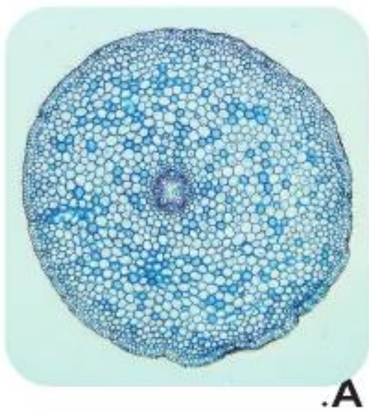
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

فهم الأفكار الرئيسة

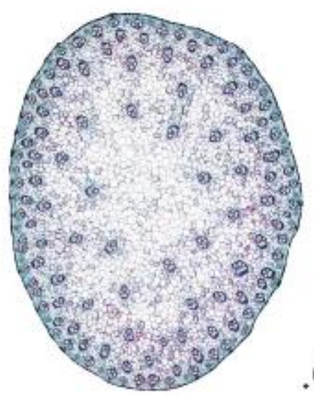
17. أي مما يلي يملأ الفراغ الموجود بين خلايا النسيج المتوسط الإسفنجي؟

A. الكلوروفيل **C.** الخلايا
B. الغازات **D.** النسيج الوعائي

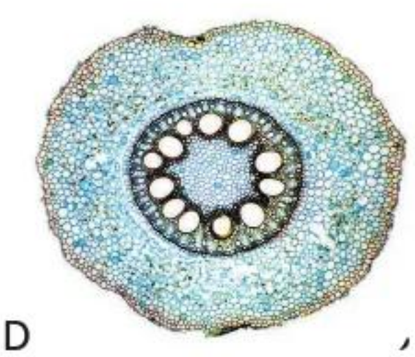
18. أي من الصور التالية يظهر ساق نبات ثنائي الفلقة؟



A.



C.



D.

19. أي من الصور المبيّنة أعلاه تُظهِر حلقة واحدة من الحزم الوعائية؟

A. A **C.** C
B. B **D.** D

20. أي من التراكيب النباتية التالية ليس جزءًا من الجذر؟

A. البشرة الداخلية **C.** الدائرة المحيطية
B. قلنسوة الجذر **D.** الثغور

21. أي مما يلي يتحكم في حركة بخار الماء عبر الثغور؟

A. اللحاء
B. الدائرة المحيطية
C. الخلايا الحارسة
D. الأنسجة الوعائية

أسئلة ذات اجابات مفتوحة

22. إجابة مفتوحة اذكر بعض العوامل البيئية التي قد تؤثر في النتح.

23. إجابة قصيرة صف ضابط المواد أثناء انتقال المواد من التربة إلى النسيج الوعائي للجذر.

فكر بشكل ناقد

24. الفكرة الرئيسة قيّم بعض تحورات الأوراق في ما يتعلق بوظائفها.

25. لخِّص أسباب ازدياد قطر سيقان النباتات الثنائية الفلقة مقارنة بمعظم سيقان النباتات الأحادية الفلقة.

القسم 3

مراجعة المفردات

اشرح أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية أدناه. ثم اشرح وجه الارتباط بينهما.

26. الهرمون، الأكسين

27. الإيثيلين، الجبرلين

28. استجابة الانتحاء، استجابة الحركة

فهم الأفكار الرئيسة

استخدم هذه الصور للإجابة عن السؤالين *29* و *30*.

29. أي حالة من حالات النبات تظهر هذه الصور؟

A. السيادة القمّية **C.** تساقط الأوراق
B. التقزُّم **D.** استجابات الحركة

30. أي هرمون يتحكم بحالة النبات هذه؟

A. الأكسين **C.** الإيثيلين
B. الجبرلين **D.** السايتوكاينين

31. أي مما يلي يصف الانتحاء الضوئي الموجب؟

A. ينمو النبات بعيدًا عن الضوء.
B. ينمو النبات في اتجاه الضوء.
C. ينمو النبات في اتجاه الجاذبية.
D. ينمو النبات باتجاه معاكس للجاذبية.

32. أي مما يلي يساهم في نقل الجبرلين إلى أجزاء النبات؟

A. الكامبيوم الفليني **C.** النسيج الوعائي
B. الخلايا الحارسة **D.** النسيج المولّد القمّي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استخدم الصور أدناه للإجابة عن السؤال 33.

33. أي من السيقان المبيّنة أعلاه يظهر انتحاءً أرضيًا سالبًا؟

A. A C **.C**
B. B D **.D**

أسئلة ذات اجابات مفتوحة

34. إجابة مفتوحة ناقش مزايا وعيوب نقل الأكسين من خلية برنشيمية إلى أخرى بدلًا من نقله في النسيج الوعائي.

35. الفكرة الرئيسة راجع **الشكل 17** واشرح كيف يمكن أن يسبب الأكسين استطالة الخلايا.

36. إجابة قصيرة اشرح لماذا تكون استجابات الانتحاء دائمة بينما تكون استجابات الحركة مؤقتة.

فكر بشكل ناقد

37. صمِّم تجربة لتحديد ما إذا كانت نباتات الفاصولياء تُظهِر السيادة القمّية.

38. قيِّم العبارة التالية: "تنبت البذور المنقوعة في الجبرلين بسرعة أكبر من البذور التي لم تُنقَع في الجبرلين".

39. مهن مرتبطة بعلم الأحياء يجب على المزارعين تقييم استخدام الهرمونات النباتية لزيادة إنتاج المحاصيل. فهل هذه فكرة جيدة في رأيك؟ قارن ذلك باستخدام هرمونات النمو التي تُستخدم لزيادة إنتاج حليب الأبقار.

التقويم الختامي

40. الفكرة الرئيسة اشرح كيف يُحدث تركيب النباتات تنوعًا واذكر أمثلة محددة لدعم إجابتك.

41. الكتابة في علم الأحياء تخيل أنك خنفساء وصادفت نبات صائد الذباب (فينوس). اكتب عن سبب تجنبك لهذا النبات.

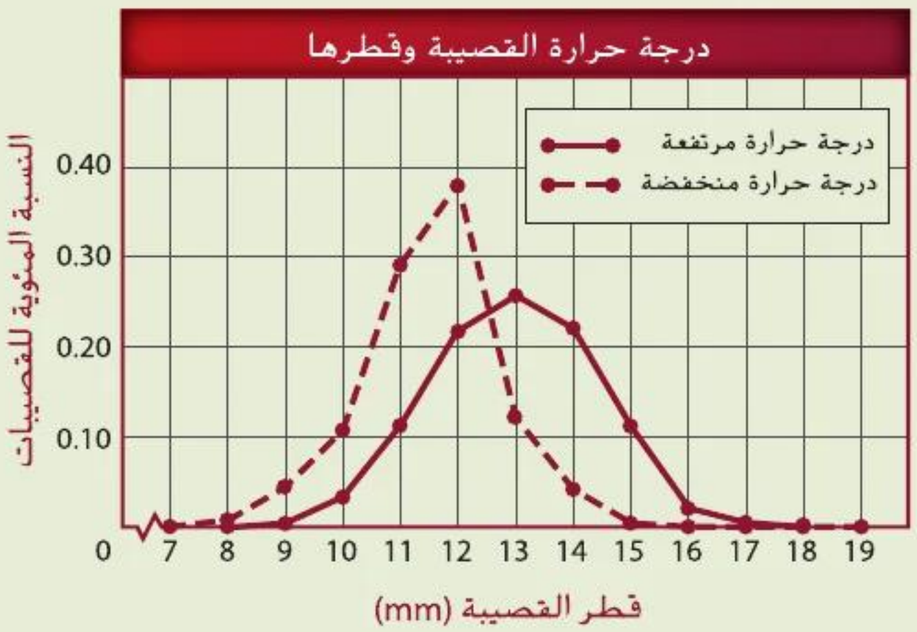
42. الكتابة في علم الأحياء ماذا لو تمكنت من تطوير هرمون نباتي جديد؟ ماذا ستجعله يفعل؟ وكيف سيعمل وماذا ستسمّيه؟

أسئلة حول مستند

درس فريق من علماء الأحياء تأثير درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون في أشجار صنوبر البونديروزا. يمثّل التمثيل البياني أدناه كميات القصيبات ذات الأقطار المختلفة التي نمت عند درجات حرارة مختلفة.

استخدم التمثيل البياني للإجابة عن الأسئلة 43–45.

أخذت البيانات من: Maherali, H., and DeLucia, E. H. 2000. Interactive effects of elevated CO_2 and temperature on water transport in ponderosa pine. *Amer. Journal of Botany* 87: 243–249.



43. ما نسبة القصيبات التي قطرها 12 mm في كل مجموعة تم قياسها؟

44. كيف تؤثر درجة الحرارة في قطر خلايا القصيبات النامية؟

45. كيف ترتبط العلاقة بين درجة الحرارة والقطر بوظيفة القصيبة؟

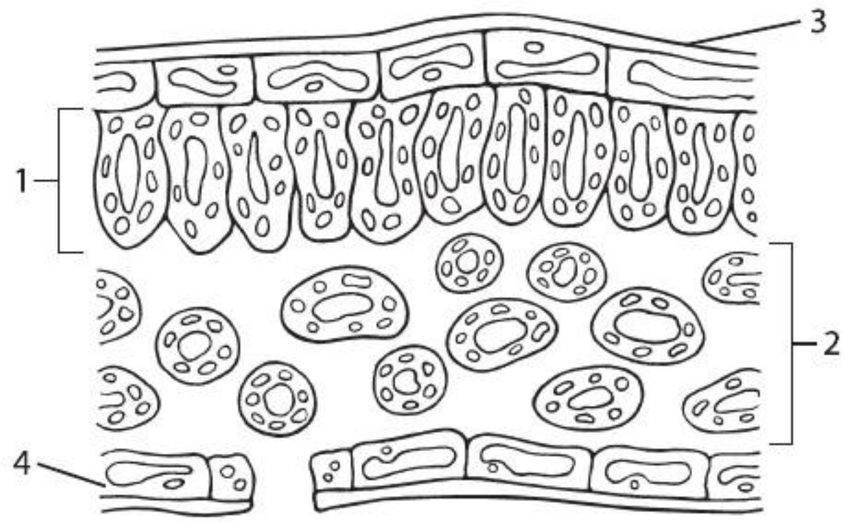
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

أسئلة ذات خيار متعدد تحاكي الـ PISA

1. أيّ من الفرضيات أدناه اختبرته تجربة ميلر – يوري؟
A. نظرية التكافل الداخلي لمارغوليس
B. أصل الحمض الأميني لميلر
C. فكرة الحساء البدائي لأوبارين
D. نظرية النشوء الأحيائي لباستور

استخدم الرسم التخطيطي الآتي للإجابة عن السؤال *2*.



2. أيّ من تراكيب الورقة تحدث فيه معظم عملية البناء الضوئي؟
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

3. قد تكون الأشنات مؤشرًا على جودة البيئة. إذا بُنيت محطة كهرباء تعمل بالفحم ثم تناقصت الأشنات في هذه المنطقة، فأي من الأسباب الآتية يكون الأكثر ترجيحًا؟
A. انخفاض جودة الهواء
B. تناقص درجات الحرارة السنوية
C. تغيُّر أنماط الرطوبة
D. تغيُّر أنماط هطول الأمطار

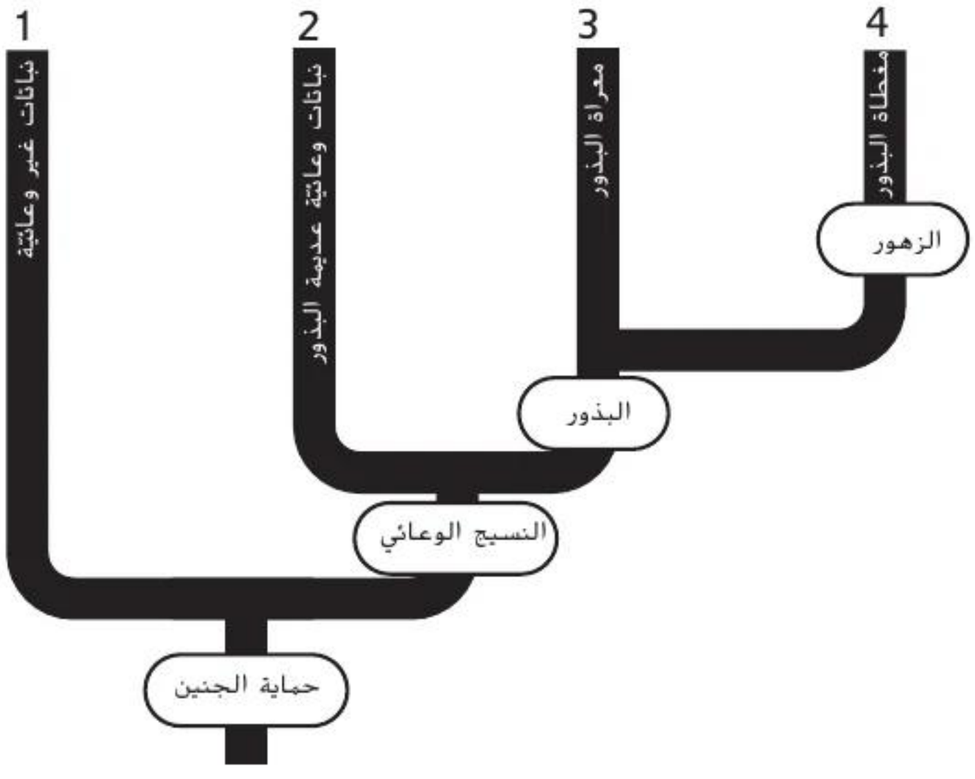
4. أي من أنماط التكاثر اللاجنسي أدناه يمكن أن يحدث في الفطريات؟
A. الاقتران
B. التجزؤ
C. التقطيع
D. التحول

5. أيّ من أشكال التطوّر في النباتات كان الأكثر إسهامًا في تطور الأشجار الكبيرة؟
A. تعاقب الأجيال
B. الأزهار
C. البذور
D. الأنسجة الوعائية

6. أي مما يلي يصف طريقة حصول الطلائعيات الشبيهة بالفطريات على الغذاء؟
A. تمتص المواد المغذيّة من الكائنات الحية المتحللة.
B. تحصل على المواد المغذيّة عن طريق التغذي على كائنات حيّة أحادية الخلية.
C. ثمة علاقة تكافلية بينها وبين عائل من الحيوانات، فتحصل على المواد المغذيّة منه.
D. تُنتج السكريات كمصدر للمواد المغذيّة من خلال استخدام الطاقة الناتجة عن ضوء الشمس.

7. ما وظيفة قلنسوة جذر النبات؟
A. إنتاج خلايا جديدة لنمو الجذور
B. مساعدة أنسجة الجذر في امتصاص الماء
C. حماية نسيج الجذر أثناء نمو الجذور
D. توفير الدعم لأنسجة الجذور

استخدم الرسم التخطيطي التالي للإجابة عن السؤال *8*.

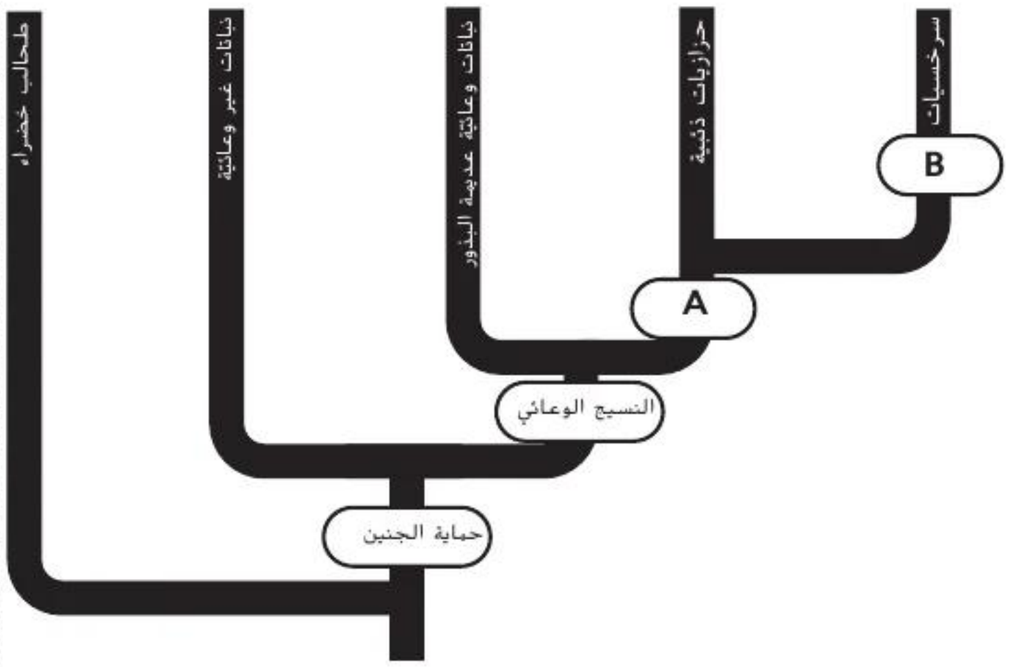


8. في اعتقادك، أي من الأرقام الأتية يمثّل مكان وجود السيكاديات في شجرة التطور هذه؟
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة
تحاكي الـ PISA

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤال *9*.



9. انظر إلى شجرة التطور في الرسم التخطيطي أعلاه. ما الكلمة أو العبارة التي تُمثّل الوصف الأفضل لنقطتي التفرع A و B في الرسم التخطيطي؟

10. قارن وقابل بين الخيوط الفطرية المقسَّمة والخيوط الفطرية غير المقسَّمة.

11. اكتب فرضية متمحورة حول فائدة وسائل تكيّف الساق التي تسمح لبعض النباتات بتخزين فائض الطعام.

12. استخدم مخططًا لتنظيم البيانات المتعلقة بأوجه الشبه والاختلاف بين النباتات الحولية وثنائية الحول والمعمرة.

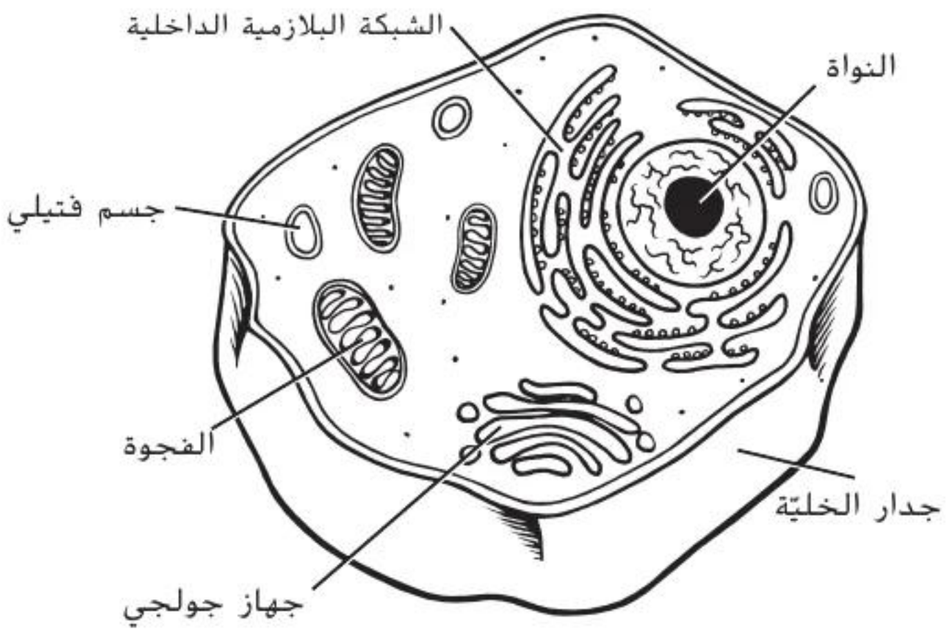
13. اذكر وظيفة نوعين من الأنسجة الوعائية الموجودة في النباتات وصِفها.

14. ما الخصائص الثلاث للطحالب القديمة التي مكّنتها من البقاء على قيد الحياة والموجودة في كل النباتات اليوم؟

15. صِف وظيفة الأنسجة الوعائية في ورقة النبات.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة
تحاكي الـ SAT

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤال *16*.



16. بناءً على خصائص الخلية أعلاه، كيف ستصنف الكائن الحي الذي أُخذت منه هذه الخلية؟ برِّر طريقتك في تصنيف هذا الكائن الحي.

17. قيّم سبب اعتبار تركيب الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء مناسبًا تمامًا لأداء وظيفته.

سؤال مقالي يحاكي الـ SAT

افترض أنك تخطط لتحويل مساحة من الأرض قرب مدرستك إلى حديقة صغيرة. يمكنك أن تشتري بذورًا لزراعتها أو يمكنك أن تنقل نباتات صغيرة إلى الموقع. إنّ هدفك الأساسي هو الحصول على بعض النباتات النامية في حديقتك في كل فصل من السنة.

باستخدام المعلومات الواردة في الفقرة السابقة، أجب عن السؤال التالي في صورة مقال.

18. بناءً على ما تعرفه عن النباتات والمناخ في المنطقة التي تقع فيها مدرستك، ما أفضل نوع من النباتات يمكن زراعته؟ صِف خطتك في صورة مقال مُحكم التنظيم وتأكد من شرح الطريقة التي ستتلاءم فيها أنواع النباتات المختلفة التي ستزرعها مع معايير الحديقة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4

الجهاز الغشائي والهيكلي والعضلي

تجربة استهلالية

ما أوجه الشبه بين جناح الدجاجة وذراعك؟

للدجاج تراكيب مماثلة للتراكيب التي لدينا، فلديها الجلد والعضلات والعظام. في هذه التجربة، ستفحص أحد أجنحة الدجاج وتبدأ في استكشافه.

المطويات®

قم بإنشاء مطوية مكوّنة من طبقات معتمِدًا العناوين المبينة، واستخدمها في تنظيم ملاحظاتك عن الجلد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الموضوع المحوري الاتزان الداخلي

تحافظ الوظائف المتخصصة للجهاز الغشائي والهيكلي والعضلي على الاتزان الداخلي في جسم الإنسان

الفكرة الرئيسة تعمل هذه الأجهزة معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي وذلك من خلال حماية الجسم ودعمه وتحريكه.

القسم 1 • الجهاز الغشائي

القسم 2 • الجهاز الهيكلي

القسم 3 • الجهاز العضلي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: 3. Integumentary, Skeletal, and Muscular Systems, Chapter 32, from Glencoe Biology ©2017

القسم 1

الأسئلة الرئيسة

- ما أنواع الأنسجة الأربعة الموجودة في الجهاز الغشائي؟
- ما وظائف الجهاز الغشائي؟
- ممَّ تتكوّن طبقتا الجلد؟
- ما الأحداث التي تتم عند إصلاح الجلد؟

مفردات للمراجعة

غطاء integument: طبقة تغلّف الكائن الحي

مفردات جديدة

epidermis	البشرة
keratin	الكيراتين
melanin	الميلانين
dermis	الأدمة
hair follicle	بصيلة الشعر
sebaceous gland	غدة دهنية

المطويات®

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الجهاز الغشائي

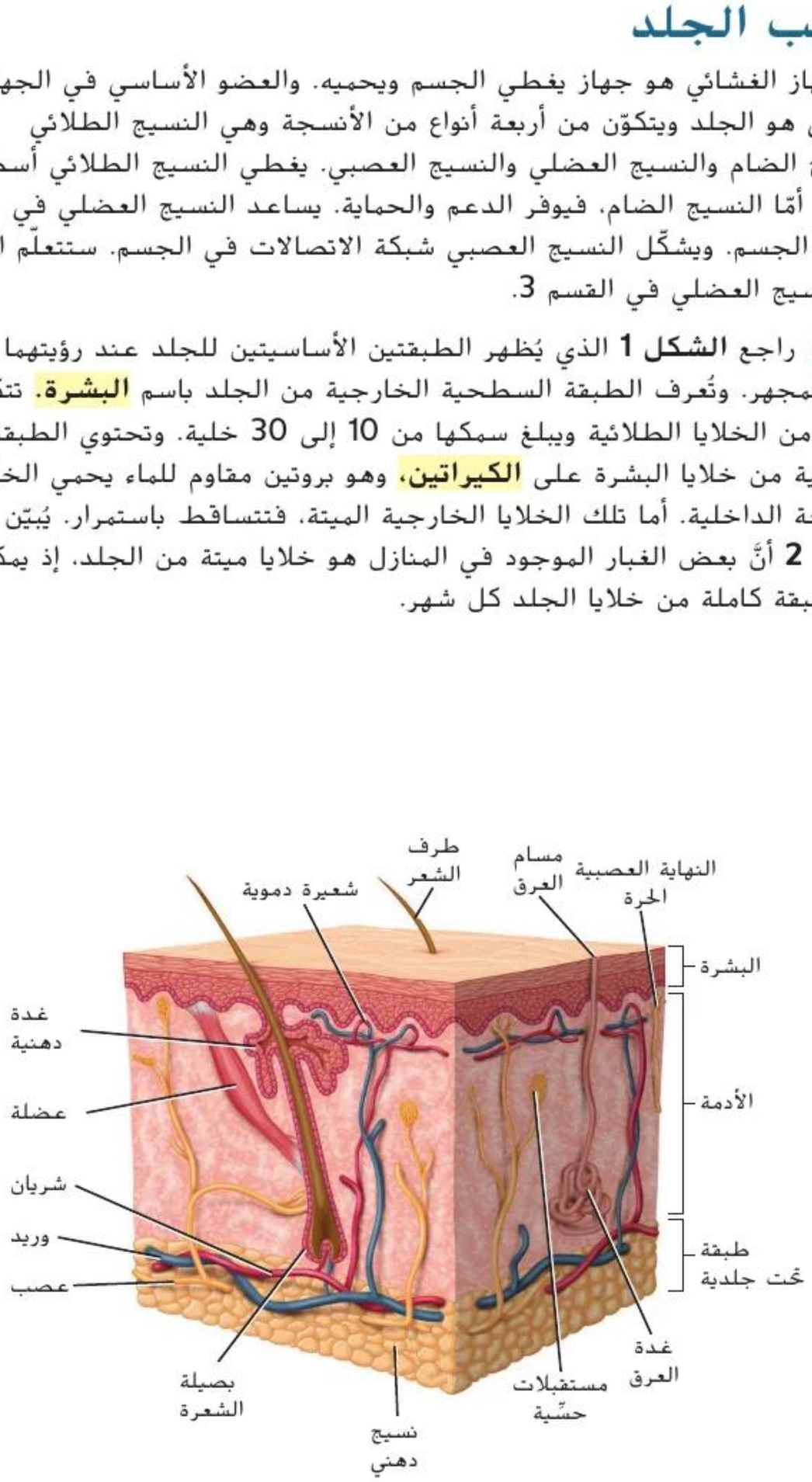
الفكرة الرئيسة **إنّ الجلد عضو يتكوّن من عدة طبقات يغطي الجسم ويحميه.**

الربط بالحياة اليومية إنّ الجلد الذي يغطي أصابع اليدين والقدمين سميك ويتكوّن من نتوءات منحنية تشكّل بصمات الأصابع. وقد استُخدمت بصمات الأصابع في التحقيقات الجنائية أول مرة في العام 1860 على يد الطبيب الأسكتلندي هنري فولدز. إنّ الجلد ليس مجرد غطاء بسيط يجمع الجسم بعضه مع بعض، بل هو تركيب معقد وضروري للبقاء على قيد الحياة. كما ينفرد كل شخص بشكل النتوءات على جلده!

تركيب الجلد

إنّ الجهاز الغشائي هو جهاز يغطي الجسم ويحميه. والعضو الأساسي في الجهاز الغشائي هو الجلد ويتكوّن من أربعة أنواع من الأنسجة وهي النسيج الطلائي والنسيج الضام والنسيج العضلي والنسيج العصبي. يغطي النسيج الطلائي أسطح الجسم. أمّا النسيج الضام، فيوفر الدعم والحماية. يساعد النسيج العضلي في تحريك الجسم. ويشكّل النسيج العصبي شبكة الاتصالات في الجسم. ستتعلّم المزيد عن النسيج العضلي في القسم 3.

البشرة راجع **الشكل 1** الذي يُظهر الطبقتين الأساسيتين للجلد عند رؤيتهما من خلال المجهر. وتُعرف الطبقة السطحية الخارجية من الجلد باسم **البشرة**. تتكوّن البشرة من الخلايا الطلائية ويبلغ سمكها من 10 إلى 30 خلية. وتحتوي الطبقات الخارجية من خلايا البشرة على **الكيراتين**، وهو بروتين مقاوم للماء يحمي الخلايا والأنسجة الداخلية. أما تلك الخلايا الخارجية الميتة، فتتساقط باستمرار. يُبيّن **الشكل 2** أنَّ بعض الغبار الموجود في المنازل هو خلايا ميتة من الجلد، إذ يمكن أن تُفقد طبقة كاملة من خلايا الجلد كل شهر.



■ **الشكل 1** إنّ الجلد عضو لأنه يتكوّن من أنواع مختلفة من الأنسجة تعمل معًا لتحقيق وظائف معينة.

لخّص أنواع الأنسجة التي يتكوّن منها الجلد.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

تحتوي الطبقة الداخلية للبشرة على خلايا تمرّ بعملية الانقسام المتساوي باستمرار لتعويض الخلايا التي تُفقد أو تموت. وتوفر بعض الخلايا الموجودة في الطبقة الداخلية من البشرة الحماية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة وذلك من خلال تكوين صبغة تُسمى الميلانين. و**الميلانين** صبغة تمتص الطاقة الضوئية وبذلك تحمي الخلايا الأعمق من التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية في ضوء الشمس. كما تؤثر كمية الميلانين التي تنتجها الخلايا في لون الجلد لدى كل فرد. فيحدث الاسمرار عند إنتاج الميلانين نتيجةً للتعرض للأشعة فوق البنفسجية في ضوء الشمس.

الأدمة إنّ **الأدمة** موجودة أسفل طبقة البشرة مباشرةً وهي الطبقة الثانية للجلد. ويختلف سمك الأدمة لكنها في العادة أكثر سمكًا من البشرة بمقدار 15 إلى 40 مرة. تتكوّن الأدمة من نسيج ضام وهو نوع النسيج المسؤول عن منع تمزق الجلد. كما يساعد الجلد على العودة إلى حالته الطبيعية مجددًا بعد تعرضه للتمدد. إضافةً إلى ذلك، تحتوي هذه الطبقة على تراكيب أخرى منها الخلايا العصبية والألياف العضلية والغدد العرقية والغدد الدهنية وبصيلات الشعر. وتتواجد أسفل الأدمة الطبقة تحت الجلدية وهي طبقة من النسيج الضام تخزّن الدهون وتساعد الجسم على حفظ الحرارة.

الشعر والأظافر إنّ الشعر وأظافر اليدين والقدمين من أجزاء الجهاز الغشائي. وينمو كل منهما من الخلايا الطلائية ويحتويان على الكيراتين. تنمو خلايا الشعر من فجوات ضيقة موجودة في الأدمة تُسمى **بصيلات الشعر**. وتنقسم الخلايا الموجودة في قاعدة بصيلة الشعر وتدفع الخلايا بعيدًا عن البصيلة فينمو الشعر.

تحتوي بصيلات الشعر عادةً على غدد دهنية، كما يُبيّن **الشكل 3**. وتمنح هذه **الغدد الدهنية** الجلد والشعر الملمس الدهني. عندما تفرز الغدد كمية كبيرة من الدهون، يمكن أن يؤدي ذلك إلى انسداد البصيلات. وقد يؤدي هذا الانسداد إلى إغلاق فتحة البصيلة فيتسبب ذلك في ظهور الرؤوس البيضاء أو الرؤوس السوداء أو حَب الشباب وهو التهاب الغدد الدهنية.

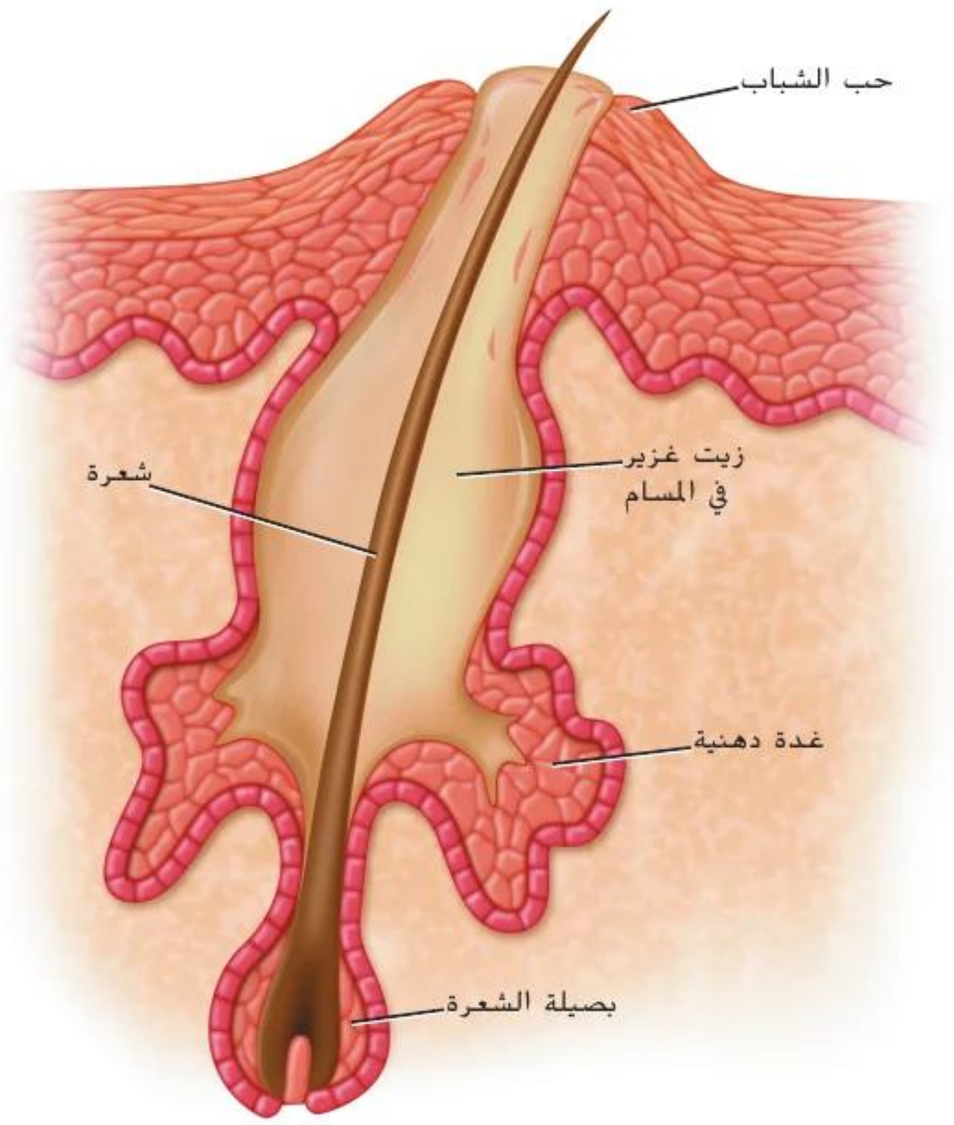
التأكد من فهم النص **لخّص** أوجه الاختلاف بين تركيب ووظيفة كل من البشرة والأدمة.

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×187

■ **الشكل 2** يتغذى عث الغبار المُبيّن في الشكل على خلايا الجلد الميتة، وهي مكوّن أساسي من مكونات الغبار.

اقتراح لدراسة

المخطط قم بإعداد مخطط على أن تكون عناوين الصفوف هي الجلد والعظام والعضلات وعناوين الأعمدة التركيب والمكونات والوظيفة والغرض. اعمل في مجموعات صغيرة لإكمال المخطط مع مراجعة النص.



■ **الشكل 3** يمكن أن تتراكم الدهون والأوساخ والبكتيريا في البصيلات ثم تنتشر في المنطقة التي تحيط بها فتسبب التهابًا موضعيًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تنمو أظافر اليدين والقدمين من خلايا طلائية متخصصة موجودة عند قاعدة كل ظفر. وعندما تنقسم الخلايا الموجودة في قاعدة كل ظفر، تنضغط الخلايا القديمة الميتة وتُدفع بعيدًا. تنمو الأظافر بمعدل 0.5 إلى 1.2 mm كل يوم. ربما سمعت أنَّ نمو الأظافر والشعر يستمر لعدة أيام بعد الموت، لكن تلك خرافة. فالواقع أنَّ الخلايا التي تحيط بخلايا الأظافر والشعر تفقد الماء الموجود داخلها فتنكمش مبتعدةً عن الشعر والأظافر، وهو ما يجعل الشعر والأظافر يبدوان أطول.

وظائف الجهاز الغشائي

للجلد وظائف عديدة مهمة منها تنظيم درجة حرارة الجسم وإنتاج فيتامين D والحماية واستقبال المؤثرات من البيئة المحيطة.

تنظيم درجة الحرارة ماذا يحدث عندما نعمل في الخارج في يوم صيفي حار؟ نتعرّق من أجل تنظيم درجة حرارة الجسم. فعندما يتبخر العرق يمتص حرارة الجسم فيؤدي إلى تبريده. ماذا يحدث للجلد عندما نشعر بالبرد أو الخوف؟ نُصاب "بالقشعريرة" نتيجةً لانقباض الخلايا العضلية الموجودة في الأدمة. وفي بعض الثدييات الأخرى، عندما تنقبض هذه العضلات ينتصب الشعر أو الفراء.

لاحظ القطة الخائفة في **الشكل 4**. تبدو القطة أكبر حجمًا وقد تكون تلك وسيلتها كي تخيف الأعداء، كما أنها آلية لحبس الهواء مما يؤدي إلى عزل جسم الحيوان الثديي وتدفئته. ليس للبشر الكثير من الشعر مثل معظم الثدييات الأخرى، لكنهم يُصابون بالقشعريرة نتيجةً لانقباض نوع العضلات نفسه الذي أدى إلى انتصاب الشعر في فراء القطة. وبدلًا من الشعر، يعتمد البشر في الشعور بالدفء على الدهون الموجودة في الطبقة تحت الجلدية.

■ **الشكل 4** تؤدي العضلات الموجودة في الجلد إلى انتصاب الشعر لدى بعض الثدييات وهي تسبب لدى الإنسان الشعور "بالقشعريرة".
اربط بين التغيّرات البيئية التي تؤدي إلى الشعور "بالقشعريرة".

تجربة مصغرة 1

فحص الجلد

ما أوجه الشبه بين جلد الدجاج وجلد الإنسان؟ يتشابه جلد الدجاج في خصائصه مع جلد الإنسان. وباستخدام جناح الدجاجة من التجربة الاستهلالية، ستتوسّع في دراسة خصائص الجلد.

الإجراء

1. حدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. ارتدِ **قفازات مختبر** للاستعمال مرة واحدة. وأخرج **جناح الدجاجة** من **الكيس ذاتي الغلق** وضعه في **وعاء أدوات التشريح**.
3. استخدم **أدوات التشريح** لنزع الجلد عن الجناح. استخدم **المقص** لعمل قطع صغير في الجلد المتدلي من الجناح.
4. اقطع قطعًا طوله 6 cm. واسحب الجلد بعيدًا عن الجناح. ثم استخدم المقص و**المشرط** لقطع الغشاء الشفاف الذي يربط الجلد بالعضلات.
5. حاول نزع الجلد بدون القيام بأي ثقوب أخرى. وابحث عن التجمعات الدهنية والأوعية الدموية والألياف العضلية المرتبطة بالجلد. لاحظ قوة الجلد.
6. تخلَّص من الجلد والقفازات المستخدمة وفقًا لتوجيهات معلّمك. ونظّف وعاء وأدوات التشريح الخاصة بك **بالماء الدافئ والصابون**. احتفظ بالجناح المنزوع عنه الجلد لتستخدمه في التجربة المصغرة التالية.

التحليل

1. **التفكير الناقد** في البصيلات. يحتوي جلد الإنسان على بصيلات الشعر. فما نوع البصيلات التي قد تجدها على جلد الدجاج؟
2. **اشرح** أهمية أن يكون الجلد قويًا ومرنًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إنتاج الفيتامين يستجيب الجلد للتعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس بإنتاج الفيتامين D الذي يزيد من امتصاص الكالسيوم في مجرى الدم. كما أنه ضروري لتكوّن العظام بصورة سليمة. لذا، يضاف إلى معظم المنتجات الغذائية فيتامين D.

الحماية والحواس يمنع الجلد السليم دخول الكائنات الدقيقة وغيرها من المواد الغريبة. ويساعد الجلد في الحفاظ على درجة حرارة الجسم إذ يحول دون فقدان الماء بدرجة كبيرة. كما إنّ الميلانين الموجود في الجلد يحميه من الأشعة فوق البنفسجية. إضافةً إلى ذلك، يرسل الجلد المعلومات المتعلقة بالتغيّرات التي تحدث في البيئة مثل الألم والضغط والتغيّر في درجة الحرارة إلى الدماغ.

تلف الجلد

للجلد قدرة مميزة على إصلاح نفسه، وبدون تلك الآلية، يصبح الجسم عرضةً لغزو الميكروبات من خلال التمزقات الموجودة في الجلد.

الجروح والخدوش في بعض الأحيان، تُجرح البشرة فقط عندما يكون الخدش بسيطًا. وتنقسم الخلايا الموجودة في عمق طبقة البشرة لتعويض الخلايا المجروحة أو المفقودة. وعندما يكون الجرح عميقًا، قد تتضرّر الأوعية الدموية مما يؤدي إلى النزيف، فيتدفّق الدم من الجرح ثم يتجلط. يشكّل الدم المتجلط قشرة لإغلاق الجرح وتتضاعف الخلايا الموجودة تحت القشرة لتملأه. وفي الوقت نفسه، ستساعد خلايا الدم البيضاء المسؤولة عن مكافحة العدوى على التخلص من البكتيريا التي قد تكون دخلت إلى الجرح.

تأثير الشمس والحروق عندما يتقدم الأفراد في العمر، تقلّ مرونة الجلد وتبدأ التجاعيد في الظهور. ويسرّع التعرض للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس من هذه العملية ويمكن أن يؤدي إلى حدوث حرق في الجلد وأضرار أخرى.

الربط بالصحة تُصنف الحروق عادةً سواء أكان سببها الشمس أو الحرارة أو المواد الكيميائية بحسب درجة شدتها. ويلخّص **الجدول 1** أنواع الحروق وهي: حروق الدرجة الأولى وتكون في العادة طفيفة وتشمل خلايا البشرة فقط. ثم حروق الدرجة الثانية وهي تخلّف الندوب والبثور وفيها تتعرض طبقتا البشرة والأدمة للتلف. أمّا الحروق الأشد خطورة، فهي حروق الدرجة الثالثة وقد تؤدي إلى تدمير الخلايا العصبية والنسيج العضلي في كل من البشرة والأدمة ويفقد الجلد وظيفته. وعندها من الممكن زراعة جلد سليم من مكان آخر في الجسم كي يستعيد الجلد وظيفته الحمائية.

المفردات

مفردات أكاديمية

الوظيفة function
عمل أو غرض
من وظائف الجلد حماية الجسم.

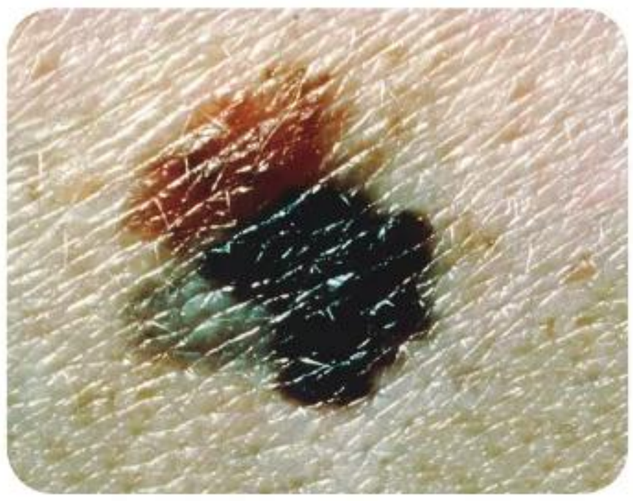
مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي العلاج الطبيعي يساعد اختصاصي العلاج الطبيعي الأفراد المصابين أو ذوي الإعاقات في استعادة وظائفهم الجسدية أو تحسينها وذلك من خلال استخدام أساليب مختلفة كالتمرينات والتدليك.

الجدول 1 تصنيف الحروق

شدة الحرق	الضرر	الأثر
الدرجة الأولى	تتضرّر خلايا البشرة وقد تموت.	• الاحمرار والتورم • ألم خفيف
الدرجة الثانية	تموت الخلايا الموجودة في الطبقات الأعمق من البشرة، وتتضرّر خلايا الأدمة وقد تموت.	• البثور • الألم
الدرجة الثالثة	تموت الخلايا الموجودة في البشرة والأدمة، وتتضرّر الخلايا العصبية والعضلية.	• فقدان الجلد لوظيفته • الحاجة إلى زراعة جلد سليم • لا يوجد ألم بسبب تلف الخلايا العصبية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 5** من العلامات التحذيرية لسرطان الجلد ظهور تغيّر واضح في البثور أو الشامات أو ظهور شامات غير منتظمة الشكل حيث يختلف لونها أو يكون قطرها أكبر من قطر القلم الرصاص.

سرطان الجلد يُعدّ التعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية، سواء من الشمس أو من مصدر صناعي آخر مثل الأسرة والغرف المستخدمة في تغميق لون البشرة، عاملًا مهمًّا من العوامل التي تؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد. ويمكن أن تؤدي الأشعة فوق البنفسجية إلى تلف الـ DNA الموجود في خلايا الجلد مما يؤدي إلى نمو الخلايا وانقسامها بشكل لا يمكن التحكم به، وينتج عن ذلك سرطان الجلد. راجع **الشكل 5** للاطلاع على بعض العلامات التحذيرية لسرطان الجلد.

إنّ سرطان الجلد هو من أنواع السرطان المنتشرة، وينقسم إلى نوعين رئيسين: سرطان الجلد الميلانيني وسرطان الجلد غير الميلانيني. يبدأ سرطان الجلد الميلانيني في الخلايا الميلانينية التي تنتج صبغة الميلانين. وهو أشد أنواع سرطان الجلد خطورةً، إذ يمكن أن ينتشر في الأعضاء الداخلية والجهاز الليمفي. إنّ المراهقين أكثر عرضةً لخطر الإصابة بسرطان الجلد الميليني إذ لا يزالون في مرحلة النمو، وبالتالي تنقسم خلايا الجلد في أجسامهم بمعدل أسرع من انقسامها في سن البلوغ.

قد يصيب سرطان الجلد أي شخص. غير أنَّ الأفراد ذوي الجلد الفاتح أو العيون ذات اللون الفاتح أو الشعر الفاتح ومَن يكونون أكثر ميلًا إلى الإصابة بالحروق أو النمش هم الأكثر عرضة للإصابة بسرطان الجلد. لذلك، يجب أن نتجنّب التعرض لأشعة الشمس لفترات طويلة وعلى وجه الخصوص في الفترة ما بين الساعة 10 A.M. والساعة 4 P.M. حين تكون أشعة الشمس في أوجها. إضافةً إلى ذلك، يجب اتباع الإجراءات الوقائية الأخرى منها ارتداء ملابس واقية أو وضع مستحضرات الوقاية من الشمس على ألّا تقل قيمة عامل الوقاية من الشمس (SPF) فيها عن 15.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- إنّ الجلد هو العضو الرئيس في الجهاز الغشائي.
- إنّ الحفاظ على الاتزان الداخلي هو إحدى وظائف الجهاز الغشائي.
- يتكوّن الجهاز الغشائي من أربعة أنواع من الأنسجة.
- ينمو كل من الشعر وأظافر اليدين والقدمين من الخلايا الطلائية.
- تُصنف الحروق وفقًا لشدة التلف الذي يلحق بأنسجة الجلد.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صمم رسمًا تخطيطيًا** لطبقتي الجلد.
2. **لخّص** أنواع الأنسجة التي يتكوّن منها الجهاز الغشائي مع ذكر وظيفة كل منها.
3. **عمّم** الطرق المختلفة التي يساعد الجهاز الغشائي من خلالها الإنسان على البقاء على قيد الحياة.
4. **سلسل** عملية إصلاح الجلد نتيجة التعرّض لجرح.
5. **قارن** بين آثار كل من حروق الدرجة الأولى وحروق الدرجة الثانية وحروق الدرجة الثالثة.

التفكير الناقد

6. **قيّم** أسماء اثنين من منتجات كريم العناية بالجلد للمقارنة بين الفوائد التي يزعم كل من المنتجين تحقيقها.

الرياضيات في علم الأحياء

7. لتحديد طول المدة التي يحمي فيها عامل الوقاية من الشمس أحد الأفراد من الاحتراق في الشمس، اضرب مقدار الوقت الذي سيقضيه الشخص في الشمس قبل أن يُصاب بالاحتراق في قيمة عامل الوقاية. إذا كان أحد الأفراد يُصاب بالاحتراق من الشمس في 10 min وكانت قيمة عامل الوقاية من الشمس الذي يستخدمه 15، فما طول المدة التي يستمر خلالها مفعول الحماية؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

الأسئلة الرئيسة

- ما أوجه الاختلاف بين عظام الهيكل المحوري وعظام الهيكل الطرفي؟
- كيف تتكوّن العظام الجديدة؟
- ما وظائف الجهاز الهيكلي؟

مفردات للمراجعة

الغضروف cartilage: نسيج ضام متين ومرن يكوّن هياكل الأجنة ويغطي في ما بعد سطح عظام المفاصل التي يتحرّك بعضها عكس بعض

مفردات جديدة

الهيكل المحوري	axial skeleton
الهيكل الطرفي	appendicular skeleton
العظم الكثيف	compact bone
الخلية العظمية	osteocyte
العظمة الإسفنجية	spongy bone
النخاع العظمي الأحمر	red bone marrow
النخاع العظمي الأصفر	yellow bone marrow
بانية العظم	osteoblast
التعظم	ossification
هادمة العظم	osteoclast
الرباط	ligament

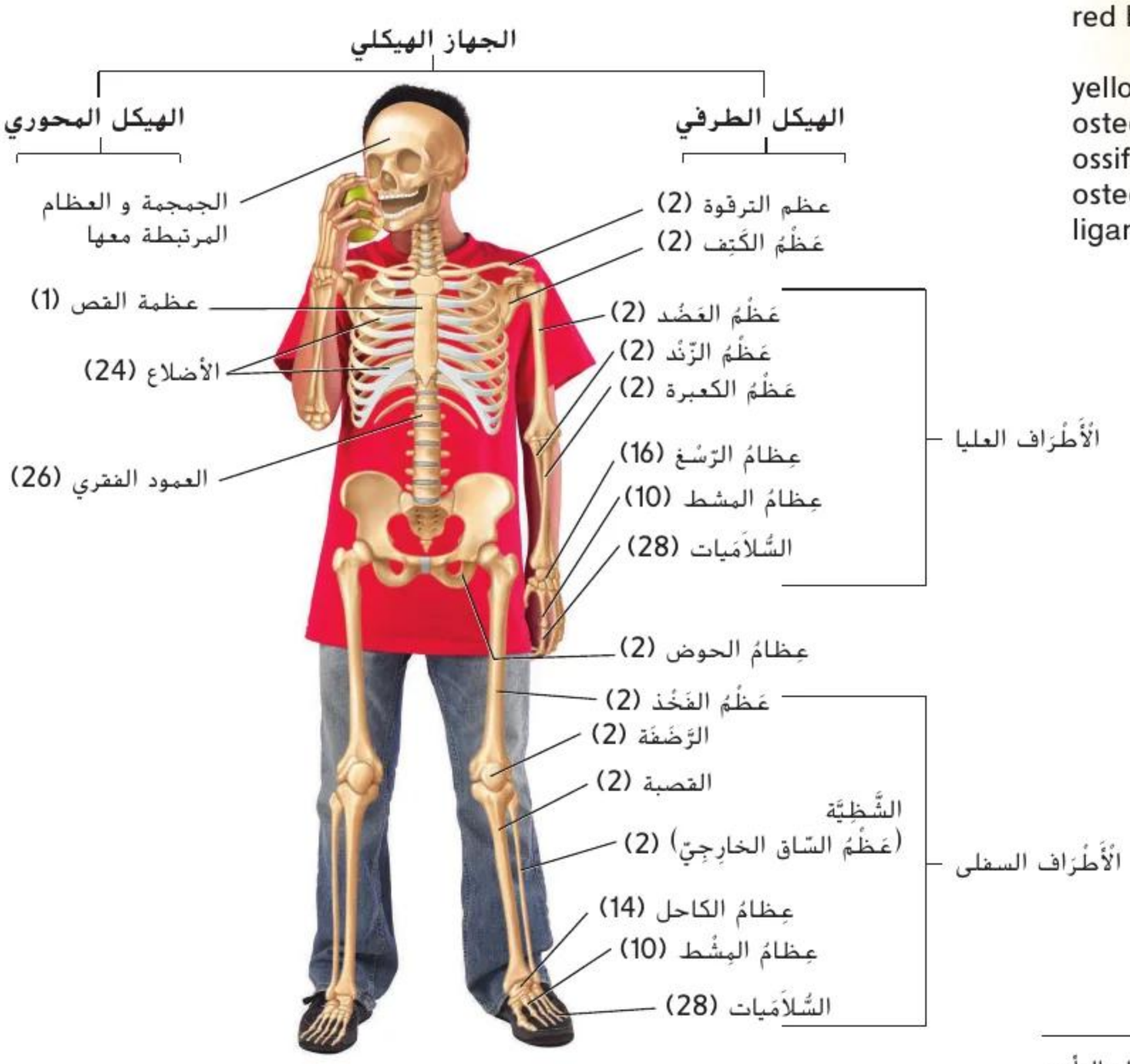
الجهاز الهيكلي

الفكرة الرئيسة **يوفر الهيكل العظمي إطارًا هيكليًا للجسم ويحمي الأعضاء الداخلية مثل القلب والرئتين والدماغ.**

الربط بالحياة اليومية يُعدّ تحديد هيكل المنزل من أولى مراحل بناء المنازل. قد يتجول الشخص في المنزل في تلك المرحلة ويعرف تخطيط المنزل بسبب الهيكل. يمكن مقارنة الجهاز الهيكلي بهيكل المنزل، إذ يوفر الهيكل البنية والحماية.

تركيب الجهاز الهيكلي

لاحظ كل العظام الموجودة في هيكل الشخص البالغ المبيّنة في **الشكل 6**. إذا عددتها، فستجد أنه يوجد 206 عظمة. ويتكوّن هيكل الإنسان من قسمين، الهيكل المحوري والهيكل الطرفي. يشمل **الهيكل المحوري** الجمجمة والعمود الفقري والأضلاع وعظمة القص. ويشمل **الهيكل الطرفي** عظام الكتفين والذراعين واليدين والفخذين والرجلين والقدمين.



■ **الشكل 6** يضمّ الهيكل المحوري عظام الرأس والظهر والصدر. وترتبط عظام الهيكل الطرفي بحركة الأطراف.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

العظم الإسفنجي والكثيف إنّ العظم نسيج ضام له أشكال وأحجام عديدة. إذ تُصنَّف العظام إلى طويلة وقصيرة ومسطحة وغير منتظمة. راجع **الشكل 6**. تُعتبَر عظام الذراع والساق من أمثلة العظام الطويلة وتُعدّ عظام المعصم من أمثلة العظام القصيرة. أمّا العظام المسطحة، فهي العظام التي تشكّل الجمجمة وتتواجد العظام غير المنتظمة في الوجه والفقرات.

تتكوّن الطبقات الخارجية لكل العظام من **العظم الكثيف** الذي يكون سميكًا وقويًا ليمدّ العظام بالقوة والحماية. وتمتد على طول العظام الكثيفة تركيبات تشبه الأنبوب يُطلق عليها اسم العظمون أو النظم الهافيرسية، وتحتوي على أوعية دموية وأعصاب. توفر الأوعية الدموية الأكسجين والمواد الغذائية **للخلايا العظمية**، وهي خلايا عظم حية.

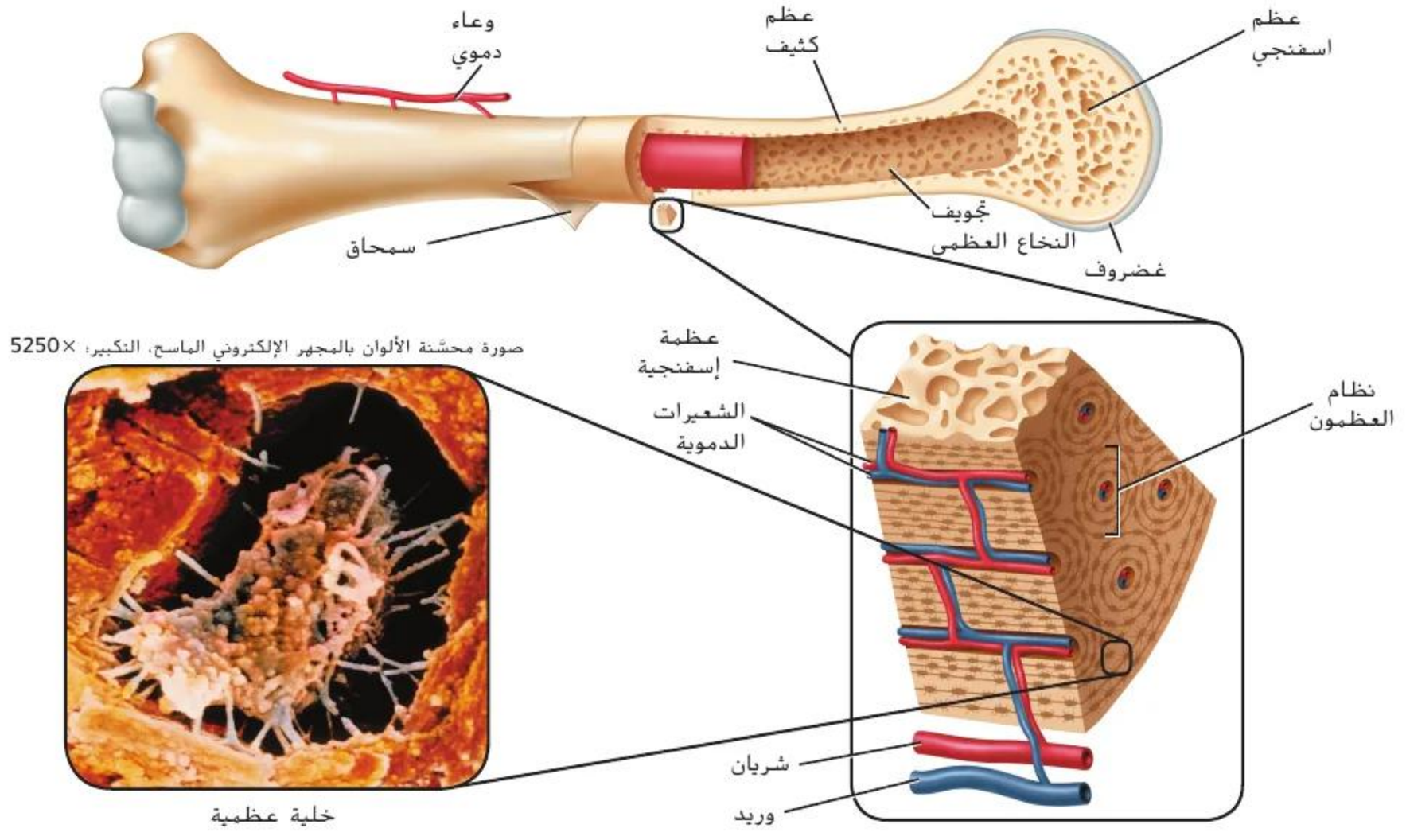
يمكن أن يختلف الجزء الداخلي من العظام بدرجة كبيرة، كما هو موضّح في **الشكل 7**. فكما يشير الاسم، يكون **العظم الإسفنجي** أقل كثافة ويحوي العديد من التجاويف التي تحتوي على النخاع العظمي. ويتواجد العظم الإسفنجي في وسط العظام القصيرة أو المسطحة وعند نهاية العظام الطويلة، كما يحاط العظم الإسفنجي بالعظم الكثيف ولا يحتوي على النظم الهافيرسية.

يوجد نوعان من النخاع العظمي، الأحمر والأصفر. تُنتَج خلايا الدم البيضاء والحمراء والصفائح الدموية في **النخاع العظمي الأحمر** الموجود في عظام العضد في الذراع وعظم الفخذ في الرجل وعظمة القص والأضلاع والفقرات والحوض. وتتكوّن تجاويف عظام الطفل من النخاع العظمي الأحمر، وتحتوي عظام الأطفال على نخاع عظمي أحمر أكثر مما تحتوي عليه عظام البالغين. أمّا **النخاع العظمي الأصفر**، فيتواجد في العديد من العظام الأخرى ويتكون من الدهون المُخزنة. ويستطيع الجسم تحويل النخاع العظمي الأصفر إلى نخاع عظمي أحمر في حالات فقدان الدم المفرط أو الأنيميا.

تكوّن العظم تتكوّن هياكل الأجنة من غضاريف وأثناء نمو الجنين، تتطوّر خلايا الغضروف الجنيني إلى الخلايا التي تكوّن العظام وتُسمى **بانيات العظم**. وتُعرف عملية تكوّن العظم من بانيات العظم باسم **التعظم**. يتكوّن هيكل الإنسان البالغ كله من العظام، ما عدا مقدمة الأنف والأذن الخارجية والأقراص بين الفقرات وبطانة المفاصل المتحركة. إضافةً إلى أنّ بانيات العظم هي الخلايا المسؤولة عن نمو العظم وتجديده.

مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

المصمم الطبي يجمع المصمم الطبي بين موهبته في الفن واهتمامه بعلم الأحياء ويستخدم ذلك في إعداد رسوم توضيحية للإجراءات أو تصميم نماذج تعليمية.



■ **الشكل 7** العظم إما مكتنز أو إسفنجي.
صنِّف طريقة اختلاف العظم الإسفنجي عن العظم المكتنز من حيث الموقع والوظيفة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إعادة بناء العظم يُعاد بناء العظم باستمرار، ويشمل ذلك استبدال الخلايا القديمة بخلايا جديدة. وتستمر هذه العملية طوال الحياة وهي مهمة لنمو الفرد إذ تكسّر الخلايا التي تُسمى **هادمة العظم** الخلايا العظمية التي تُستبدل بعد ذلك بنسيج عظمي جديد. توجد العديد من العوامل التي تؤثر في نمو العظم، منها التغذية والتمارين البدنية. فعلى سبيل المثال، يصاب الشخص الذي لديه نقص في الكالسيوم بحالةٍ تُعرف بترقق العظام ينتج عنها عظام ضعيفة وهشة تنكسر بسهولة.

التأكد من فهم النص **قارن** بين دور كل من بانيات العظم وهادمة العظم.

تجدد العظم **تعد** الكسور من الإصابات العظمية المنتشرة للغاية في العظم. ويُعدّ الكسر بسيطًا إذا لم تبرز العظمة من الجلد. أما عندما تبرز العظمة من الجلد، فيكون الكسر مركبًا. يُعدّ كسر الإجهاد تشققًا صغيرًا في العظم. وعندما تنكسر عظمة، يبدأ التجدد والالتئام على الفور. راجع **الشكل 8**، الذي يبيّن خطوات تجدد والتئام عظمة مكسورة.

الكسر عند حدوث إصابة في الجسم، تمتلئ منطقة الإصابة بمركّبات الإندورفين وهي مواد كيميائية تُنتج في الدماغ وتسمى أحيانًا "مسكنات الألم الطبيعية للجسم"، لتقليل مقدار الألم مؤقتًا. وسرعان ما تلتهب المنطقة المصابة أو تتورم، وقد يستمر التورم لمدة أسبوعين أو ثلاثة أسابيع.

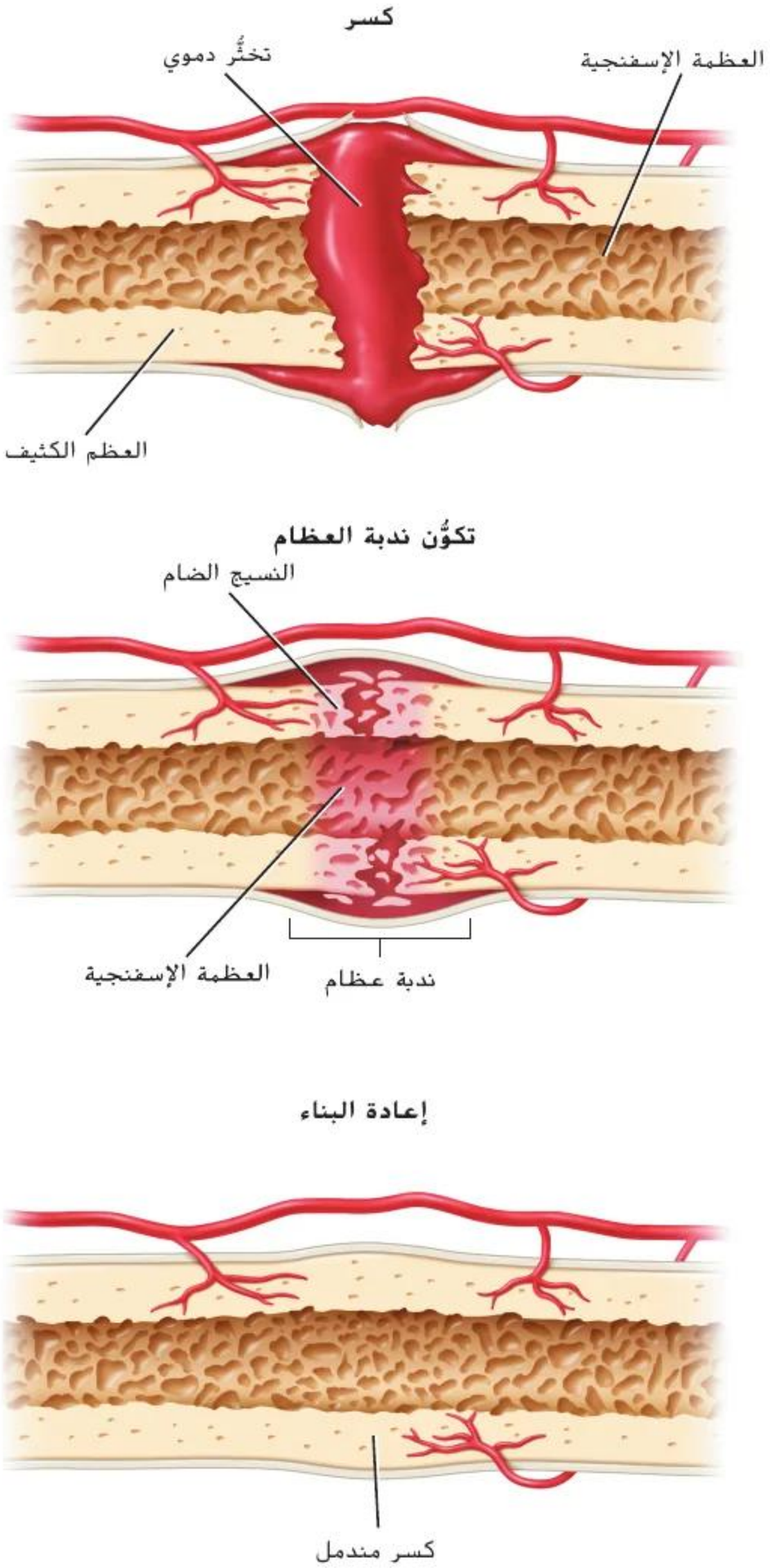
في غضون 8 ساعات تقريبًا، يتكوّن تجلط دموي بين طرفي العظم المكسور ويبدأ تكوّن عظم جديد. في البداية يتكوّن (كالس) ندبة عظم لين أو كتلة من الغضاريف في موضع الكسر. ولأن هذا النسيج ضعيف، يجب تثبيت العظمة المكسورة في مكانها.

تكوّن الكالس بعد ثلاثة أسابيع تقريبًا، تُكوّن بانيات العظم كالسًا من العظم الإسفنجي المحيط بالكسر، ويُستبدل العظم الإسفنجي بعد ذلك بعظم كثيف. وتتخلص هادمة العظم من العظم الإسفنجي في حين تُنتِج بانيات العظم عظمًا كثيفًا أكثر قوةً.

قد تضمن الجبائر والقوالب وأحيانًا السحب بقاء العظمة المكسورة في مكانها حتى يتكوّن نسيج عظمي جديد. ويتم تثبيت الأصابع المكسورة في مكانها غالبًا عن طريق ربطها بالإصبع المجاور لها.

إعادة البناء يحتاج العظم فترات زمنية مختلفة لكي يلتئم، إذ تؤثر في ذلك عوامل متعددة منها العمر والتغذية وموضع الكسر وشدته. إذا كان النظام الغذائي للشخص لا يحتوي على كمية كافية من الكالسيوم، فإنَّ ذلك سيُبطئ عملية تجدد العظم. يلتئم عظم الأشخاص الأصغر سنًا بسرعة أكبر من التئام عظم الأشخاص الأكبر سنًا. فعلى سبيل المثال، قد تستغرق عملية التئام الكسر من أربعة إلى ستة أسابيع فقط عند الطفل، لكنها قد تستغرق ستة أشهر عند الشخص البالغ.

■ **الشكل 8** يحتاج تجدد العظم إلى عدة خطوات. أولًا، يتكتّل من الدم المتجلط في الفراغات الموجودة بين العظام المكسورة. ثم يملأ النسيج الضام الفراغ الموجود في العظمة المكسورة. في النهاية، تُنتج بانيات العظم نسيجًا عظميًا جديدًا.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المفاصل

إنّ المفاصل موجودة في موضع تلاقي عظمتين أو أكثر. باستثناء المفاصل الموجودة في الجمجمة، يمكن تصنيف المفاصل بناءً على الحركة التي تسمح بها وأشكال أجزائها. ويحدّد **الجدول 2** خمسة أنواع من المفاصل هي: الكروية الحُقية والمحورية والرزية والانزلاقية والدرزية. ادرس **الجدول 2** للتعرّف على نوع الحركة التي يسمح بها كل نوع من أنواع المفاصل وكذلك العظام الموضّحة في كل مثال.

ليست كل المفاصل متحركة؛ فالمفاصل الموجودة بين بعض عظام الجمجمة ثابتة. لكنها لا تكون ملتحمة تمامًا بعضها مع بعض عند الولادة، بل تلتحم عندما يبلغ الطفل ثلاثة أشهر تقريبًا. وتسمح المفاصل الانزلاقية، مثل تلك الموجودة في اليد، بحركة محدودة. أمّا المفاصل الأخرى، مثل المفصل الرزي في المرفق والمفصل المحوري في أسفل الذراع، فتسمح بالالتواء وكذلك بالحركة إلى الأمام والخلف. وتسمح المفاصل الكروية الحقية في الفخذين والكتفين بحركة واسعة النطاق.

ترتبط عظام المفاصل بعضها ببعض عن طريق **الأربطة** وهي أشرطة قوية من النسيج الضام تربط بين عظمة وأخرى. وفي القسم التالي، ستتعلم المزيد عن الأربطة والأوتار التي تربط العضلات بالعظام.

التأكد من فهم النص **راجع** أنواع المفاصل وطريقة تصنيفها.

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

الجدول 2 بعض مفاصل الجهاز الهيكلي

اسم المفصل	الكروي الحقي	المحوري	الرزي (ذات مفصلة)	الانزلاقي	الدرزي (خيوط رفيعة)
المثال					
الوصف	في المفصل الكروي الحقي، يدخل سطح إحدى العظمتين، الذي يشبه الكرة، في تجويف العظمة الأخرى الذي يشبه الكوب، ويسمح بنطاق للحركة أوسع من أي نوع آخر من المفاصل. إنّ هذا النوع متواجد في الفخذين والكتفين، ويسمح للشخص بأرجحة ذراعيه أو رجليه.	إنّ الحركة الأساسية للمفصل المحوري هي بندولية في اتجاه واحد ومن أمثلة المفاصل المحورية مفصل المرفق الذي تتلاقى فيه عظمتا أسفل الذراع وهما الكعبرة والزند. يتيح ذلك المفصل للشخص ثني أسفل الذراع.	في المفصل الرزي، يدخل سطح إحدى العظمتين المحدب في السطح المقعر للعظمة الأخرى. من الأمثلة عليه المرفقان والركبتان وهو يسمح بالحركة إلى الأمام والخلف مثل مفصلة الباب.	تسمح المفاصل الانزلاقية بالحركة من جانب إلى آخر وإلى الأمام والخلف. ومن الأمثلة عليها مفاصل الرسغ والكاحل وكذلك المفاصل الموجودة في الفقرات.	إنّ المفاصل الدرزية هي مفاصل غير متحركة في الجمجمة. ثمة 22 عظمة في جمجمة الشخص البالغ، ويرتبط بعضها ببعض (خيوط رفيعة) ما عدا عظام الفك السفلي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الفُصال العظمي تُغطى أطراف العظام في المفاصل المتحركة، مثل الركبة، بالغضاريف التي تعمل كوسادة وتسمح بحركة المفصل بسهولة. والفُصال العظمي حالة مؤلمة تؤثر في المفاصل وتنتج عن تدهور الغضاريف وتصيب عادةً الركبتين والوركين إضافةً إلى الرقبة والظهر. فضلًا عن ذلك، يصيب الفُصال العظمي حوالي 10% من الأمريكيين وتزداد نسبة الإصابة به مع التقدم في العمر. وإذا تعرّض شخص صغير السن لإصابة في المفصل، فسيكون عرضة للإصابة بالفُصال العظمي في وقت لاحق من حياته.

التهاب المفاصل الروماتويدي يُعدّ التهاب المفاصل الروماتويدي شكلًا آخر من أشكال الالتهابات التي تصيب المفاصل. لا ينتج التهاب المفاصل الروماتويدي عن تدهور الغضاريف أو تآكل المفاصل، إنما تفقد المفاصل المُصابة قوتها ووظيفتها وتلتهب وتتورم وتسبب الألم. وقد تبدو الأصابع مشوهة، كما هو موضّح في **الشكل 9**.

التهاب الجراب توجد في الأكتاف والركب أكياس ممتلئة بالسوائل اللزجة تسمى أجربة تحيط بالمفاصل. وتقلل الجرابات من الاحتكاك وتعمل كوسادة بين العظام والأوتار. يقلل التهاب الجراب من حركة المفصل ويسبب الألم والتورم. ربما سمعت عن "مرفق لاعب التنس" وهو أحد أشكال التهاب الجراب. ويشمل علاج هذه الحالة عادةً إراحة المفصل المُصاب.

الالتواءات يسبب الالتواء تلف الأربطة التي تربط المفاصل ببعضها. ويحدث عندما ينثني المفصل أو يتمدد بدرجة كبيرة ويتسبب عادةً في تورم المفصل، مصحوبًا بليونة وألم.

■ **الشكل 9** قد يتسبب التهاب المفاصل الروماتويدي في فقدان قوة المفصل ووظيفته إضافةً إلى الألم الشديد.

قارن طريقة اختلاف التهاب المفاصل الروماتويدي عن أنواع الفُصال العظمي الأكثر شيوعًا.

تجربة مصغرة 2

فحص أربطة العظام

كيف ترتبط العظام بالعضلات وبالعظام الأخرى؟ تربط الأوتار العضلات بالعظام، بينما تربط الأربطة العظام ببعضها. وستفحص هذه الأربطة باستخدام جناح دجاجة منزوع الجلد.

الإجراء

1. حدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. ارتدِ **قفازات مختبر** أحادية الاستعمال. ضع **جناح الدجاجة المنزوع الجلد** في **وعاء التشريح**.
3. اختر عضلة واحدة واستخدم **مقص التشريح** لفصل العضلة عن العظم، مع الحفاظ على الأطراف سليمة. وابحث عن الأوتار الطويلة البيضاء المتينة التي تربط العضلة بالعظمة.
4. حرّك العظام الموجودة عند المفصل ولاحظ طريقة تحرك الوتر عند سحب العظام.
5. افصل كل العضلات عن العظام بحرص. ستظل العظام مرتبطة في ما بينها. ابحث عن الأربطة البيضاء التي تربطها بعضها ببعض. وافحص أطراف كل عظمة.
6. ارسم مخططًا للجناح من دون العضلات موضّحًا طريقة ارتباط العظام ببعضها. وقارن تلك الرسمة بالرسمة التي أعددتها في التجربة الاستهلالية.

التحليل

1. **اشرح** طريقة اختلاف الرسم التي أعددتها في التجربة الاستهلالية عن رسم الجناح الذي أعددته في هذه التجربة.
2. **لاحظ واستدل** هل لاحظت طريقة ارتباط العضلة عند أحد طرفيها بالعظمة، وكيف أنّ الرباط الموجود عند الطرف الآخر يمر عبر المفصل ليربط طرف العضلة ذلك بالعظمة التالية؟ استخدم مخططًا لشرح سبب أهمية ذلك.
3. **فكّر بشكل ناقد** في لون أطراف العظام عند المفاصل المتحركة. في رأيك، ما هذه المادة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وظائف الجهاز الهيكلي

قد تظنُّ أن الهدف الوحيد للهيكل هو العمل كإطار لدعم الجسم. إذ تُمسك عظام الرجلين والحوض والعمود الفقري بالجسم. ويدعم الفك السفلي الأسنان. وتدعم كل العظام تقريبًا العضلات. كما تُدعَم العديد من الأعضاء اللينة بشكل مباشر أو غير مباشر بالعظام القريبة منها.

يتمتع الجهاز الهيكلي بوظائف أخرى بالإضافة إلى الدعم، كما هو موضّح في **الجدول 3**. فالجمجمة تحمي الدماغ، وتحمي الفقرات الحبل الشوكي. أما القفص الصدري، فيحمي القلب والرئتين والأعضاء الأخرى.

كما تحمي الطبقات الخارجية للنسيج العظمي النخاع العظمي الموجود داخل العظام. بالإضافة إلى تكوين خلايا الدم الحمراء والبيضاء، يكوّن النخاع العظمي الأحمر الصفائح الدموية التي تساهم في تجلط الدم. وتتكوّن خلايا الدم الحمراء بمعدل يفوق المليونَي خلية في الثانية.

يكون كل النخاع العظمي من النوع الأحمر حتى يصل الشخص إلى سبعة أعوام. ثم يحل النسيج الدهني محل بعض النخاع الأحمر ويمنح النخاع مظهرًا يميل لونه إلى الأصفر، ولذا يسمى بالنخاع الأصفر. والدهون مصدر مهم للحصول على الطاقة.

تُعدّ العظام خزانات للمعادن مثل الكالسيوم والفوسفور. فعندما تنخفض مستويات الكالسيوم في الدم بدرجة كبيرة، ينطلق الكالسيوم من العظام. وعندما ترتفع مستويات الكالسيوم في الدم، يُخزَّن الكالسيوم الزائد في النسيج العظمي. بهذه الطريقة، يساعد الجهاز الهيكلي في الحفاظ على الاتزان الداخلي.

تسمح العظام التي ترتبط بها العضلات بحركة الجسم. على سبيل المثال، عندما تشد العضلات عظام الذراعين والرجلين، تحدث الحركة. كما تسمح لك العضلات المرتبطة بأضلاعك بالتنفس بصورة طبيعية.

الجدول 3 وظائف الجهاز الهيكلي

الوظيفة	الوصف
الدعم	• تدعم الأرجل والحوض والعمود الفقاري الجسم • يدعم الفك السفلي الأسنان • تدعم العظام كلها تقريبًا العضلات
الحماية	• تحمي الجمجمة الدماغ • تحمي الفقرات الحبل الشوكي • يحمي القفص الصدري القلب والرئتين والأعضاء الأخرى
تكوّن خلايا الدم	• يُنتِج النخاع العظمي الأحمر خلايا دم حمراء وبيضاء وصفائح دموية
التخزين	• يُخزن الكالسيوم والفوسفور
الحركة	• تشد العضلات المتصلة عظام الذراعين والرجلين • يسمح الحجاب الحاجز بالتنفس العادي

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من قسمين.
- تتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة.
- يُعاد بناء العظام بصورة مستمرة.
- تعمل العظام بالتناسق مع العضلات.
- للهيكل العظمي عدة وظائف مهمة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** وصِف وظائف كل من الهيكل المحوري والهيكل الطرفي.
2. **قارن** بين تركيب كل من النخاع العظمي الأحمر والأصفر.
3. **قارن** بين آلية الجسم في إصلاح عظمة مكسورة والنمو الأصلي للعظمة.
4. **أنشئ** مخططًا تصنيفيًا لكل العظام المبيّنة في **الشكل 6**.

التفكير الناقد

5. **فكّر** في ما قد يحدث إذا لم تعمل بانيات العظم وهادمات العظم بصورة سليمة لدى جنين في مرحلة النمو ولدى شخص بالغ.
6. **ميّز** بين العظام الكثيفة والعظام الإسفنجية من حيث المظهر والموقع والوظيفة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 3

الأسئلة الرئيسة

- ما أنواع النسيج العضلي الثلاثة؟
- ما الأحداث التي تساهم في الانقباضات العضلية على المستويين الخلوي والجزيئي؟
- ما أوجه الاختلاف بين الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض؟

مفردات للمراجعة

اللاهوائي anaerobic: تفاعل كيميائي لا يتطلب وجود أكسجين

مفردات جديدة

smooth muscle	العضلة الملساء
involuntary muscle	العضلة اللاإرادية
cardiac muscle	العضلة القلبية
skeletal muscle	العضلة الهيكلية
voluntary muscle	العضلة الإرادية
tendon	الوتر
myofibril	ليف عضلي
myosin	الميوسين
actin	الأكتين
sarcomere	القطعة العضلية

الجهاز العضلي

الفكرة الرئيسة **تختلف الأنواع الثلاثة الأساسية من النسيج العضلي من حيث التركيب والوظيفة.**

رابط بالحياة اليومية ساهم ليوناردو دافينشي بقدر كبير من المعرفة في المجتمع العلمي. فقد درس جسم الإنسان عن طريق فحص الجثث. واستبدل دافينشي العضلات بالخيط وأدرك أنَّ العضلات تنقبض وتشد العظام لتجعلها تتحرّك.

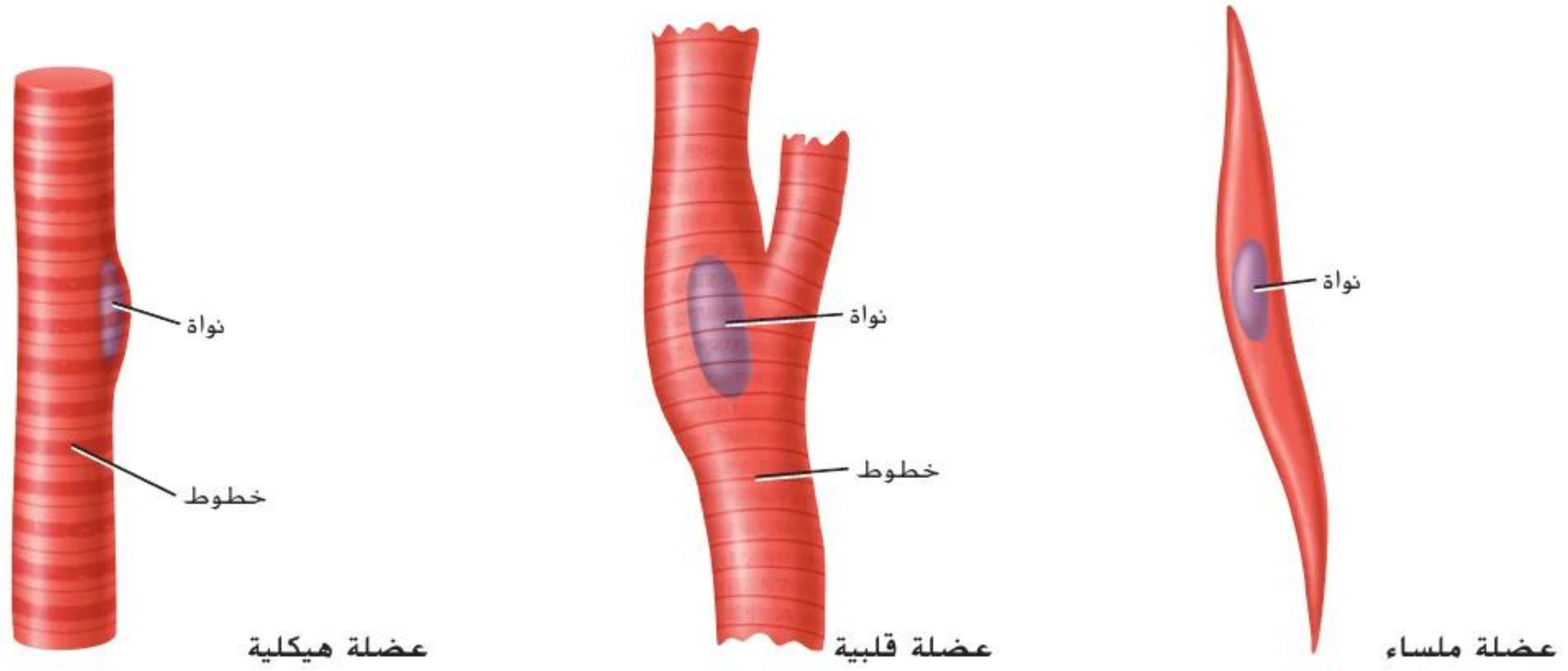
الأنواع الثلاثة للعضلات

تتكوّن العضلة من مجموعة من الألياف أو الخلايا العضلية التي ترتبط معًا. وعندما تُستخدم كلمة عضلة، فإنَّ ما يطرأ على ذهن العديد من الأشخاص هو العضلة الهيكلية. تفحّص **الشكل 10** لتعرف أنه يوجد ثلاثة أنواع من العضلات: العضلة الملساء والعضلة القلبية والعضلة الهيكلية. وتُصنَّف العضلات وفقًا لتركيبها ووظيفتها.

العضلة الملساء إنّ العديد من الأعضاء الداخلية المجوفة مثل المعدة والأمعاء والمثانة والرحم مبطّن **بالعضلات الملساء**. وتُعرف العضلة الملساء بأنها **عضلة لا إرادية** إذ لا يمكن التحكم بها بشكل واعٍ. فعلى سبيل المثال، ينتقل الطعام عبر القناة الهضمية بسبب حركة العضلات الملساء التي تُبطّن المريء والمعدة والأمعاء الدقيقة والغليظة. وعند فحصها بالمجهر، لا تظهر العضلة الملساء مخططة، ويكون لكل خلية نواة واحدة.

العضلة القلبية تسمى العضلة اللاإرادية الموجودة في القلب فقط **عضلة قلبية**. وتترتب خلايا العضلة القلبية على شكل شبكة، تسمح لعضلة القلب بالانقباض بشكل فعال ومنتظم، فيمنح ذلك الترتيب قوةً للقلب. وتكون العضلة القلبية مخططة بحزم فاتحة وداكنة من الخلايا متعددة الأنوية. تجدر الإشارة إلى أنّه في العادة يكون للخلايا نواة واحدة وترتبط ببعضها عن طريق وصلات فجوية.

الشكل 10 عند تكبير العضلة، يمكن رؤية الاختلافات في شكلها ومظهرها. فتظهر ألياف العضلة الملساء مغزلية الشكل؛ والعضلة القلبية مخططة وكذلك العضلة الهيكلية مخططة أيضًا.
اشرح آلية تصنيف العضلات ومظهرها.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

العضلة الهيكلية إنّ معظم العضلات الموجودة في الجسم **عضلات هيكلية** وهي عضلات تتصل بالعظام عن طريق الأوتار وعندما تنقبض، تتسبب في حدوث حركة. إضافةً إلى أنّ العضلات الهيكلية **عضلات إرادية** نتحكم بها بشكل واعٍ لتحريك العظام. تربط **الأوتار**، وهي أشرطة متينة من النسيج الضام، العضلات بالعظام. وعند فحصها بالمجهر، تبدو العضلات الهيكلية مخططة أيضًا.

التأكد من فهم النص **قارن وقابل** بين أنواع العضلات الثلاثة.

انقباض العضلة الهيكلية

إنّ معظم العضلات الهيكلية مرتّبة على شكل أزواج متقابلة أو متخالفة. يبيّن **الشكل 11** العضلات التي تستخدمها لرفع ذراعك والعضلات المقابلة لها التي تستخدمها لخفض ذراعك. الجدير ذكره أنّ العضلة الهيكلية مرتّبة على شكل ألياف وهي خلايا عضلية ملتحمة مع بعضها. تتكوّن الألياف العضلية من العديد من الوحدات وهيالصغيرة التي تُسمى **لييفات عضلية**. وتتكوّن اللييفات العضلية من وحدات أصغر وهي **الميوسين** و**الأكتين**، وهي خيوط بروتينية. تترتب اللييفات العضلية في أجزاء تُعرف باسم **القطعة العضلية** وهي الوحدة الوظيفية في العضلة والجزء الذي ينقبض منها، كما هو مبيّن في **الشكل 12**. يظهر التخطيط في العضلات الهيكلية بسبب القطع العضلية، التي تمتد من الخط Z إلى خط Z آخر. وخط Z هو المكان الذي ترتبط فيه خيوط الأكتين داخل اللييف العضلي. ينتج عن تداخل خيوط الأكتين وخيوط الميوسين حزمة داكنة تسمى الحزمة A. ويتكوّن خط M من خيوط الميوسين فقط. تجدر الإشارة إلى أنّ الطريقة التي تترتب بها مكونات القطعة العضلية هي التي تؤدي إلى انقباض العضلة ثم انبساطها.

نظرية الخيوط المنزلقة إنّ نظرية الخيوط المنزلقة موضّحة في **الشكل 12**. وتنص هذه النظرية على أنه بمجرد أن تصل إشارة عصبية إلى العضلة، تنزلق خيوط الأكتين بعضها باتجاه بعض، مما يتسبب في انقباض العضلة. لاحظ أنّ خيوط الميوسين لا تتحرك. يساهم العديد من العضلات الهيكلية في الحركة البسيطة.

الربط بالكيمياء عندما يصل السيال العصبي إلى العضلة، يُطلق الكالسيوم في اللييفات العضلية مما يتسبب في ارتباط خيوط الميوسين والأكتين ببعضها. وتُسحب خيوط الأكتين باتجاه مركز القطعة العضلية، فيؤدي ذلك إلى انقباض العضلة. يُعد أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ضروريًا لهذه الخطوة من انقباض العضلة. وأثناء انبساط العضلة، تعود الخيوط إلى مواقعها الأصلية.

■ **الشكل 11** تترتب العضلات الهيكلية على شكل أزواج متخالفة.

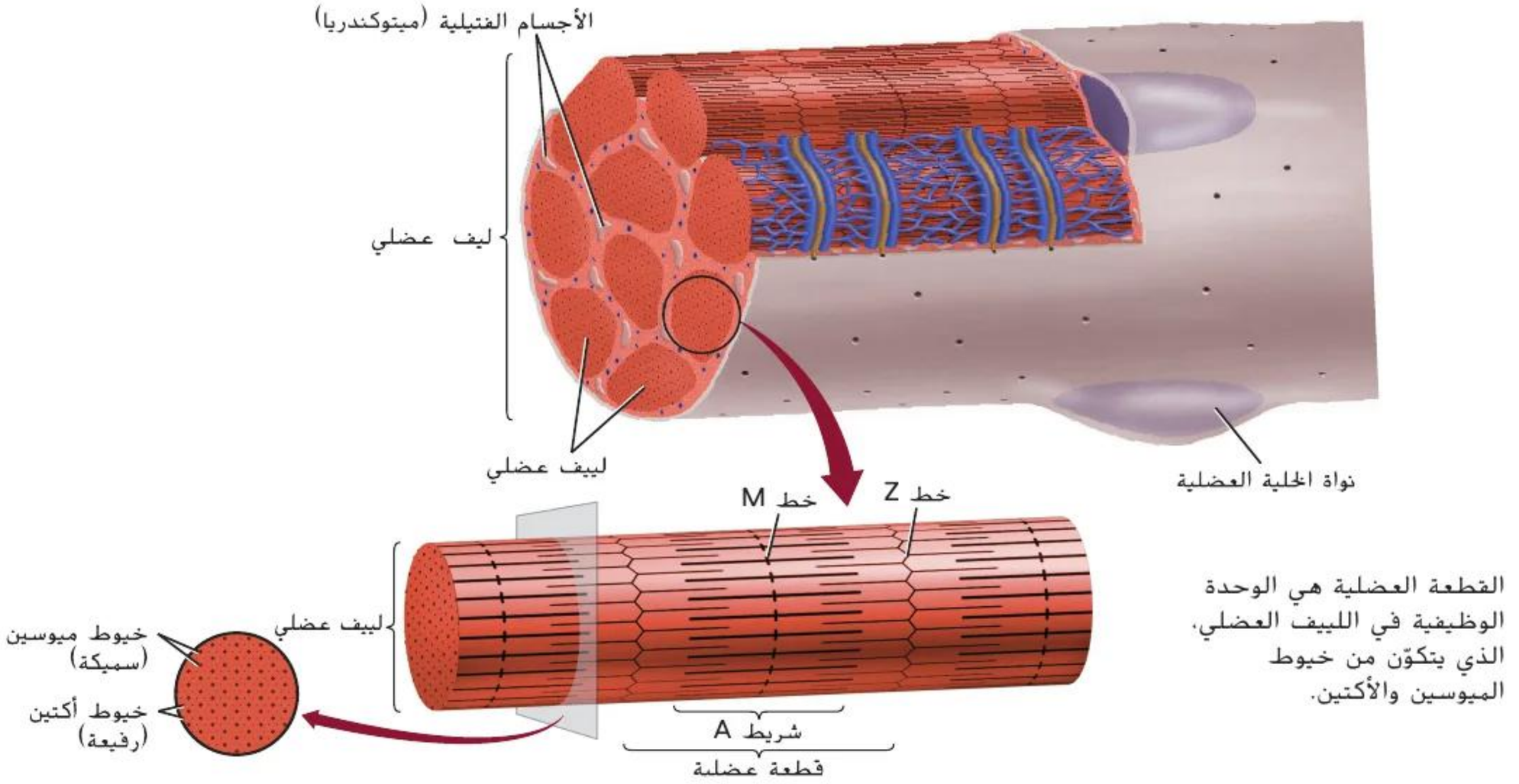
عندما تنقبض العضلة ثلاثية الرؤوس الموجودة في الجزء الخلفي من أعلى الذراع، يتحرّك أسفل الذراع إلى الأسفل.

عندما تنقبض عضلة الذراع ذات الرأسين، يتحرّك أسفل الذراع إلى الأعلى.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوّر انقباض العضلة

الشكل 12
يتكوّن الليف العضلي من ليفات عضليّة. تكوّن خيوط بروتين الأكتين والميوسين الليفات العضلية.

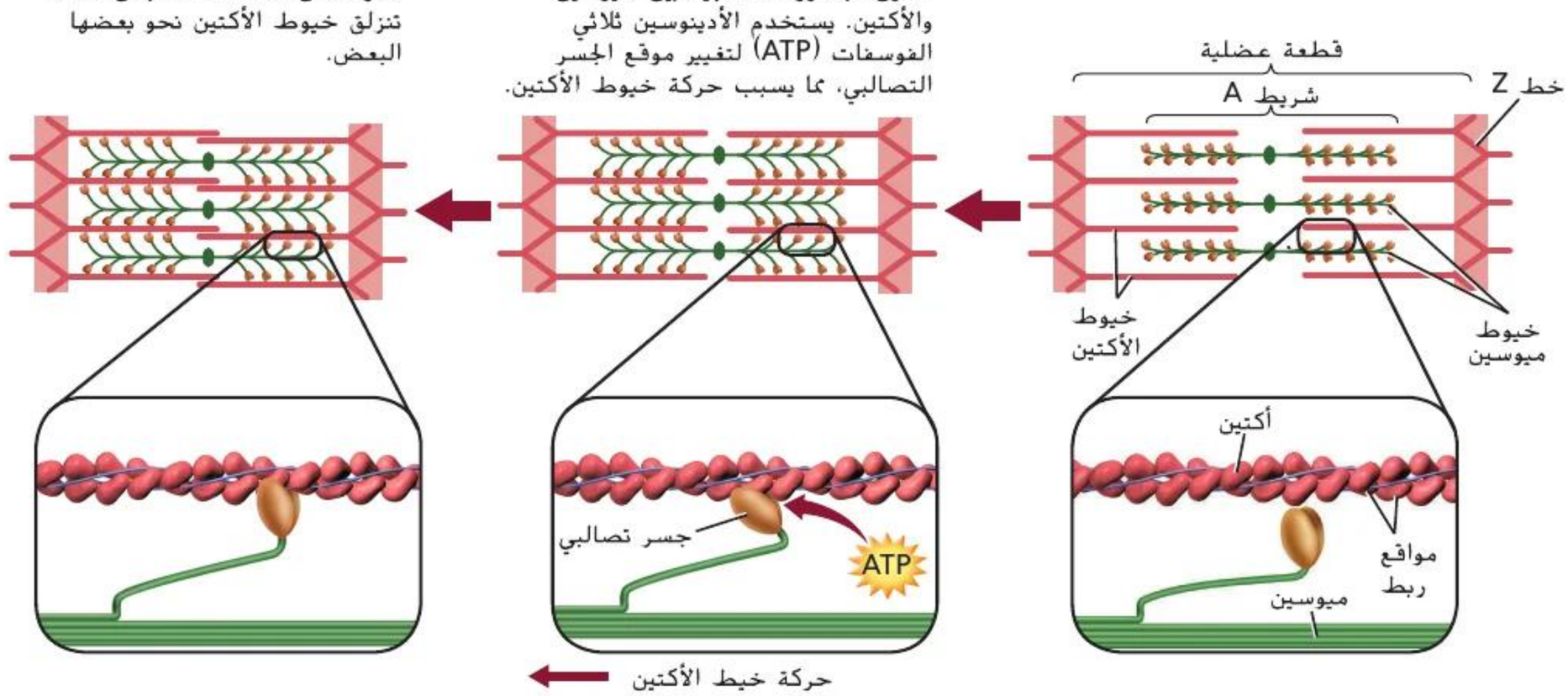


القطعة العضلية هي الوحدة الوظيفية في الليف العضلي، الذي يتكوّن من خيوط الميوسين والأكتين.

منبسطة

أثناء الانقباض استجابةً لإشارة عصبية، تتكوّن الجسور التصالبية بين الميوسين والأكتين. يستخدم الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) لتغيير موقع الجسر التصالبي، مما يسبب حركة خيوط الأكتين.

تامة الانقباض توضّح نظرية الخيوط المنزلقة أنّ العضلات تنقبض عندما تنزلق خيوط الأكتين نحو بعضها البعض.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 13** في لحظة عبور خط النهاية، تُبذل كمية كبيرة من الطاقة.
اشرح السبب في أهمية التنفس العادي بعد تمرين مكثف.

الطاقة اللازمة لانقباض العضلة تقوم الخلايا العضلية كلها بعملية الأيض هوائيًا ولاهوائيًا. وعندما تتوفر كمية كافية من الأكسجين، تحدث عملية التنفس الخلوي الهوائي في الخلايا العضلية.

تذكر أنّ عملية التنفس الخلوي توفر أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) للحصول على الطاقة. وبعد فترة من التمارين المكثفة، قد لا تحصل العضلات على ما يكفيّها من الأكسجين للحفاظ على التنفس الخلوي، مما يحد من كمية أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) المتوفرة. عندئذ يجب أن تعتمد العضلات، مثل عضلات الرياضي الموجودة في **الشكل 13**، على عملية تخمّر حمض اللاكتيك اللاهوائية للحصول على الطاقة.

أثناء التمرين، يتراكم حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية، مما يتسبب في الشعور بالإرهاق. ويدخل حمض اللاكتيك الزائد في مجرى الدم ويحفز ذلك على التنفس السريع. بعد الاستراحة لفترة قصيرة، يعاد تخزين كميات كافية من الأكسجين ويتحلل حمض اللاكتيك.

ربما رأيت حيوانًا ميتًا على جانب الطريق. عندما يموت حيوان ما، تبدأ حالة التيبّس الرمي وفيها تنقبض العضلات لفترة طويلة. يتطلب ضخ الكالسيوم إلى خارج الليفات العضلية وجود أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، وهو ما يؤدي إلى انبساط العضلات. أما في التيبس الرمي، فلا يستطيع الحيوان الميت إنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، لذلك يبقى الكالسيوم في الليفات العضلية وتظل العضلات منقبضة. وبعد 24 ساعة، تبدأ الخلايا والأنسجة بالتحلل ولا يمكن للألياف العضلية أن تبقى منقبضة.

قوة العضلة الهيكلية

لا يستطيع العديد من الأشخاص تكوين البنيان الجسماني الذي يتميز به أبطال كمال الأجسام، بغض النظر عن عدد المرات التي يتدربون فيها في حجرة رفع الأثقال. وقد يكون الشخص أسرع عداء في الفريق، لكنه يشعر بالإرهاق بسرعة في سباق المسافات الطويلة. ما السبب المحتمل لأوجه الاختلاف تلك؟ يعود السبب في كلتا الحالتين إلى النسبة بين الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض. إنّ كلّا من الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض موجود في عضلات كل شخص.

مساحة لتحليل البيانات 1

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

فسِّر البيانات

ما العلاقة بين نسبة العضلات بطيئة الانقباض وحركة العضلة؟ يمكن تحديد النسبة بين الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض عن طريق أخذ قطعة صغيرة من العضلة وصبغ الخلايا بصبغة *ATPase*. فتصطبغ الألياف العضلية سريعة الانقباض التي تحتوي على كمية كبيرة من أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) بلون بني داكن.

التفكير الناقد

1. **ضع فرضية** حول سبب احتواء عضلة مثل العضلة النعلية على ألياف عضلية بطيئة الانقباض أكثر من تلك الموجودة في عضلة مثل العضلة الدويرية العينية.
2. **صنِّف** العضلات عن طريق تقديم أمثلة على العضلات التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الألياف العضلية سريعة الانقباض.

البيانات والملاحظات

العضلة	الحركة	النسبة المئوية للعضلات بطيئة الانقباض
العضلة النعلية (الساق)	ترفع القدم	87
العضلة الفخذية ذات الرأسين (الساق)	تثني الساق	67
العضلة الدالية (الكتف)	ترفع الذراع	52
العضلة القصية الترقوية الخشائية (الرقبة)	تحرك الرأس	35
العضلة الدويرية العينية (الوجه)	تغلق الجفون	15

*أخذت البيانات من: Lamb, D.R. 1984. *Physiology of Exercise* New York: Macmillan Co.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

العضلات بطيئة الانقباض تختلف العضلات في سرعة انقباضها. تنقبض العضلات بطيئة الانقباض ببطء أكثر من الألياف العضلية سريعة الانقباض، وتتمتع بقدرة تحمل أكبر من الألياف العضلية سريعة الانقباض. ويحتوي جسم الرياضي المشارك في السباقات الثلاثية الموجود في **الشكل 14** على الكثير من الألياف بطيئة الانتفاض. تناسب تلك الأنواع من الألياف العضلية أنشطةً مثل الجري لمسافات الطويلة أو السباحة لأنها تقاوم الإرهاق أكثر من الألياف العضلية سريعة الانقباض.

تحتوي الألياف العضلية بطيئة الانقباض على العديد من الأجسام الفتيلية (الميتوكندريا) اللازمة للتنفس الخلوي. كما تحتوي على الهيموجلوبين، وهو جزيء التنفس الذي يخزّن الأكسجين ويعمل كمخزن له. ويعطي الهيموجلوبين للعضلات لونًا داكنًا. تزيد ممارسة التمرينات من عدد الأجسام الفتيلية في تلك الألياف، لكن الزيادة الكلية في حجم العضلة تكون بسيطة.

العضلات سريعة الانقباض تُصاب الألياف العضلية سريعة الانقباض بالإرهاق بسهولة لكنها توفّر قوة كبيرة لإتمام الحركات السريعة والقصيرة. وقد تكيّفت الألياف العضلية سريعة الانقباض لإنتاج القوة، لذا فهي تعمل بشكل جيد في التمرينات التي تتطلب دفعات قصيرة من الطاقة مثل العدو أو رفع الأثقال، كما هو مبيّن في **الشكل 14**.

تظهر الألياف سريعة الانقباض بلون أفتح لأنها تفتقر إلى وجود الهيموجلوبين. ونظرًا لكونها تحتوي على عدد أقل من الأجسام الفتيلية، فهي تعتمد على الأيض اللاهوائي الذي يتسبب في تراكم حمض اللاكتيك، مما يؤدي إلى إصابة تلك العضلات بالإرهاق بسهولة. وتزيد ممارسة التمرينات من عدد الليفات العضلية في العضلة، فيزيد من قطر العضلة بأكملها.

تحتوي معظم العضلات الهيكلية على خليط من الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض، وتتحدد النسبة بين هذا الخليط وراثيًا. إذا كانت نسبة الألياف بطيئة الانقباض إلى الألياف سريعة الانقباض مرتفعة للغاية، قد يكون الشخص بطلًا في سباق الضواحي. ويكون لدى الأبطال العدائين نسبة مرتفعة من الألياف العضلية سريعة الانقباض، في حين يكون لدى معظم الأشخاص نسبة متوسطة بين النوعين.

■ **الشكل 14** لدى المشاركين في السباقات الثلاثية نسبة مرتفعة من الألياف العضلية بطيئة الانقباض. بينما لدى رافعي الأثقال نسبة مرتفعة من الألياف العضلية سريعة الانقباض.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- يوجد ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية.
- تترتب العضلات الهيكلية في صورة أزواج متقابلة يعمل بعضها عكس بعض.
- تُبطّن العضلات الملساء العديد من الأعضاء الداخلية.
- إنّ العضلة القلبية موجودة في القلب فقط.
- تقوم خلايا العضلات كلها بعملية الأيض هوائيًا ولاهوائيًا.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **أنشئ** مخططًا يوضّح أوجه الشبه والاختلاف بين أنواع العضلات الثلاثة.
2. **حدّد** أنواع العضلات الإرادية واللاإرادية.
3. **اشرح** سبب حدوث التنفس الهوائي قبل تخمر حمض اللاكتيك في معظم العضلات.
4. **قارن** بين دور الجسم الفتيلي في الألياف العضلية بطيئة الانقباض والألياف العضلية سريعة الانقباض.

التفكير الناقد

5. **استدلّ** إنّ نسبة اللحم الداكن (العضلات) إلى اللحم الفاتح لدى الديوك الرومي البرية أكبر مقارنة بالديوك الرومية التي تُربى في المزارع. لماذا يسمح ذلك للديوك الرومية البرية بالطيران لمسافات أطول من الديوك الرومية الداجنة؟

الكتابة في علم الأحياء

6. اكتب قصة قصيرة تصف تسلسل الأحداث التي تساهم في انقباض العضلة الهيكلية. قم بسرد قصتك من وجهة نظر أيون الكالسيوم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عوامل الوقاية من الشمس (SPFs) ومستحضرات الوقاية من الشمس

عندما تمارس الرياضة في الخارج أو تمضي الوقت مع أصدقائك، تكون الشمس رفيقًا مرحبًا به. فأشعة الشمس الدافئة هي من أكبر مصادر الاستمتاع في فصل الصيف. لكن هل تحمي نفسك على نحو ملائم من آثار الشمس الضارة المحتملة؟ تعرض المتاجر العديد من الرفوف الخاصة بمنتجات الحماية من الشمس، لكن ما مقدار الحماية التي توفرها تلك المنتجات؟

الجلد التالف من المهم أن ندرك أنَّ الجلد المكتسي بالسمرة هو جلد تالف. فخلايا الجلد التي تعرضت لأشعة الشمس فوق البنفسجية (UV) وأصيبت بفعلها تُنتِج صبغة الميلانين لكي تمتص تلك الأشعة. فتسبب صبغة الميلانين هذا "الاسمرار" ويوجد نوعان من الأشعة فوق البنفسجية التي يمكنها الوصول إلى الأرض وهي: الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB) التي تُسبب حروق الشمس، والأشعة فوق البنفسجية الطويلة (UVA) التي تخترق طبقات أعمق من الجلد لا تبلغها الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB) وتسبب أنواعًا أخرى من تلف الجلد مثل التجاعيد والبقع الشمسية. قد يؤدي استخدام أسرّة التسمير أو المصابيح الشمسية إلى ظهور المشكلات نفسها، إذ يصدر كل منهما أشعةً فوق بنفسجية. وحتى إذا لم تصب بحروق الشمس، فقد يؤدي التعرض لكلا نوعي الأشعة فوق البنفسجية إلى ازدياد خطر الإصابة بسرطان الجلد، خاصةً الورم الميلانيني، وهو أكثر أنواع سرطان الجلد خطورةً.

لحماية الجلد من أشعة الشمس، يستطيع الأشخاص استخدام مستحضرات الوقاية من الشمس. وتُميَّز هذه المستحضرات برقم "SPF" الذي يرمز إلى "عامل الوقاية من الشمس"، غير أنَّ هذا العامل لا يقيس سوى مستوى الحماية من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB). والواقع أنَّ بعض مستحضرات الوقاية من الشمس التي يقال إنها "واسعة الطيف" توفر بعض الحماية من الأشعة فوق البنفسجية الطويلة، لكن لم يطور العلماء بعد نظامًا لقياس مدى قدرة مستحضر الوقاية من الشمس على الحماية من الأشعة فوق البنفسجية الطويلة.

فهم عامل الوقاية من الشمس (SPF) قد يكون من الصعب استخدام أفضل منتج، حيث إنَّ أرقام عامل الوقاية من الشمس (SPF) قد تكون مضللة. على سبيل المثال، قد تعتقد أنَّ مستحضر الوقاية من الشمس ذا عامل الوقاية الشمسي 30 يقدّم ضعف مقدار الحماية من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB) مقارنة بمستحضر آخر بعامل وقاية شمسي 15.

لكنّ ذلك ليس حقيقيًا. فمستحضر الوقاية من الشمس ذو عامل الوقاية الشمسي 15 يحمي من 93% من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB). في حين يحمي مستحضر الوقاية من الشمس ذو عامل الوقاية الشمسي 30 من 97% من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة (UVB).

توصي جمعية السرطان الأمريكية بأنه يجب على الأشخاص من كل الأعراق استخدام مستحضر وقاية من الشمس مقاوم للماء على ألّا يقل عامل الوقاية من الشمس عن 15، وذلك أثناء الوجود في الخارج. يجب تغطية الجلد بحوالي أونصة واحدة من مستحضر الوقاية من الشمس قبل الخروج بفترة تتراوح بين 15 و 30 دقيقة، وذلك حتى في الأيام الغائمة. ويجب إعادة وضع مستحضر الوقاية من الشمس على الجلد كل ساعتين. تساهم تلك العادة البسيطة في حماية الجلد من أشعة الشمس بدرجة كبيرة. أمّا الأشخاص الذين يرغبون في الحصول على لون ذهبيّ متوهّج، فيمكنهم استخدام مستحضرات التسمير الذاتي.

الكتابة في علم الأحياء

إعداد قصة فكاهية اكتب قصة فكاهية تشرح تصنيفات عامل الوقاية من الشمس وأهميّة استخدام مستحضرات الوقاية من الشمس لحماية صحة الفرد. أجرِ بحثًا عن خطوات أخرى يستطيع الأشخاص اتخاذها لحماية أنفسهم من الشمس، مع تضمين تلك الخطوات في القصة الفكاهية. وإذا كان هناك متسع من الوقت، قدِّم قصتك الفكاهية للصفوف الأخرى.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة في الأحياء

الأدلة الجنائية: كيف يمكن أن تساعدك الهياكل العظمية في حل "جريمة"؟

الخلفية: تخيّل أنه يوجد متحف وطني للدجاج المنزلي وقد تعرض للسرقة، وفُقدَت عدة عظام من أول دجاجة أُكِلَت في مدينة دبي؛ ويشتبه في ثلاث قطط. تتمثّل مهمتك في فحص آثار العظام التي وجدت على الطين بالقرب من منزل كل قطة وتحديد ما إذا كانت مصدر تلك العظام دجاجة. سيعطيك المعلم دليلًا بخصوص كل عظمة مجهولة المصدر.

السؤال: هل يمكن لبنية العظمة وشكلها أن يدُلك على الحيوان مصدر العظمة؟

المواد

آثار لثلاث عظام غير معروفة
مجموعة من الأدلة
هياكل عظمية لحيوانات مختلفة
عدسة مكبرة
مسطرة مترية
خيط

احتياطات السلامة

الإجراء

1. ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اجمع المواد التي ستستخدمها لقياس الهياكل العظمية وفحصها. وحدّد أنواع القياسات التي ستجريها.
3. احصل من معلمك على آثار لثلاث عظام ومجموعة من الأدلة. ولا تفتح الأدلة حتى يُطلب منك ذلك.
4. صمِّم جدول بيانات لتسجيل قياساتك.
5. افحص الهياكل العظمية. وقارنها بالآثار.
6. قم بإجراء القياسات وسجِّل البيانات.
7. افتح الأدلة التي أُعطيت إليك وأعد فحص بياناتك وإجاباتك.
8. **التنظيف والتخلص من النفايات** أعد المواد التي يمكن إعادة استخدامها إلى مناطق تخزينها المناسبة.

التحليل والاستنتاج

1. **حلِّل البيانات** بناءً على ملاحظاتك وقياساتك، حدِّد الآثار التي تنتمي إلى دجاجة.
2. **فسِّر البيانات** كيف استخدمت المعلومات المتعلقة بحجم وشكل كل أثر لمساعدتك في تحديد الحيوان الذي ينتمي إليه؟
3. **قيِّم** هل تغيّرت استنتاجاتك بعد أن فتحت الأدلة؟ اشرح تبريرك المنطقي إذا تغيّرت استنتاجاتك.
4. **قارن وقابل** ما أوجه الشبه التي لاحظتها بين كل أثر وعظام هيكل الإنسان؟ وما أوجه الاختلاف التي لاحظتها؟
5. **اربط** ما الهياكل التي يبدو أنها تتشارك في أكبر عدد من الخصائص مع هيكل الإنسان؟
6. **استنتج الخلاصات** أي قطة سرقت عظام الدجاجة؟

شارك بياناتك

إعداد ملصق إنّ علماء الأحافير هم العلماء الذين يدرسون الأحافير. وقد وجدوا من خلال دراساتهم للعظام الأحفورية أدلةً على أنه كان للطيور سلف من الديناصورات. أجرِ بحثًا متعلقًا بالأدلة التي عثروا عليها وأعدّ ملصقًا يُظهر ما تعلمته.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 دليل الدراسة

الموضوع المحوري الاتزان الداخلي تحافظ الوظائف المتخصصة، مثل تنظيم درجة الحرارة وتحويل النخاع العظمي الأصفر إلى نخاع عظمي أحمر عند اللزوم وكذلك تخمّر حمض اللاكتيك، على الاتزان الداخلي في جسم الإنسان.

الفكرة الرئيسة تعمل هذه الأجهزة معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي وذلك من خلال حماية الجسم ودعمه وتحريكه.

القسم 1 الجهاز الغشائي

البشرة	epidermis
الكيراتين	keratin
الميلانين	melanin
الأدمة	dermis
بصيلة الشعر	hair follicle
غدة دهنية	sebaceous gland

الفكرة الرئيسة إنّ الجلد عضو يتكوّن من عدة طبقات يغطي الجسم ويحميه.

- إنّ الجلد هو العضو الرئيس في الجهاز الغشائي.
- يُعدّ الحفاظ على الاتزان الداخلي إحدى وظائف الجهاز الغشائي.
- يتكوّن الجهاز الغشائي من أربعة أنواع من الأنسجة.
- ينمو كل من الشعر وأظافر اليدين والقدمين من الخلايا الغشائية.
- تُصنف الحروق وفقًا لشدة التلف في أنسجة الجلد.

القسم 2 الجهاز الهيكلي

الهيكل المحوري	axial skeleton
الهيكل الطرفي	appendicular skeleton
العظم الكثيف	compact bone
الخلية العظمية	osteocyte
العظمة الإسفنجية	spongy bone
النخاع العظمي الأحمر	red bone marrow
النخاع العظمي الأصفر	yellow bone marrow
بانية العظم	osteoblast
التعظم	ossification
هادمة العظم	osteoclast
الرباط	ligament

الفكرة الرئيسة يوفر الهيكل العظمي إطارًا هيكليًا للجسم ويحمي الأعضاء الداخلية مثل القلب والرئتين والدماغ.

- يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من قسمين.
- يتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة.
- يُعاد بناء العظام بشكل مستمر.
- تعمل العظام بالتناسق مع العضلات.
- يتمتع الهيكل العظمي بعدة وظائف مهمة.

القسم 3 الجهاز العضلي

العضلة الملساء	smooth muscle
العضلة اللا إرادية	involuntary muscle
العضلة القلبية	cardiac muscle
العضلة الهيكلية	skeletal muscle
العضلة الإرادية	voluntary muscle
الوتر	tendon
لييف عضلي	myofibril
الميوسين	myosin
الأكتين	actin
القطعة العضلية	sarcomere

الفكرة الرئيسة تختلف الأنواع الثلاثة الأساسية من النسيج العضلي في التركيب والوظيفة.

- يوجد ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية.
- تترتب العضلات الهيكلية على شكل أزواج متقابلة يعمل بعضها عكس بعض.
- تُبطّن العضلات الملساء العديد من الأعضاء الداخلية.
- إنّ العضلة القلبية موجودة في القلب فقط.
- تقوم خلايا العضلات كلها بعملية الأيض هوائيًا ولاهوائيًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 التقويم

القسم 1

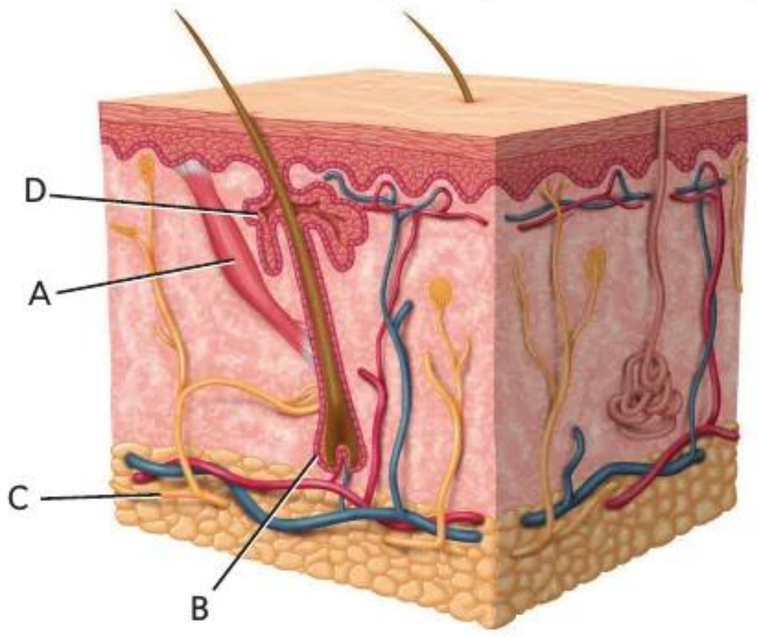
مراجعة المفردات

اشرح أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة.

1. البشرة، الأدمة
2. الميلانين، الكيراتين
3. الغدد الدهنية، بصيلات الشعر

فهم الأفكار الرئيسة

استخدم الرسم التخطيطي التالي للإجابة عن السؤال 4.



4. ما نوع النسيج المسؤول عن الإصابة "بالقشعريرة"؟
   A. A **C.** C
   B. B **D.** D

5. متى تتكوّن الرؤوس السوداء؟
   A. عندما تُصاب الغدد الدهنية بالانسداد
   B. عندما تتجمع الأوساخ في أخاديد البشرة
   C. عندما تنمو بصيلات الشعر إلى الداخل بدلًا من أن تنمو إلى الخارج
   D. عندما يتم إنتاج كمية زائدة من الكيراتين

6. كيف يساعد الجلد على تنظيم درجة حرارة الجسم؟
   A. من خلال زيادة إفراز العرق
   B. من خلال الاحتفاظ بالماء
   C. من خلال إنتاج فيتامين D
   D. من خلال تنظيم المحتوى الدهني في البشرة

7. أي مما يلي غير موجود في الأدمة؟
   A. العضلات
   B. غدد العرق والغدد الدهنية
   C. الخلايا الدهنية
   D. الخلايا العصبية

8. علامَ يمكن الاستدلال عند تعرض البشرة للاسمرار؟
   A. إنّ التعرّض للشمس بغرض اكتساب السمرة ينتج جلدًا يتمتع بصحة أكبر.
   B. قد تدل السمرة على تلف الجلد بسبب الشمس.
   C. يعزز اسمرار الجلد من مرونة الجلد فيجعله مشدودًا.
   D. يمنح اسمرار الجلد مظهرًا شبابيًا.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

9. **التفكير الرئيسة** ما الآثار المحتملة التي قد تطرأ على الجسم في حال لم تكن البشرة موجودة؟

10. ما الآثار المحتملة التي قد تطرأ على الجسم لو لم تكن الأدمة موجودة؟

11. **الموضوع المحوري الاتزان الداخلي** صِف طريقة مساهمة الجهاز الغشائي في عملية الاتزان الداخلي.

التفكير الناقد

12. **اشرح** السبب في كون قص الشعر غير مؤلم.

13. **قوّم** سبب عدم شعور الأفراد المصابين بحروق من الدرجة الثالثة، بالألم في موضع الحرق.

القسم 2

مراجعة المفردات

اشرح أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة.

14. العظمة الإسفنجية، العظم الكثيف

15. الأوتار، الأربطة

16. بانيات العظم، هادمات العظم

فهم الأفكار الرئيسة

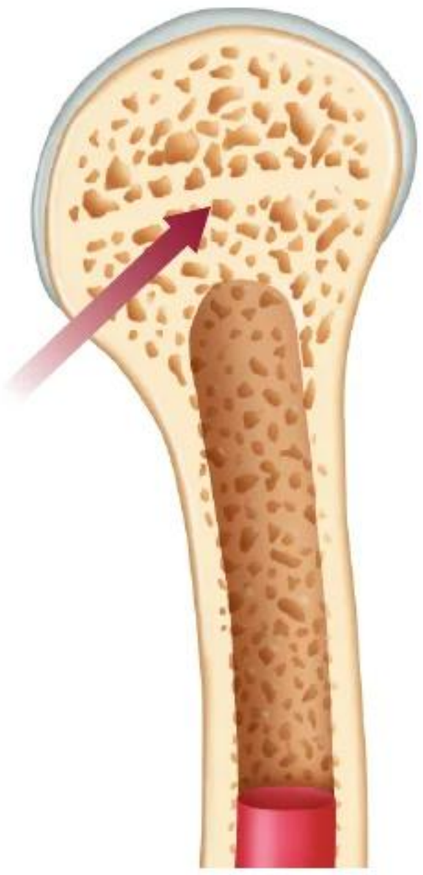
استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 17.

17. أين يحتمل أن تجد نوع المفصل المبيّن أعلاه؟
   A. الورك **C.** المرفق
   B. الفقرات **D.** الجمجمة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

18. أي مما يلي لا يُعدّ من وظائف العظام؟
A. إنتاج فيتامين D
B. الدعم الداخلي
C. حماية الأعضاء الداخلية
D. تخزين الكالسيوم

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤال 19.



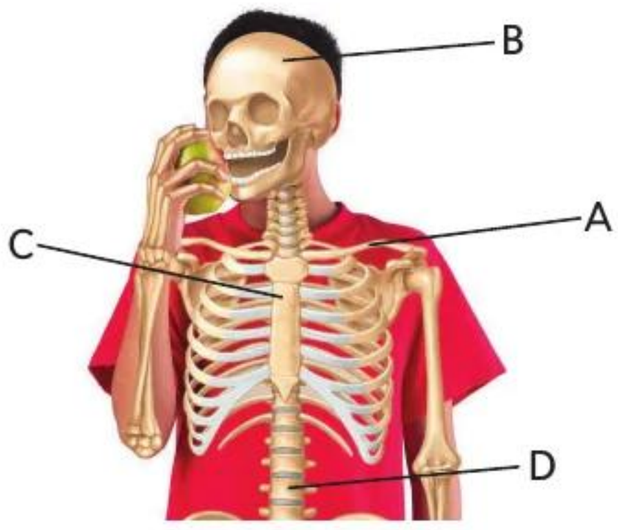
19. أي مما يلي هو سمة جزء العظمة الذي يشير إليه السهم؟
A. لا يحتوي على أي خلايا حية.
B. يحتوي على النخاع العظمي.
C. نوع النسيج الوحيد الموجود في العظام الطويلة.
D. يتكوّن من أنظمة متداخلة من العظمون.

20. أي من أزواج المصطلحات التالية غير متوافق مع بعضه؟
A. القحف، الدرزات (الخيوط الرابطة الدقيقة)
B. الرسغ، المفصل المحوري
C. الكتف، المفصل الكروي الحُقي
D. الركبة، المفصل الرزي

21. ماذا تُسمى الخلايا التي تزيل النسيج العظمي القديم؟
A. بانيات العظم
B. الخلايا العظمية
C. هادمات العظم
D. إنزيمات عظمية

22. أي مما يلي ليس جزءًا من الهيكل المحوري؟
A. الجمجمة
B. الضلوع
C. عظمة الورك
D. العمود الفقاري

23. أي مما يلي جزء من الهيكل الطرفي؟



A. الذراع
B. الجمجمة
C. العمود الفقاري
D. عظام العنق

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

24. الفكرة الرئيسة صِف النتائج المحتملة إذا كان النسيج العظمي للإنسان يتكوّن بأكمله من العظام الإسفنجية ولم تكن العظام الكثيفة موجودة على الإطلاق.

25. صِف النتائج المحتملة إذا كان النسيج العظمي للإنسان يتكوّن بأكمله من العظام الكثيفة ولم تكن العظام الإسفنجية موجودة على الإطلاق.

26. قارن بين وظيفة كل من هادمات العظم وبانيات العظم.

التفكير الناقد

27. **حلِّل** السيناريو التالي. دخل أحد الأشخاص إلى غرفة الطوارئ بسبب إصابة في الكاحل. ما التراكيب التي يجب فحصها في كاحل المريض لتحديد العلاج المناسب؟

28. **ضع فرضية** ما الذي قد يحدث لعظام المرأة إذا لم تضاعف كمية الكالسيوم التي تتناولها أثناء فترة الحمل؟

القسم 3

مراجعة المفردات

اختر من كل مجموعة من المصطلحات أدناه، المصطلح الدخيل، واشرح سبب ذلك.

29. أكتين، ميلانين، ميوسين

30. عضلة قلبية، عضلة ملساء، عضلة سريعة الانقباض

31. قطعة عضلية، ليف عضلي، هيموجلوبين

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

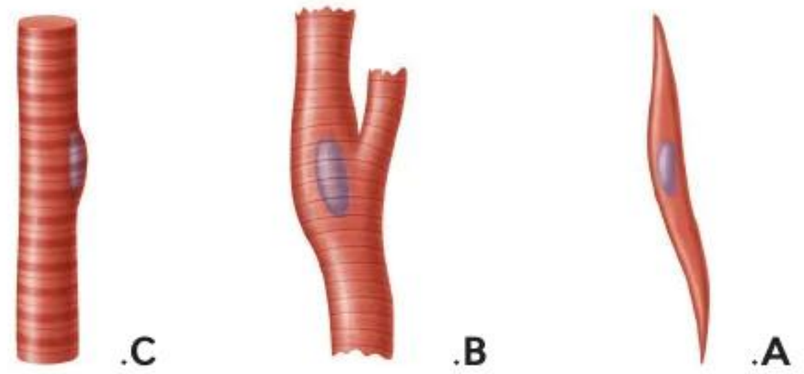
الوحدة 4 التقويم

فهم الأفكار الرئيسة

32. أي مما يلي يتطلب وجود أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)؟

A. انقباض العضلات
B. انبساط العضلات
C. انقباض العضلات وانبساطها
D. لا انقباض العضلات ولا انبساطها

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤال 33.



33. أي من العضلات المبيّنة أعلاه تُصنف من العضلات الإرادية؟

A. نوع العضلة المبيّن في الرسم A
B. نوع العضلة المبيّن في الرسم B
C. نوع العضلة المبيّن في الرسم C
D. كل العضلات

34. أي من التالي هو سمة من سمات الألياف العضلية السريعة الانقباض؟

A. تحتوي على كمية هيموجلوبين أكبر مما تحتوي الألياف العضلية بطيئة الانقباض.
B. تقاوم الإرهاق.
C. تحتوي على عدد من الأجسام الفتيلية أقل مما تحتوي الألياف العضلية بطيئة الانقباض.
D. تتطلب وجود كميات كبيرة من الأكسجين كي تعمل.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

35. الفكرة الرئيسة قارن وقابل بين تركيب كل من العضلة الهيكلية والعضلة الملساء والعضلة القلبية.

36. استنادًا إلى تركيب الألياف العضلية، اشرح السبب في أنَّ العضلات الهيكلية تنقبض ولا يزيد طولها.

التفكير الناقد

37. **توقّع** النتائج المحتملة إذا كان للعضلة القلبية والعضلة الملساء تركيب العضلة الهيكلية نفسه.

38. **استدل** على السبب في أهمية ألا تحتوي العضلات على الألياف العضلية بطيئة الانقباض فقط أو الألياف العضلية سريعة الانقباض فقط.

التقويم الختامي

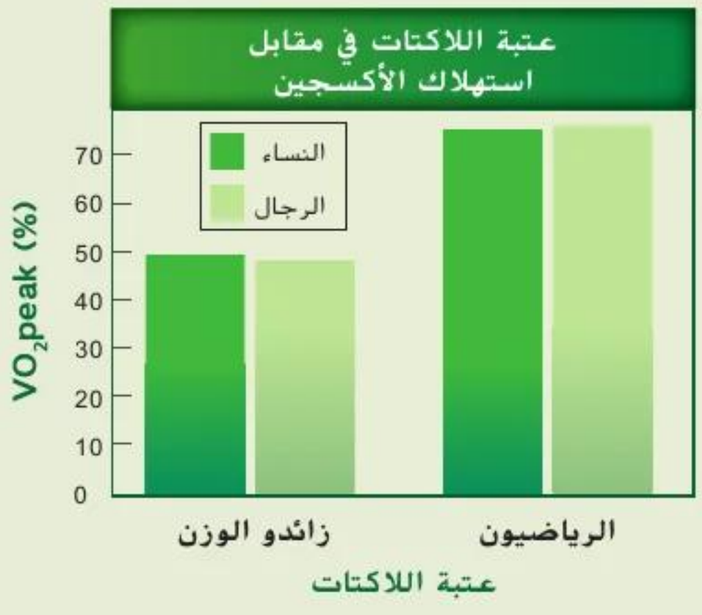
39. الفكرة الرئيسة اشرح كيف أنَّ عدم وجود الجهاز الغشائي سيؤدي إلى اختلال الاتزان الداخلي في الجسم.

40. الكتابة في علم الأحياء تخيل أنك كاتب في مجلة تُعنى بالصحة واللياقة البدنية. اكتب مقالًا قصيرًا عن ضرورة وجود الكالسيوم كي يعمل كل من الجهاز الهيكلي والجهاز العضلي بصورة سليمة.

أحم أسئلة حول مستند

يحرق الرياضيون الدهون بأقصى معدل عند ممارسة التمرينات المكثفة، ليصلوا إلى عتبة حمض اللاكتيك وهي الدرجة التي يزيد عندها حمض اللاكتيك ويبدأ في التراكم في العضلات. بالإضافة إلى ذلك، إنّ الرياضيين الذين يستهلكون أكبر قدر من الأكسجين [VO_{2peak}] أثناء ممارسة التمرينات المكثفة يحرقون أكبر قدر من الدهون. لقد قارن الباحثون بين عتبة حمض اللاكتيك واستهلاك الأكسجين لدى الأفراد الذين يعانون من السمنة ولا يتدربون والرياضيين كثيري التدريب.

أخذت البيانات من: Bircher, S. and Knechtle, B. 2004. Relationship between fat oxidation and lactate threshold in athletes and obese women and men. Journal of Sports Science and Medicine 3:174–181.



41. ما نسبة الحد الأقصى من استهلاك الأكسجين VO_{2peak} التي حدثت عندها عتبة حمض اللاكتيك لدى الأفراد المصابين بالسمنة؟

42. كيف يمكن لشخص مصاب بالسمنة لا يمارس التمارين أن يزيد من قيمة VO_{2peak} ومن ثَمَّ زيادة عتبة حمض اللاكتيك؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

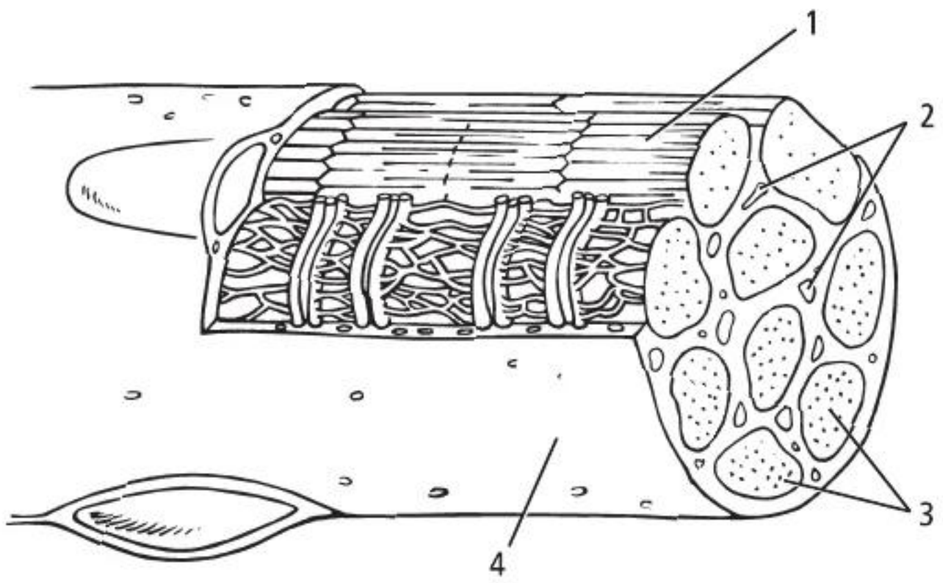
تدريب على الاختبار المعياري

تراكمي

الاختيار من متعدد يحاكي ال PISA

1. أي مما يلي يصف الجهاز الدوري لدى معظم الزواحف؟
   A. دورتان دمويتان، قلب مكوّن من أربع حجرات
   B. دورتان دمويتان، قلب مكوّن من ثلاث حجرات
   C. دورة دموية واحدة، قلب مكوّن من ثلاث حجرات
   D. دورة دموية واحدة، قلب مكوّن من حجرتين

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 2.



2. أي من أجزاء العضلة يُستخدَم في التنفس الخلوي؟
   A. 1
   B. 2
   C. 3
   D. 4

3. ما السمة التي تميّز الخفاش عن غيره من الثدييات؟
   A. حاسة البصر
   B. الريش
   C. الطيران
   D. الأسنان

4. ما السلوك المُكتسب الذي لا يتبناه الحيوان إلا في مرحلة مهمة معينة من حياته؟
   A. التكيّف الكلاسيكي
   B. نمط الفعل الثابت
   C. التعوّد
   D. التعلّم بالطبع

استخدم شكل المفصل المُبيّن أدناه للإجابة عن السؤال 5.

5. أين يوجد نوع المفصل المُبين في الشكل أعلاه؟
   A. المرفق والركبة
   B. أصابع اليدين والقدمين
   C. الورك والكتف
   D. الرسغ والكاحل

6. أي مما يلي من خصائص دماغ الطيور؟
   A. للطيور نخاع كبير الحجم يساعدها في الرؤية.
   B. للطيور مخيخ كبير الحجم للتحكم بالتنفس والهضم.
   C. للطيور مخ كبير الحجم لتنسيق الحركة والتوازن.
   D. للطيور قشرة دماغية كبيرة للتحكم بالطيران.

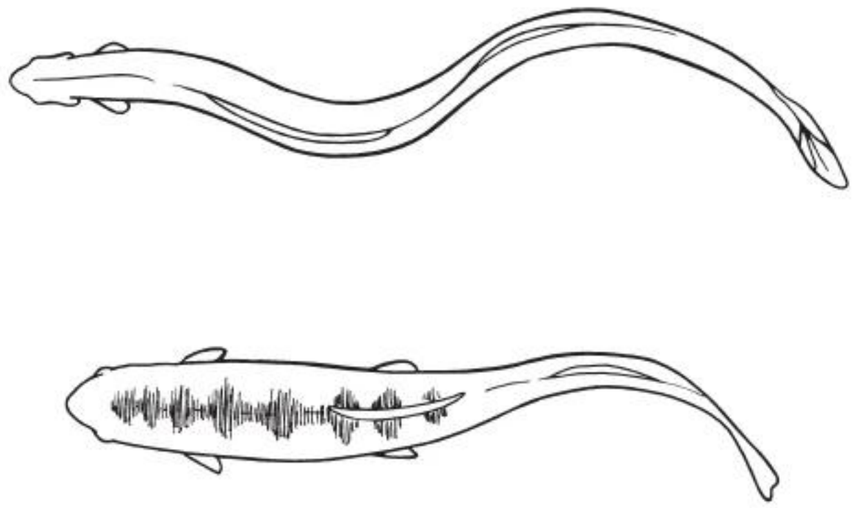
7. ما نوع العظام التي تُصنّف على أنها غير منتظمة؟
   A. عظام الساق
   B. الجمجمة
   C. الفقرات
   D. عظام الرسغ

8. ما وسيلة التكيّف التي تمنع الأسماك من الانقلاب على جانبها في الماء؟
   A. القشور المشطية
   B. الزعانف المزدوجة
   C. القشور اللوحية
   D. مثانة السباحة

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة تحاكي PISA

استخدم الرسم التخطيطي التالي للإجابة عن السؤالين 9 و 10.



9. صِف الاختلاف بين الطريقة التي تسبح بها سمكة نمط سباحتها على شكل حرف S وسمكة لا تحرك سوى ذيلها.

10. حدد المكان الذي تسبح فيه على الأغلب سمكة نمط سباحتها على شكل حرف S.

11. اربط الأحداث الأساسية في دورة حياة فراشة بالأحداث الأساسية في دورة حياة جرادة.

12. إنّ صوت قرود العواء أعلى الأصوات بين كل الحيوانات الموجودة على اليابسة، إذ يُسمع صوتها على بعد عدة كيلومترات في الغابة. وتستخدم هذه الحيوانات صوتها لتحديد منطقة النفوذ الخاصة بها. قوّم هذا النوع من أنواع السلوك.

13. صِف طريقة تطوّر الغضروف الجنيني ليكوّن العظام.

14. يمسك أحد قرود الشمبانزي بورقة حشائش ويضعها في حفرة من حفر النمل، وعندما يسحبها يكون على الورقة بعض النمل، فيأكله الشمبانزي. يكرّر الشمبانزي ذلك لأنها وسيلة سهلة للحصول على النمل. قوّم هذا النشاط من حيث ارتباطه بسلوكيات الحيوانات.

15. صِف نوعين من أنواع الأمراض التي تصيب المفاصل.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة تحاكي PISA

استخدم الرسم التخطيطي التالي للإجابة عن السؤالين 16 و 17.

نسر

حمامة

16. قيّم ما يكشفه موقع العينين لدى هذين الطائرين عن سلوك كل منهما.

17. اشرح كيف يعطي منقار كل طائر منهما دليلًا على ما يأكله.

سؤال مقالي تحاكي PISA

إنّ طائر الكركي من الأنواع المعرضة لخطر الانقراض. وأحد أسباب ذلك هو أنَّ هذا النوع تفقس أفراخه في مناطق الأعشاش ثم يهاجر جنوبًا ليقضي فصل الشتاء. ويمكن للبشر تربية أفراخه. أما تعليمها الهجرة، فتلك مشكلة مختلفة. وقد حلّت مؤسسة Operation Migration هذه المشكلة في العام 2001، إذ استخدمت طائرة فائقة الخفة لتوجه أفراخ طائر الكركي التي تمت تربيتها على يد الإنسان أثناء اجتيازها مسافة 2000 km في هجرتها من ويسكونسن إلى فلوريدا. وقد تبعت الأفراخ هذه الطائرة التي استعانت بنداءات مسجلة كي تعلّم الأفراخ طريق الهجرة.

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال التالي في صورة مقال.

18. لقد اتضح أنَّ سلوك الهجرة سلوك فطري. قيّم أهمية الاستعانة بالطائرات فائقة الخفة لتوجيه الطيور حتى تتعلم طريق الهجرة.

شکر و تقدیر

نسخة الطلاب

viii (t-b)Alton Biggs, (2)Whitney Hagins, (3)William G. Holliday, (4)Dr. Chris Kapicka, (5)Linda Lundgren; ix (t-b)Ann Haley MacKenzie, (2)Dr. William Rogers, (3)Dr. Marion Sewer, (4)Dinah Zike; 002-003 (bkgd)Jim West/Alamy Stock Photo; 003 (t)BSIP/Science Source, (b) David M. Phillips/Science Source; 006 (l)Medical Body Scans/Science Source, (r)Sigrid Gombert/Getty Images; 007 (tl)Evelyn Jo Hebert/McGraw Hill, (tr) Peter Bowater/Science Source, (c)W. Cody/Corbis, (b)Charles D. Winters/ Science Source; 011 (t)ephotocorp/ Alamy, (b)Clouds Hill Imaging Ltd./ Science Source; 012 (l)Charles D.Winters/ Photo Researchers, (r)Julian Calder/ Corbis; 013 Dziurek/Shutterstock.com; 014 (t)GongTo/Shutterstock.com, (b) Matt Meadows; 017 Source: NPS Photo by Rosalie LaRue; 018 Ron and Patty Thomas Photography/E+/Getty Images; 019 (t)Ken Karp/McGraw-Hill Education, (bl)Eugene_Sim/Getty Images, (br) Matt Meadows; 022 Seth Lazar/Alamy; 023 (t)Charles D. Winters/Science Source, (c)John Foxx/Getty Images, (b)Digital Art/Corbis; 024 (l)Scimat/ Science Source, (r)Corbis/Glowimages; 028 Tony Freeman/PhotoEdit; 029 (t) Ryan McVay/Getty Images, (c)Chad Baker/Getty Images, (bl)Ryan McVay/ Getty Images, (br)Horizons; 031 Steve Allen/Getty Images; 032 Ryouchin/Getty Images; 036-037 (bkgd)Stockbyte/Getty Images; 038 (bl)SPL/Photo Researchers, (br)©Lawrence Berkeley Lab/Science Sources; 039 (t)Lester V. Bergman/Corbis, (b)©Heritage Images/CORBIS; 041 (t) Driscoll, Youngquist & Baldeschwieler, California Institute of Technology/Science Source, (bl)Biophoto Associates/Science Source, (br)Lester V. Bergman/Corbis; 043 Jill Barton/AP Images; 049 Dr. Gopal Murti/Science Source; 050 MedImage/ Science Source; 051 (t)Credit: Biophoto Associates/Science Source, (b)Biophoto Associates/Science Source; 052 (t)EM Research Services/Newcastle University, (b)Biophoto Associates/Science Source; 053 (t)Thomas Deerinck, NCMIR/Science Source, (b)Biophoto Associates/Science Source; 054 (t)Marilyn Schaller/Science Source, (bl)Dr. Linda Stannard-Uct/ Science Source, (br)David M. Phillips/ Science Source; 060 (tl)Pan Xunbin/ Shutterstock.com, (tr)David M. Phillips/ Science Source, (bl)Michael Abbey/ Photo Researchers, (br)David M. Phillips/ Science Source; 061 (l)Ed Reschke/ Stone/Getty Images, (r)David M. Philips/ Science Source; 064 Christian Darkin/ Science Source; 065 (t)Ryan McVay/ Getty Images, (c)Chad Baker/Getty Images, (b)Ryan McVay/Getty Images; 067 Lester V. Bergman/Corbis; 069 M. I. Spike Walker/Science Source; 072-073 (bkgd)Lowell Georgia/Corbis; 073 (t) Steven P. Lynch, (b)Biophoto Associates/ Science Source; 075 (l-r, t-b)M. I. Spike Walker/Science Source, (2)Steven P. Lynch, (3)Biophoto Associates/Science Source, (4)Jupiterimages/Photos.com/ Getty Images, (5)Biophoto Associates/ Science Source, (6)Heritage Image Partnership Ltd/Alamy; 077 (t)Steven P. Lynch, (c)Sidney Moulds/Science Source, (b)M.I. Walker/Photo Researchers; 078 (t)Steven P. Lynch, (bl)Dr. Jeremy Burgess/Science Source, (br)Stefan Diller/Photo Researchers; 079 Steve Gschmeissner/Science Source; 081 Dr. Jeremy Burgess/Photo Researchers; 082 (l)M. I. Spike Walker/Science Source, (r) Dr. Keith Wheeler/Science Source; 083 (tl)Jerome Wexler/Photo Researchers, Inc., (tc)Evelyn Jo Johnson/McGraw Hill, (tr)Antonia Reeve/Science Source, (bl) Beatrice Neff/Science Source, (br)Geoff Tompkinson/Photo Researchers; 084 (tl) Al Telser/McGraw-Hill Education, (tr) Steven P. Lynch, (b)Charles Mistral/ Alamy; 085 (tl)INSADCO Photography/ Alamy, (tc)Science Pictures Limited/ Science Source, (tr)Madlen/Shutterstock, (bl)Matt Meadows, (br)Matt Meadows; 088 (l)The Picture Store/SPL/Photo Researchers, (r)Gam1983/Shutterstock.com; 089 (l)Marvin Dembinsky Photo Associates/Alamy, (r)iStockphoto/ Norman Chan; 091 (t)McGraw-Hill Education, (c)McGraw-Hill Education, (b) McGraw-Hill Education; 093 (t)Maryann Frazier/Science Source, (c)Steven P. Lynch, (b)Biosphoto/SuperStock; 094 (l)Science Source, (r)Stocktrek/Age Fotostock; 095 (t)Ryan McVay/Getty Images, (c)Chad Baker/Getty Images, (b)Ryan McVay/Getty Images; 097 (tl) Steven P. Lynch, (tr)Steven P. Lynch, (bl) Stefan Diller/Photo Researchers, (br) Dr. Jeremy Burgess/Photo Researchers; 098 (tcr)Steven P. Lynch, (tr)M. I. Spike Walker/Science Source, (cl)McGraw-Hill Education, (l)McGraw-Hill Education, (cr) Al Telser/McGraw-Hill Education, (r)Dr. Keith Wheeler/Science Source; 102-103 (bkgd)Vitalii Nesterchuk/Shutterstock.com; 103 (t)Dennis Strete/McGraw Hill, (b)Anatomical Travelogue/Science Source; 105 Andrew Syred/Science Source; 106 fotographixx/Getty Images; 108 Source: National Cancer Institute; 109 Digital Light Source, Richard Hutchings/McGraw-Hill Education; 110 Prof. P. Motta/Department of Anatomy/ University, «La Sapienza», Rome/ Science Source; 113 Image Source/ Getty Images; 118 Nicholas Piccillo/ Shutterstock; 119 (t)Roberto Caucino/ Shutterstock.com, (b)Erik Isakson/ Blend Images; 121 (t)Ryan McVay/Getty Images, (c)Chad Baker/Getty Images, (r) Johner Images/Getty Images, (b)Ryan McVay/Getty Images; 124 Digital Light Source, Richard Hutchings/McGraw-Hill Education; RH00 Unuchko Veronika/ Shutterstock; RH01 (t)Dr. Gary Gaugler/ Science Source, (c)Eye of Science/ Science Source, (b)Eric Grave/Science Source; RH02 (t)Dee Breger/Science Source, (c)B. Mete Uz/Alamy, (b)Biology Pics/Science Source; RH03 (t)Vaughan Fleming/SPL/Science Source, (c)©Hal Horwitz/Corbis, (b)age fotostock/ SuperStock; RH04 (t)©imagebroker/ Alamy, (c)Lawson Wood/Corbis, (b) age fotostock/SuperStock; RH05 (t) Anna Pomaville/iStock/Getty Images, (b) Kevin Schafer/CORBIS; EM Compliments of the United Arab Emirates Ministry of Education.

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

دلائـــل رمـــوز الغلاف

لون الحلقة الثالثة

مركز اتصال وزارة التربية والتعليم

اقتراح - استفسار - شكوى

80051115

www.moe.gov.ae

Info@moe.gov.ae