الوحدة 10

التجربة الاستهلالية
كيف تتحول الطاقة؟

الوقت المقدَّر 20 min

احتياطات السلامة ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل. اطلب من الطلاب ارتداء نظارات واقية ومعاطف المختبر أثناء التجربة.

استراتيجيات التدريس

- يتوفّر كلوريد الكالسيوم اللامائي $CaCl_2$ في أماكن بيع مستلزمات أحواض السباحة. تأكّد من استخدام الشكل اللامائي فقط. فالشكل المائي لن يعمل.
- عزّز التعريفات والمفاهيم التالية قبل التجربة: الطاقة وأشكال معيّنة من الطاقة وتحولات الطاقة بين أشكالها وحفظ الطاقة.

الإجراء

1. حدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قم بقياس 100 mL من **الماء** باستخدام **المخبار المدرج**؛ واسكبها في **إناء سعته 250 mL**. استخدم **مقياس الحرارة** لتسجيل درجة حرارة الماء.
3. قم بقياس 40 g من **كلوريد الكالسيوم اللامائي** ($CaCl_2$). استخدم **عصا تحريك** لإذابة $CaCl_2$ في الماء. سجِّل درجة حرارة المحلول كل 15 ثانية لمدة 3 دقائق.
4. كرّر الخطوتين 2 و 3 باستخدام 40g من **ملح الإبسوم** بدلًا من $CaCl_2$.
5. مثِّل بياناتك بيانيًا باستخدام لون مختلف لكل عملية.

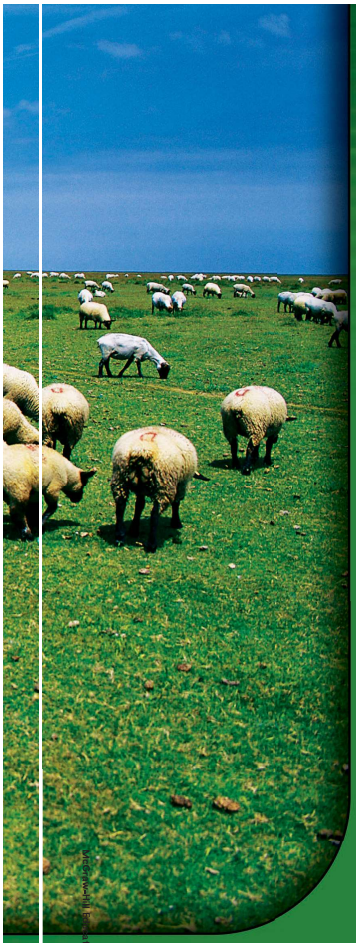
التحليل

1. **صِف** التمثيل البياني لبياناتك. يجب أن توضّح الرسومات البيانية ارتفاع درجة حرارة المحلول بعد إضافة $CaCl_2$، وانخفاض درجة حرارة المحلول الذي يحتوي على ملح الإبسوم مع مرور الوقت.
2. **توقّع** تحولات الطاقة التي حدثت في العمليتين. حدث تحول للطاقة بعد إضافة محلول الكالسيوم اللامائي بسبب انطلاق طاقة حرارية، وبعد إضافة ملح الإبسوم، امتص المحلول طاقةً حراريةً.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 10

الطاقة الخلوية

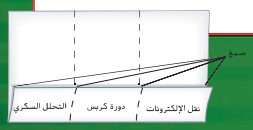


تجربة استهلالية
كيف تتحول الطاقة؟

إنّ تدفق الطاقة في الأنظمة الحية تحرّكه تفاعلات وعمليات كيميائية مختلفة. تتحوّل الطاقة من طاقة الشمس الإشعاعية إلى طاقة كيميائية، ثم إلى أشكال أخرى من الطاقة. ستطّلع في هذه التجربة على اثنتين من عمليات تحوّل الطاقة.

المطويات

قم بإعداد مطوية ثلاثية الجيوب لتنظيم ملاحظاتك حول مراحل التنفس الخلوي.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 272 1/11/2017 2:59:50 PM

الموضوع المحوري الطاقة

الشمس هي مصدر كل الطاقة على سطح الأرض تقريبًا.

الفكرة الرئيسة تحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية. في حين تُستخدم الطاقة الكيميائية للقيام بالوظائف الحيوية في عملية التنفس الخلوي.

القسم 1 • كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة

القسم 2 • البناء الضوئي

القسم 3 • التنفس الخلوي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تقديم الوحدة

انتقال الطاقة

اسأل الطلاب: ما الذي يخطر في بالك عند سماع كلمة طاقة؟ قد تتضمن الإجابات الطاقة الكهربائية أو القوة البدنية والقدرة على التحمل. وضِّح أنّ الطاقة موجودة في أشكال متعددة ويمكن أن تتحول من شكل إلى آخر. اطلب من الطلاب تسمية أشكال الطاقة واكتبها على السبورة. **اذكر بعض أمثلة تحوُّل الطاقة.** يمكن أن تتضمن الإجابات تشغيل جهاز راديو يعمل بالبطارية أو حرق الخشب. **ما أهمية الطاقة بالنسبة إلى الحياة؟** ستتنوّع الإجابات. لكن ذكِّر الطلاب بالمهام المختلفة التي تؤديها الخلايا (مضاعفة الـ DNA وترجمة البروتينات وبناء الكربوهيدرات).

الفكرة الرئيسة

استكشاف الصورة قبل قراءة النص الموجود في هذا القسم، اطلب من الطلاب معاينة الأشكال.

اسأل الطلاب: في رأيك، ماذا ستتعلم من دراسة هذا القسم؟ طريقة حصول النباتات والحيوانات والكائنات الحية الأخرى على الطاقة واستخدامها **ما مصدر هذه الطاقة؟** الشمس **ما أنواع الطاقة التي توضّحها الأشكال في هذا القسم؟** الطاقة الضوئية والطاقة الكيميائية

الموضوعات

الاستقصاء العلمي إنّ التحقيقات العلمية في طريقها للبحث عن وظائف الجسم الفتيلي الأخرى غير إنتاج الطاقة.

التنوع ثمّة تنوعات في العملية التي تحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

الطاقة تعمل العمليات الخلوية على تكسير الروابط الكيميائية كي تستخدم الطاقة المختزنة فيها.

الاتزان الداخلي يتطلّب العديد من العمليات الخلوية التي تساعد في الحفاظ على الاتزان الداخلي إدخالًا للطاقة.

التغيّر إنّ تغيّر الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية عبر عملية البناء الضوئي يجعل معظم أشكال الحياة ممكنة.

الاهتمام بالبيئة

كلّف الطلاب استخدام قطع قماش نظيفة بدلًا من المناشف الورقية لتنظيف المختبر. أحضر قطع قماش نظيفة في حجم منشفة الوجه مقطوعة من قمصان ومناشف قديمة. يمكن غسل تلك القطع القماشية وإعادة استخدامها. علّق قطعة من الخيط عبر الجزء الخلفي من غرفة الصف حيث يستطيع الطلاب تعليق قطع القماش عليها لتجف.

CH10.indb 273 1/11/2017 2:59:51 PM

القسم 1

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م

تحوُّل الطاقة

اسأل الطلاب: اذكر العمليات التي تؤديها الخلايا وتتطلب طاقةً. كيف تحصل الخلايا على الطاقة اللازمة للقيام بالوظائف اليومية؟ قد يعتقد الطلاب أنّ الشكل الوحيد للطاقة في كل أنواع الخلايا يُستمد من الغذاء. سيتعلم الطلاب أنّ بعض الكائنات الحية تحصل على الطاقة من خلال التغذي على كائنات حية أخرى (هي غذاؤها). في حين تحصل كائنات حية أخرى (النباتات) على الطاقة عن طريق تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

توضيح مفهوم خاطئ

اسأل الطلاب: ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة شغل؟ اطلب من الطلاب ذكر أمثلة. وضِّح أنّ كلمة شغل لها عدة معانٍ. وبما أنّ الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إحداث تغيير، فقد يعتقد الطلاب أنّ "الشغل" ليس سوى عملية فيزيائية تتضمن حركة. اكتب كل أشكال الطاقة على السبورة (ضوئية وكيميائية وحركية وميكانيكية وحرارية وما إلى ذلك) ثم وضِّح أنّ الطاقة يمكن أن تتخذ أشكالًا متعددة. اطلب من الطلاب ذكر أمثلة عن كلّ شكل من أشكال الطاقة.

ق استراتيجية القراءة

التعلّم التعاوني

د م ض م

عصف ذهني اطلب من الطلاب قراءة قائمة المفردات الخاصة بهذا القسم. ثم اطلب منهم العمل في مجموعات صغيرة لإجراء عصف ذهنيّ لإيجاد الأفكار التي تتبادر إلى أذهانهم عندما يرون كل مصطلح. واطلب منهم إنشاء مخطط من ثلاثة أعمدة، وكتابة المفردات في العمود الأيسر وتوضيح ما تعنيه الكلمة في رأيهم بالرسم أو الكتابة في العمود الأوسط ثم كتابة التعريف في العمود الثالث بعد قراءة القسم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما هما قانونا الديناميكية الحرارية؟
- ما الفرق بين مسار البناء ومسار الهدم؟
- ما آلية عمل الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)؟

مفردات للمراجعة

المستوى الغذائي trophic level: كل مرحلة في سلسلة أو شبكة غذائية

مفردات جديدة

energy	الطاقة
thermodynamics	الديناميكية الحرارية
metabolism	الأيض
photosynthesis	البناء الضوئي
cellular respiration	التنفس الخلوي
adenosine triphosphate (ATP)	الأدينوسين ثلاثي الفوسفات

كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة

الفكرة الأساسية **تستخدم جميع الكائنات الحية الطاقة في وظائفها الحيوية.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية يُطلق أحيانًا على مدينة نيويورك اسم "المدينة التي لا تنام". إن الخلايا الحية تشبه المدن الكبيرة الدائمة الحركة من حيث نشاطها المستمر.

تحوّل الطاقة

إنّ العديد من التفاعلات الكيميائية والعمليات داخل الخلايا لا تتوقف حتى في الوقت الذي قد نظن فيه أننا لا نستهلك طاقة؛ فالجزيئات الضخمة تتكوّن وتتحلّل. والمواد تنتقل عبر أغشية الخلايا والمعلومات الوراثية تُنقل. تحتاج كل هذه الأنشطة الخلوية إلى **الطاقة**. وهي القدرة على بذل شغل. يبيّن **الشكل 1** بعض التطوّرات الكبرى في دراسة الطاقة الخلوية. أما **الديناميكية الحرارية**، فهي دراسة تدفق الطاقة وتحوّلها في الكون.

قانونا الديناميكية الحرارية يُطلق على القانون الأول للديناميكية الحرارية اسم قانون حفظ الطاقة، وهو ينصّ على أنه يمكن للطاقة أن تتحول من شكل إلى آخر ولكن لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث. فعلى سبيل المثال، عند تناول الطعام تتحول الطاقة المخزنة فيه إلى طاقة كيميائية، وهي تتحول إلى طاقة ميكانيكية عند الركض أو ركل الكرة مثلًا.

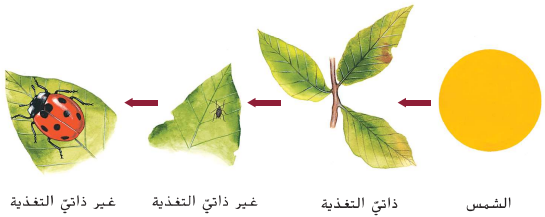
الشكل 1

فهم الطاقة الخلوية

أدت الاكتشافات العملية إلى فهم أعمق لكلّ من عمليتيّ البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 274 1/11/2017 2:59:52 PM

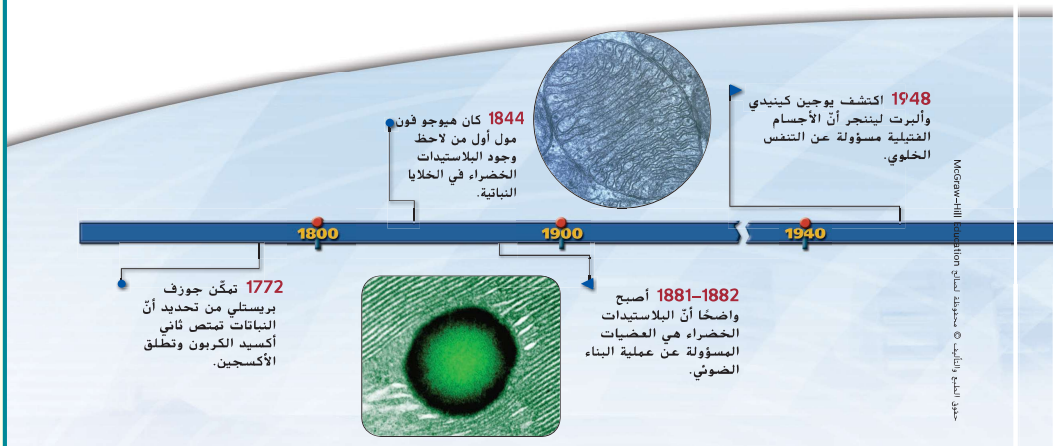


■ **الشكل 2** تُعدّ الشمس المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في الكائنات الحية. وتنتقل الطاقة من الكائنات ذاتية التغذية إلى الكائنات غيرية التغذية.
اربط بين قانونَي الديناميكية الحرارية والكائنات الحية في هذا الشكل.

بنص القانون الثاني للديناميكية الحرارية على أنّ الطاقة لا تتحول دون فقدان بعض من الطاقة المستخدمة. وتتحوّل الطاقة "المفقودة" عادةً إلى طاقة حرارية. يُعدّ الإنتروبي مقياس الخلل أو الطاقة غير المستخدمة في نظام ما. لهذا، يمكن أن نطلق على القانون الثاني للديناميكية الحرارية اسم "زيادة الإنتروبي". ونُعتبر السلسلة الغذائية مثالًا واضحًا على القانون الثاني للديناميكية الحرارية. تذكّر أن مقدار الطاقة المتوافرة والقابلة للاستخدام يتناقص بين مستوى غذائي معيّن والمستوى الذي يليه ضمن سلسلة غذائية.

الكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية تحتاج كل الكائنات الحية إلى الطاقة لتبقى على قيد الحياة. والشمس هي تقريبًا، بشكل مباشر أو غير مباشر، مصدر كل الطاقة في الحياة. تصنع بعض الكائنات الحية غذاءها بنفسها، بينما يحتاج البعض الآخر إلى أن يحصل عليه من كائنات أخرى. فالكائنات ذاتية التغذية هي التي تستطيع صنع غذائها بنفسها. والجدير بالذكر أنّ بعض الكائنات ذاتية التغذية، تستخدم مواد غير عضوية مثل كبريتيد الهيدروجين كمصدر للطاقة وهي تُسمّى الكائنات ذاتية التغذية الكيميائية. إنّ بعض الكائنات ذاتية التغذية مثل النبات في **الشكل 2**، تحوّل الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية. ويُطلق على الكائنات ذاتية التغذية التي تحوّل الطاقة من الشمس اسم الكائنات ذاتية التغذية الضوئية. أما الكائنات غير ذاتية التغذية مثل حشرة المن والدعسوقة في **الشكل 2**، فتحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.

المفردات
أصل الكلمة
ذاتي التغذية autotroph
مشتقة من الكلمة اليونانية *autotrophos*. وتعني صنع الكائن الحي لغذائه بنفسه



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

م تدريب المهارات
ض م **الثقافة المرئية**
اطلب من الطلاب التّنبه إلى مصدر الطاقة الذي يستخدمه كل كائن حي مبيّن في **الشكل 2**.
تواصل مع الطلاب: أنشئ قائمة بخمسة كائنات غير ذاتية التغذية غير موجودة في الشكل 2، ثم ابحث في أنواع الغذاء الذي تتناوله، كائنات ذاتية التغذية أو كائنات أخرى غير ذاتية التغذية أو كلتاهما.

ح تطوير المفاهيم
ض م ف م **الدعم التدريجي**
اسأل الطلاب: ما الطاقة؟ القدرة على بذل شغل **هل يمكن استحداث الطاقة؟** لا. فالطاقة موجودة في أشكال متعددة. **اذكر بعض أشكال الطاقة.** حرارية، ميكانيكية، مرونية، كيميائية، ضوئية **حلّل لماذا تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة.** لتنمو وتتحرّك وتتكاثر وما إلى ذلك. **كيف يحصل الإنسان على الطاقة؟** يحصل الإنسان على الطاقة بتناول الطعام وهضمه.

ك دعم الكتابة
د م ض م ف م **كتابة إبداعية**
اطلب من الطلاب كتابة قصيدة قصيرة لوصف انتقال الطاقة من الكائنات ذاتية التغذية إلى الكائنات غير ذاتية التغذية. شجّع الطلاب على وصف الدور المحوري للشمس كمصدر للطاقة.

■ **سؤال حول الشكل 2** الطاقة لا تستحدث ولا تفنى عن طريق الكائنات الحية الموجودة في السلسلة الغذائية، لكنها تتحوّل إلى أشكال يمكن استخدامها. أثناء تحوُّل الطاقة، يتحوّل بعضها إلى شكل لا يمكن استخدامه – طاقة حرارية – ومن ثم يزداد إنتروبي النظام.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 275 1/11/2017 2:59:52 PM

تقويم تطور فهم المحتوى قوّم مدى تطور الفهم عندما يراجع الطلاب أسئلة تحليل التجربة الاستهلالية.

تجربة مصغرة 1

الوقت المقدّر 10 min يوميًا لمدة يومين

احتياطات السلامة ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.

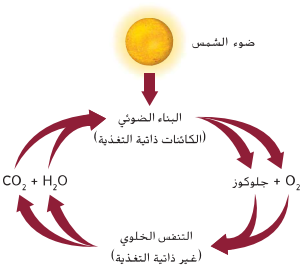
استراتيجية التدريس تأكد من أنّ الطلاب يدركون أنّ محلول بروموثيمول الأزرق (BTB) سيعود إلى اللون الأزرق بعد نفاد غاز CO_2 أثناء عملية البناء الضوئي.

التحليل

النتائج المتوقّعة لتغيرات الألوان:

محتويات الأنبوب	المعالجة	اللون الأولي	اللون النهائي
BTB و CO_2 ونبات الأيلوديا	في الظلام	أصفر	أصفر
BTB و CO_2 ونبات الأيلوديا	في الضوء	أصفر	أزرق

1. يوضّح الأنبوب الملفوف برقائق الألمنيوم (الضابط) أنّ النبتة لا تستهلك ثاني أكسيد الكربون إلا في وجود الضوء ومن ثمّ يمكنها القيام بعملية البناء الضوئي.
2. في عملية البناء الضوئي، تمتص النبتة CO_2 وتحوّله، باستخدام الطاقة الضوئية، إلى جلوكوز وأكسجين. يقوم كل من النبات والحيوان بعملية التنفس الخلوي التي تستخدم الأكسجين في حرق الكربوهيدرات وإنتاج ثاني أكسيد الكربون. بالتالي، تعتمد كلتا العمليتين بعضهما على بعض.



الشكل 3 في النظام البيئي، يكوّن البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة.
حدّد مسارات البناء والهدم في هذا الشكل.

مراجعة في ضوء ما قرأته عن أشكال نقل الطاقة، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

الأيض

تعرف كل التفاعلات الكيميائية في الخلية باسم **الأيض** الخلوي. إن سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها المادة المنتَجة من إحدى التفاعلات هي المادة المتفاعلة في التفاعل التالي تُعرف بالمسار الأيضي. وتشمل المسارات الأيضية نوعين رئيسين: مسارات الهدم ومسارات البناء. تُطلق مسارات الهدم الطاقة نتيجة لتحلّل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مسارات البناء، فتستخدم الطاقة التي أطلقتها مسارات الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئات صغيرة. ويَنتج عن هذه العلاقة بين مسارات الهدم ومسارات البناء تدفق مستمر للطاقة داخل الكائن الحي.

تتدفق الطاقة باستمرار بين التفاعلات الأيضية للكائنات الحية في نظام بيئي. إنّ **البناء الضوئي** عبارة عن مسار بناء تتحول فيه طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية. في هذا النوع من التفاعل، تستخدم الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون والماء في تكوين الجلوكوز والأكسجين. يمكن للطاقة المخزّنة في الجلوكوز الناتج عن عملية البناء الضوئي أن تنتقل إلى كائنات حية أخرى عند استهلاك هذه الجزيئات في صورة غذاء.

إنّ **التنفس الخلوي** عبارة عن مسار هدم تتحلّل فيه الجزيئات العضوية مطلقةً طاقة تستخدمها الخلية. في عملية التنفس الخلوي، يُستخدم الأكسجين في تكسير الجزيئات العضوية، فينتج عن ذلك تكوّن ثاني أكسيد الكربون والماء. لاحظ الطبيعة الدورية لهاتين العمليتين في **الشكل 3**، حيث تكون نواتج أحد التفاعلات متفاعلات في التفاعل الآخر.

تجربة مصغرة 1

ربط البناء الضوئي بالتنفس الخلوي

كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا في النظام البيئي؟ استخدم كاشفًا كيميائيًا لمعرفة طريقة انتقال ثاني أكسيد الكربون أثناء عمليتَي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. حضّر جدول بيانات لتسجل المحتويات وظروف التعامل واللون في البداية وفي النهاية لأنبوبَي اختبار.
3. أضف 100 mL من **محلول بروموثيمول الأزرق (BTB)** في **إناء**. واستخدم **ماصة** لتنفخ برفق في المحلول إلى أن يتحول لونه إلى الأصفر. **تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج فقاقيع من المحلول أو تصاب بالصداع. وإياك أن تشفط المحلول بالماصة.**
4. املأ ثلاثة أرباع كلٍّ من **أنبوبَي اختبار** كبيرين بمحلول BTB الأصفر اللون.
5. قم بتغطية أحد أنبوبَي الاختبار بكامله **بورق الألومنيوم**. ضع غصنًا من نبتة مائية طوله 6 cm في كلا الأنبوبين، ثم أدخل **السدادات** في الأنبوبين، وأخيرًا ضعهما في **حامل أنابيب** مسلّطًا عليهما ضوءًا ساطعًا طوال الليل.
6. سجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

التحليل

1. **اذكر** الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.
2. **اشرح** كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي بعضهما على بعض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **سؤال حول الشكل 3** ينتقل مسار البناء من عملية البناء الضوئي في الكائنات ذاتية التغذية إلى الكائنات غير ذاتية التغذية. وينتقل مسار الهدم من التنفس الخلوي في الكائنات غير ذاتية التغذية إلى الكائنات ذاتية التغذية.

عرض توضيحي

النموذج باستخدام مجموعة أدوات نمذجة الجزيء، كوّن هياكل المجموعة ثلاثية الفوسفات لجزيء ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP). مرّر النموذج على الصف حتى يتمكن الطلاب من رؤية النموذج ثلاثي الأبعاد، أو في حال توفر مكونات كافية من مجموعة أدوات نمذجة الجزيء، نظّم الطلاب في مجموعات صغيرة ثم اطلب منهم إنشاء نموذج لمجموعة الفوسفات. الوقت المقدّر: 20 min

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

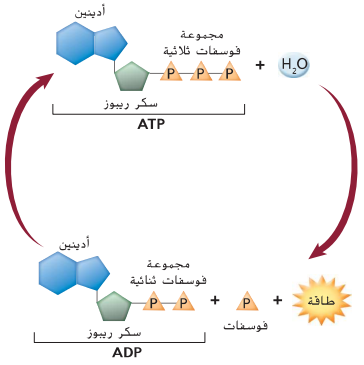
CH10.indb 276 1/11/2017 2:59:53 PM

الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP): وحدة الطاقة الخلوية

الربط بالكيمياء للطاقة أشكال عديدة، منها الطاقة الضوئية والطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية. ففي الكائنات الحية، تُخزَّن الطاقة الكيميائية في الجزيئات الحيوية وبإمكانها أن تتحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة عند الحاجة. على سبيل المثال، تتحوّل الطاقة الكيميائية المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات. ويُعدّ **الأدينوسين ثلاثي الفوسفات** (ATP) أهم الجزيئات الحيوية التي تزوّد الخلايا بالطاقة الكيميائية.

تركيب جزيء ATP يُعدّ جزيء ATP مخزنًا متعدد الأغراض للطاقة الكيميائية التي يمكن للخلايا استخدامها في تفاعلات متنوعة. وبالرغم من وجود جزيئات ناقلة أخرى تنقل الطاقة داخل الخلايا، يُعدّ جزيء ATP ناقل الطاقة الأكثر انتشارًا في الخلايا، حيث أنّه موجود في كل أنواع الكائنات الحية. وكما هو مبيّن في **الشكل 4**، فإن جزيء ATP عبارة عن نيوكليوتيد يتكوّن من قاعدة من الأدينين وسكر ريبوز وثلاث مجموعات من الفوسفات.

وظيفة جزيء ATP يطلق جزيء ATP الطاقة عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة، مكوّنًا جزيئًا اسمه أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرة. كما هو مبيّن في **الشكل 4**. وتُخزَّن الطاقة في الرابطة الفوسفاتية التي تتكوّن عند استقبال جزيء ADP مجموعة فوسفات ليتحوّل إلى جزيء ATP. يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP، وبالعكس، عن طريق إضافة مجموعة فوسفات أو إزالتها، كما هو مبيّن في **الشكل 4**. وأحيانًا يصبح جزيء ADP أدينوسين أحادي الفوسفات (AMP) عن طريق فقدان مجموعة فوسفات أخرى. تجدر الإشارة إلى أنّ مقدار الطاقة المنطلقة من هذا التفاعل أقل، لذا فإن معظم تفاعلات الطاقة في الخلايا تتضمن جزيئات ATP و ADP.



■ **الشكل 4** ينتج عن تحلّل جزيء ATP طاقة تدعم الأنشطة الخلوية في الكائنات الحية.

القسم 1 التقويم

ملخص القسم

- إن قانوني الديناميكية الحرارية يضبطان انتقال الطاقة وتحوّلها في الكائنات الحية.
- تصنع بعض الكائنات غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الطعام الذي تبتلعه وتهضمه.
- تخزّن الخلايا الطاقة وتطلقها من خلال تفاعلات الهدم والبناء المترابطة.
- إنّ الطاقة المنطلقة من تحلّل جزيء ATP هي التي تحرّك الأنشطة الخلوية.

فهم الأفكار الأساسية

1. **الفكرة الأساسية** **حدّد** المصدر الرئيس للطاقة في الكائنات الحية.
2. **اذكر** مثالًا على قانون الديناميكية الحرارية الأول.
3. **قارن وقابل** بين مسارات البناء ومسارات الهدم.
4. **اشرح** الطريقة التي يخزّن بها جزيء ATP الطاقة ويحرّرها.

فكّر بشكل ناقد

الكتابة في علم الأحياء

5. اكتب مقالًا تصف فيه قوانين الديناميكية الحرارية، واستخدم أمثلة من علم الأحياء لتدعم أفكارك.
6. **ابتكر** تشبيهًا لتصف العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ن التفكير الناقد

د م ض م ف م

اربط

اسأل الطلاب: ما أوجه التشابه بين وظيفة مركّب *ATP* في الخلية ووظيفة بطارية السيارة؟ تحوّل البطاريات الطاقة الكيميائية المخزنة إلى طاقة ميكانيكية تُمكّن السيارات من التحرّك. وفي الخلية، عند تحليل مركّب ATP إلى مركّب ADP، تتحوّل الطاقة الكيميائية المخزنة إلى أشكال أخرى من الطاقة يمكن أن تستخدمها الخلية.

التقويم التكويني

التقييم

اسأل الطلاب: ما الاختلاف الأساسي بين الكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية؟ تصنع الكائنات ذاتية التغذية غذاءها بنفسها للحصول على الطاقة؛ في حين تحصل الكائنات غير ذاتية التغذية على الطاقة الغذائية من خلال تناول كائنات حية أخرى.

المعالجة اطلب من أحد الطلاب التطوّع ليعيد قراءة النص أسفل العنوان الكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية بصوت مرتفع. ثم اطلب من الطلاب تحديد ما إذا كانت كل عبارة من العبارات التالية صوابًا أم خطأً:

1. تعتمد الكائنات غير ذاتية التغذية على الكائنات ذاتية التغذية. 2. تعتمد الكائنات ذاتية التغذية على الكائنات غير ذاتية التغذية للحصول على غذائها. 3. تصنع الكائنات ذاتية الغذائية غذاءها بنفسها. 4. تصنع الكائنات غير ذاتية التغذية الغذاء باستخدام الطاقة الضوئية.

1—صواب، 2—خطأ، 3—صواب، 4—خطأ

القسم 1 التقويم

1. ضوء الشمس
2. تتحوّل الطاقة المخزنة في الغذاء إلى طاقة كيميائية ثُم إلى طاقة ميكانيكية عند تحرّك العضلات لبذل شغل.
3. تُحلّل مسارات الهدم الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. وتبني مسارات البناء جزيئات كبيرة من الجزيئات الصغيرة.
4. يتكوّن مركّب ATP من ADP؛ تُخزّن الطاقة في روابط الفوسفات وتنطلق عندما يتحلل مركّب ATP مائيًا إلى ADP.
5. القانون الأول: الطاقة لا تستحدث ولا تفنى؛ في البناء الضوئي، تتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (جلوكوز).
   القانون الثاني: تتغيّر الأنظمة بشكل طبيعي من حالة النظام إلى الفوضى.
6. نموذج التشبيه: تحوّل الطاقة الكيميائية في البطارية إلى طاقة صوتية في الراديو.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 • كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة 277

CH10.indb 277 1/11/2017 2:59:54 PM

القسم 2

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م **طاقة الشمس**

اسأل الطلاب: ما فائدة البناء الضوئي للإنسان؟ تُنتج تفاعلات البناء الضوئي الأكسجين الذي يتنفّسه الإنسان، كما أنها تُنتج الطاقة الغذائية في النباتات التي يتغذى عليها الإنسان. **كيف تستفيد النباتات من البناء الضوئي؟** يُمكّن البناء الضوئي النباتات من إنتاج جزيئات الكربون التي تمثّل مخزنًا للطاقة.

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

توضيح مفهوم خاطئ اعرض صورًا للتربة والماء والمعادن والسماء لتمثيل الهواء.

اسأل الطلاب: هل يوفّر الهواء أو التربة أو الماء أو المعادن الطاقة اللازمة للبناء الضوئي؟ لا. فمصدر الطاقة الوحيد للبناء الضوئي هو الطاقة الضوئية. ذكّر الطلاب أنّ النباتات الخضراء تستخدم ثاني أكسيد الكربون والماء في البناء الضوئي، لكنّ الطاقة التي تحفّز تلك العملية تأتي من الضوء، الذي يكون ضوء الشمس في العادة.

تدريب المهارات

د م ض م التعلّم التعاوني

الثقافة المرئية كلّف الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لفحص الأشكال الموجودة في هذا القسم. ثم اطلب منهم مناقشة ما يرونه في الأشكال وإعداد قائمة بالمعلومات التي يحددونها من الأشكال. بمجرد انتهاء الطلاب من قراءة القسم، اطلب منهم إضافة المعلومات الإضافية إلى الملاحظات التي دونوها بناءً على الرسومات التوضيحية فقط.

ف م اطلب من الطلاب شرح عملية البناء الضوئي بناءً على المعلومات الموجودة في الأشكال.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما هما مرحلتا عملية البناء الضوئي؟
- ما وظيفة البلاستيدة الخضراء أثناء التفاعلات الضوئية؟
- كيف يمكن وصف عملية نقل الإلكترون ورسمها في مخطط؟

مفردات للمراجعة

الكربوهيدرات

carbohydrate: مركّبات عضوية تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين والأكسجين بنسبة 1:2:1 عادةً

مفردات جديدة

thylakoid	الثايلاكويد
granum (الجرانم)	الحبيبة الكلوروفيلية
stroma	الحشوة
pigment	الصبغة
$NADP^+$	$NADP^+$
calvin cycle	حلقة كالفن
rubisco	روبيسكو

البناء الضوئي

الفكرة الأساسية **أثناء عملية البناء الضوئي، تُحبَس الطاقة الضوئية وتتحوّل إلى طاقة كيميائية.**

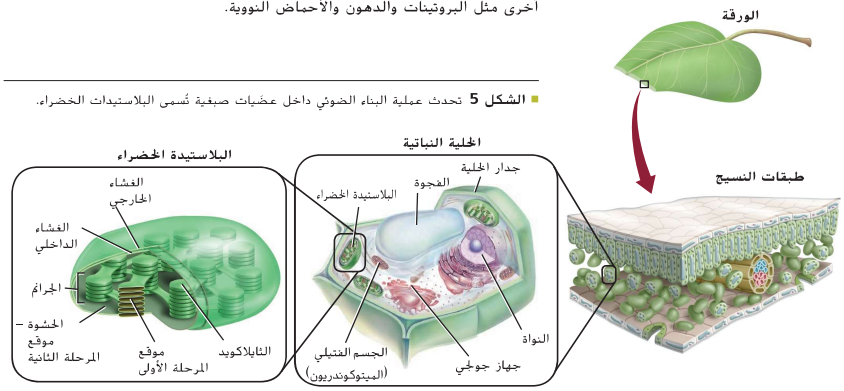
روابط من القراءة بالحياة اليومية تتحوّل الطاقة من حولنا كل يوم. فالبطاريات تُحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وتُحوّل أجهزة الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة، تُحوّل بعض الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

نظرة عامة على عملية البناء الضوئي

إن معظم الكائنات ذاتية التغذية، ومنها النباتات، تصنع مركّبات عضوية مثل السكريات من خلال عملية تُسمى البناء الضوئي. تذكَّر أن عملية البناء الضوئي هي عملية تتحوّل فيها الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. في ما يلي المعادلة الكيميائية الشاملة لعملية البناء الضوئي.

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

تحدث عملية البناء الضوئي على مرحلتين. يحدث كل منهما في أحد الموقعين الموضّحين في **الشكل 5**. في المرحلة الأولى تحدث تفاعلات ضوئية، حيث تُمتص الطاقة الضوئية ثم تُحوّل إلى طاقة كيميائية في صورة جزيئات من أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) و NADPH. أما في المرحلة الثانية، فتحدث تفاعلات لاضوئية، حيث تُستخدم جزيئات ATP و NADPH التي تكونت في المرحلة الأولى لإنتاج الجلوكوز الذي يمكن أن يتحد لاحقًا مع جزيئات أخرى من السكريات البسيطة لتكوين جزيئات أكبر حجمًا. تكون عبارة عن كربوهيدرات معقّدة مثل النشويات. تذكَّر أن الكربوهيدرات تتكوّن من وحدات متكررة من جزيئات عضوية أصغر حجمًا. يمكن للنواتج النهائية لعملية البناء الضوئي أن تُستخدم في تكوين جزيئات عضوية أخرى مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.



■ **الشكل 5** تحدث عملية البناء الضوئي داخل عضيات صبغية تُسمى البلاستيدات الخضراء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يمكن استخدام التجربة الواردة في نهاية الوحدة في هذه المرحلة من الدرس.

"التعليم عملية اجتماعية، وهو يمثّل النمو، وليس استعدادًا للحياة، بل هو الحياة نفسها"

جون ديوي

CH10.indb 278 1/11/2017 2:59:54 PM

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية

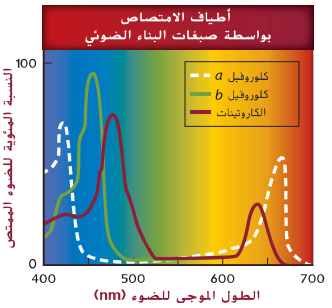
يُعدّ امتصاص الضوء الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي وتحتوي النباتات على عضّيات خاصة لامتصاص الطاقة الضوئية. وبعد امتصاص الطاقة، يتكون جزيئا تخزين للطاقة هما NADPH و ATP لاستخدامهما في التفاعلات اللاضوئية.

البلاستيدات الخضراء تمتص عضّيات كبيرة، تُسمى البلاستيدات الخضراء، الطاقة الضوئية في الكائنات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي. في النباتات، تتواجد هذه البلاستيدات بشكل رئيس في خلايا الأوراق. وكما هو مبيّن في **الشكل 5**، فإن البلاستيدات الخضراء هي عبارة عن عضيات قرصية الشكل تحتوي على حيّزين ضروريين لعملية البناء الضوئي. يُعرف الحيّز الأول بالثايلاكويد. **الثايلاكويدات** هي أغشية مسطحة تشبه الأكياس تترتب في مجموعات متراصة، تُسمى **الحبيبات الكلوروفيلية** (الجرانا). وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات. أما الحيّز الثاني المهم، فيُسمى **الحشوة**. وهي مساحة ممتلئة بالسائل تقع خارج الحبيبات الكلوروفيلية وتحدث فيها التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي.

الأصباغ إن الجزيئات الملونة الماصة للضوء تُسمى **الأصباغ**. وتتواجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالًا موجية معينة من الضوء كما هو مبيّن في **الشكل 6**.

يُعدّ الكلوروفيل أهم الأصباغ الماصة للضوء في النباتات. وتوجد عدة أنواع من أصباغ الكلوروفيل، لكن النوعين الأكثر انتشارًا هما الكلوروفيل *(a)* والكلوروفيل *(b)*. وقد يختلف تركيب الكلوروفيل من جزيء إلى آخر، مما يتيح لجزيئات الكلوروفيل المميزة امتصاص الضوء في مناطق فريدة من الطيف المرئي. في العموم، يمتص الكلوروفيل الضوء بقوة أكبر في منطقة الضوء البنفسجي – الأزرق من طيف الضوء المرئي، بينما يعكس الكلوروفيل الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف، وهذا ما يجعل الإنسان يرى أجزاء النباتات التي تحتوي على الكلوروفيل خضراء اللون.

التأكد من فهم النص ميّز بين الثايلاكويد والحشوة.



الشكل 6 تختلف الأصباغ الملونة الموجودة في أوراق الأشجار من حيث قدرتها على امتصاص أطوال موجية معينة من الضوء.
كوّن فرضية حول تأثير عدم احتواء النبات على الكلوروفيل (b) في عملية امتصاص الضوء.

تجربة مصغرة 2

ملاحظة البلاستيدات الخضراء

كيف تبدو البلاستيدات الخضراء؟ إن غالبية الأنظمة البيئية والكائنات الحية في العالم تعتمد على عضيات صغيرة جدًا تُسمى البلاستيدات الخضراء. اكتشف كيف تبدو البلاستيدات الخضراء في هذا التحقيق.

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. استخدم **المجهر** لملاحظة **شرائح الخلايا النباتية وشرائح الطحالب**.
3. حدّد البلاستيدات الخضراء في الخلايا التي تلاحظها.
4. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك، وارسم شكل البلاستيدات الخضراء في الخلايا.

التحليل

1. **قارن وقابل** بين الخصائص الفيزيائية للبلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا المختلفة.
2. **كوّن فرضية** حول سبب الاختلاف في لون أوراق النباتات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة 2

الوقت المقدَّر 15 min

مواد إضافية ماء البركة وعينات من طحالب الماء العذبة وشرائح ميكروسكوب فارغة وأغطية للعينات

احتياطات السلامة ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.

استراتيجيات التدريس

- يُمكن ملاحظة البلاستيدات الخضراء داخل خلايا الطحالب بسهولة عند فحصها باستخدام أعلى مستويات التكبير للمجهر.
- جهّز شرائح من عينات أوراق نباتية عن طريق قطع أجزاء قُطرية من طرف الورقة بالمشرط ووضع الشرائح الرفيعة على شريحة فارغة وتغطيتها بغطاء العيّنة.
- شجّع الطلاب على التركيز على طبقة واحدة في كل مرة في الأوراق متعددة الطبقات.

التنظيف والتخلص من النفايات تخلّص من ماء البركة أو أعِدها مع كل عينات الطحالب مرةً أخرى إلى أنظمتها البيئية.

التحليل

1. ينوع حجم البلاستيدات الخضراء وشكلها بين كروي أو بيضاوي إلى غير منتظم. ويتنوع لونها بين الأخضر الفاتح إلى الداكن ويمكن أن تحتوي على كميات مختلفة من الكلوروفيل.
2. توجد أنواع مختلفة من الكلوروفيل بألوان مختلفة، كما توجد صبغات أخرى تساهم في عملية البناء الضوئي.

سؤال حول الشكل 6 بدون وجود الكلوروفيل b، ستمتصّ النبتة الضوء بكمية أقلّ، مما قد يسبب نقصًا في معدل حدوث البناء الضوئي.

التأكد من فهم النص تمثّل الثايلاكويدات الأغشية التي تحدث فيها التفاعلات الضوئية. أما الحشوة، فهي الحيز الموجود خارج الحبيبات الكلوروفيلية والذي تحدث فيه التفاعلات اللاضوئية.

مقتطف من بحث

حل المشكلات تشير البحوث في مجال التربية إلى أنّ إنجاز الطلاب سيتحسَّن عندما يحصلون على تعليمات مباشرة حول طريقة حل مشكلات من الحياة اليومية. وتوفّر التجربة المصغرة الواردة في هذه الصفحة فرصة للطلاب للتدريب على مهارات حل المسائل وحفظ المفاهيم التي تعلموها بصورة أفضل. (تشارلز وليستر، 1984)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 279 1/11/2017 2:59:55 PM

ق استراتيجية القراءة

ض م ك م **التصفح والأسئلة والقراءة والتذكر والمراجعة (SQ3R)** اطلب من الطلاب **تصفّح** النص الذي يحمل عنوان نقل الإلكترون، مع التركيز على المفردات. واطلب منهم أن يكتبوا ثلاثة **أسئلة** على الأقل عن المفاهيم الأساسية. سؤال نموذجي: لماذا يُعدّ جزيء $NADP^+$ مهمًا لنقل الإلكترون في البناء الضوئي؟ ثم اطلب منهم **قراءة** الفقرة التي تحمل عنوان نقل الإلكترون، مع تدوين الملاحظات المرتبطة بالأسئلة التي كتبوها. وفي النهاية، اطلب منهم **تذكر** المفردات و**مراجعة** النص لفهم المعاني.

ك دعم الكتابة

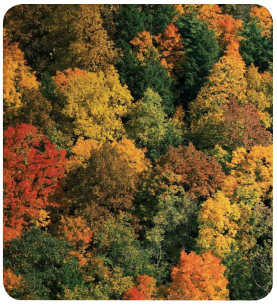
د م ض م التعلّم التعاوني

كتابة إبداعية نظّم الطلاب في مجموعات مكوّنة من خمسة أفراد واطلب من كل مجموعة كتابة قصة فكاهية تُلخّص المرحلة الضوئية من البناء الضوئي. يجب أن تتضمن القصص الفكاهية أدوار الصبغات مثل أصباغ الكلوروفيل والكاروتينات بالإضافة إلى تصوير نقل الإلكترون وتحوُّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. اطلب من الطلاب تمثيل قصصهم الفكاهية.

ن التفكير الناقد

ض م ك م **قارن** اطلب من الطلاب استخدام تشبيه لربط تفاعلات البناء الضوئي في النباتات مع نشاط يؤدونه يوميًا. على سبيل المثال، يمكن ربط البناء الضوئي بالاستماع إلى الراديو. تلتقط أجزاء الراديو طاقة موجات الراديو مثلما تمتص البلاستيدات الخضراء الطاقة الضوئية. تُستخدم الطاقة الموجودة في الراديو لإنتاج الصوت، وتُستخدم الطاقة الضوئية الموجودة في النبات لإنتاج الغذاء.

التأكد من فهم النص يوفّر تحلُّل الماء الإلكترونات للقيام بعملية نقل الإلكترون وأيونات هيدروجين.



■ **الشكل 7** عندما يتحلل الكلوروفيل في أوراق بعض الأشجار، تُصبح الأصباغ الأخرى مرئية.

المفرداتُ

مفرداتٌ أكاديمية

النقل transport

هو حمل شيء ما من مكان إلى آخر تنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات أثناء عملية البناء الضوئي.

تحتوي معظم الكائنات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي على أصباغ ثانوية بالإضافة إلى أصباغ الكلوروفيل. هذه الأصباغ تسمح للنباتات بامتصاص طاقة ضوئية إضافية من مناطق أخرى في الطيف المرئي. ومن هذه الأصباغ مجموعة أصباغ الكاروتينات، مثل β–كاروتين (بيتا كاروتين)، التي تمتص الضوء بشكل رئيس من المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف، بينما تعكس غالبية الضوء في المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء منه. وتُنتج أصباغ الكاروتينات ألوان الجزر والبطاطا الحلوة.

تكون أصباغ الكلوروفيل أكثر وفرة من غيرها في الأوراق، وبالتالي تُخفي ألوان الأصباغ الأخرى. مع ذلك، قد يتميز الخريف في مناطق معينة من مزارع الإمارات العربية المتحدة بدرجات من ألوان الأصفر والأحمر والبرتقالي عندما تُغيّر الأوراق ألوانها كما هو موضّح في **الشكل 7**. فبينما تستعد الأشجار لفقدان أوراقها قبل الشتاء، تتحلّل جزيئات الكلوروفيل، كاشفة عن ألوان الأصباغ الأخرى.

نقل الإلكترون إن تركيب غشاء الثايلاكويد يُعدّ الأساس للانتقال الفاعل للطاقة أثناء عملية نقل الإلكترون. وتتميز أغشية الثايلاكويد بمساحة سطح كبيرة، مما يوفر الحيّز اللازم لاحتواء أعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترونات، بالإضافة إلى نوعين من البروتينات المعقّدة، تُسمى الأنظمة الضوئية. يحتوي كل من النظام الضوئي I والنظام الضوئي II على أصباغ ماصة للضوء وبروتينات تلعب أدوارًا مهمة في التفاعلات الضوئية. راجع **الشكل 8** أثناء متابعة القراءة عن عملية نقل الإلكترون.

- أولًا، تثير الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظام الضوئي II. وتسبب الطاقة الضوئية أيضًا انقسام جزيء من الماء، محررةً إلكترونًا إلى نظام نقل الإلكترون، وأيون هيدروجين (H^+)، يسمى أيضًا بروتونًا، إلى حيز الثايلاكويد، وغاز الأكسجين (O_2) بوصفه ناتجًا لا دور له في العملية. ويُعدّ تحلّل جزيئات الماء ضروريًا لحدوث عملية البناء الضوئي.
- تنتقل الإلكترونات المستثارة من النظام الضوئي II إلى جزيء مستقبل للإلكترون في غشاء الثايلاكويد.
- بعد ذلك، ينقل الجزيء المستقبل للإلكترون الإلكترونات الى النظام الضوئي I عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات.
- بوجود الضوء، ينقل النظام الضوئي I الإلكترونات إلى بروتين يُعرف بالفيرودوكسين. وتُستبدل الإلكترونات التي فقدها النظام الضوئي I بإلكترونات واردة من النظام الضوئي II.
- أخيرًا، ينقل الفيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترونات $NADP^+$، مُكوّنًا جزيء تخزين الطاقة NADPH.

الأسموزية الكيميائية يتزامن إنتاج جزيئات ATP مع عملية نقل الإلكترون من خلال عملية تُعرف بالأسموزية الكيميائية، وهي آلية تُنتج جزيئات ATP بفعل تدفق الإلكترونات مع منحدر التركيز. ولا تقتصر أهمية تحلّل جزيئات الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلسلة نقل الإلكترون، بل أيضًا على توفير البروتونات (H^+) اللازمة لتجهيز بناء جزيئات ATP أثناء عملية الأسموزية الكيميائية. تتراكم أيونات H^+ التي أُطلِقَت أثناء عملية نقل الإلكترون على الجهة الداخلية للثايلاكويد. كنتيجة لارتفاع تركيز أيونات H^+ داخل الثايلاكويد، وانخفاض تركيز أيونات H^+ في الحشوة، تنتشر بروتونات H^+ على طول منحدر التركيز خارج الجهة الداخلية للثايلاكويد وصولاً إلى الحشوة عبر قنوات أيونية ممتدة على الغشاء، كما هو موضّح في **الشكل 8**. يذكر أنّ هذه القنوات هي عبارة عن إنزيمات تُسمى إنزيمات بناء جزيئات ATP. ومع كل انتقال لأيونات H^+ عبر هذه الإنزيمات، تتكون جزيئات ATP في الحشوة.

التأكد من فهم النص **لخّص** وظيفة الماء أثناء الأسموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عرض توضيحي

البناء الضوئي املأ عدة أزواج من أنابيب الاختبار حتى نصفها بمحلول الفينول الأحمر. يظهر مؤشر الرقم الهيدروجيني باللون الأحمر عندما يكون الرقم الهيدروجيني 7 أو أكثر (قاعدة) ويظهر باللون الأصفر الباهت عندما يكون الرقم الهيدروجيني أقلّ من 7 (حمض). استخدم قصبات المصّ لنفخ الهواء، الذي يحتوي على CO_2، في أنبوب واحد من كل زوج حتى يتحوّل لون الفينول الأحمر إلى الأصفر. أضِف غصنًا من نبات الإيلوديا إلى الأنابيب التي تحتوي على المحلول الأصفر، لا إلى المحلول الأحمر. ضع أنابيب الاختبار تحت مصباح مكتب أو مصدر آخر للضوء لمدة 15–20 min. يجب أن يتحوّل لون المحلول الأصفر إلى الأحمر مجددًا كما يجب أن تتكوّن فقاعات صغيرة من الأكسجين في الأنابيب التي تحتوي على نبات الإيلوديا حيث يبدأ النبات في امتصاص CO_2 والقيام بعملية البناء الضوئي. الوقت المقدّر: 25 min

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

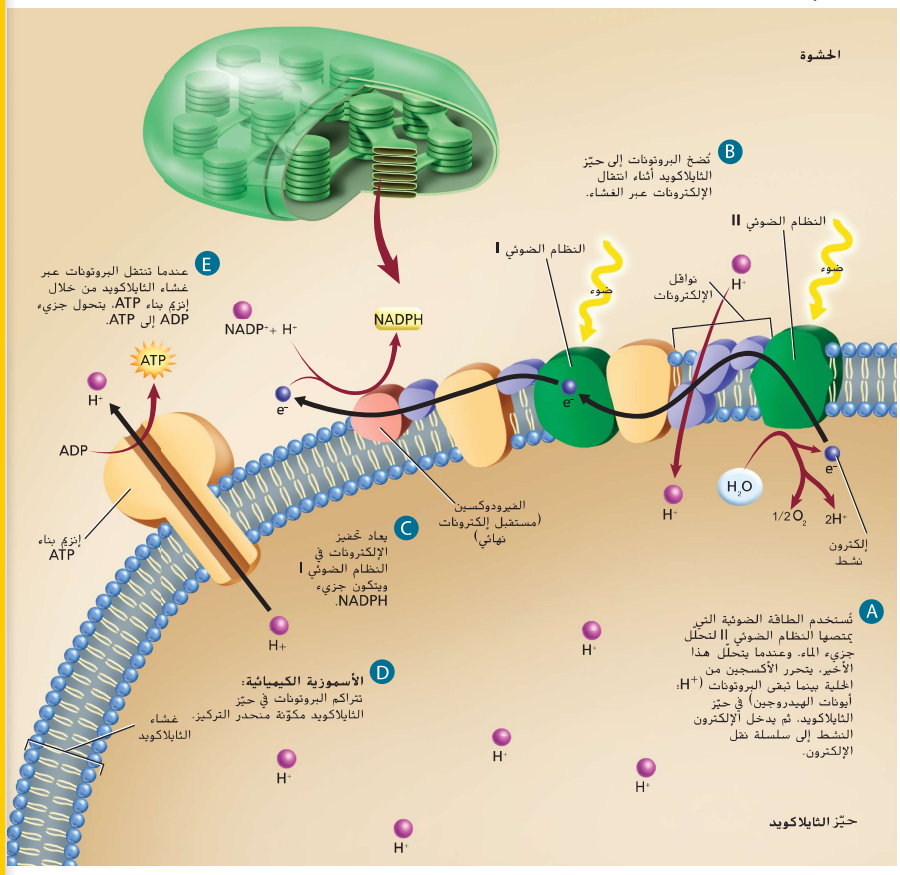
280 الوحدة 10 • الطاقة الخلوية

CH10.indb 280 1/11/2017 2:59:56 PM

تصوُّر عملية نقل الإلكترون

الشكل 8

تنتقل الإلكترونات النشطة من جزيء إلى آخر على امتداد غشاء الثايلاكويد في البلاستيدة الخضراء. وتستخدم طاقة الإلكترونات في تشكيل تدرج للبروتونات. وكلما انتقلت البروتونات مع التدرج، أُضيفت مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP لتكوّن جزيء ATP.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

خلفية عن المحتوى

الربط بالحياة اليومية تمثّل تأثيرات إزالة الغابات وحرق الوقود الأحفوري في البيئة مشكلةً خطيرةً بالنسبة إلى العديد من المناطق الاستوائية في العالم التي يجري فيها قطع الغابات الضخمة. فهذه الغابات تمثّل أهمية كبيرة لإنتاج الأكسجين وتقليل كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء، إذ يتزايد غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسبب التلوث الصناعي وعوادم السيارات. كما يمثّل ثاني أكسيد الكربون أحد غازات الاحتباس الحراري الموجودة في الغلاف الجوي والتي تحبس الحرارة المنبعثة من الشمس. وقد تؤدي الزيادة الكبيرة في نسبته إلى تغيير مناخ الكوكب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوُّر عملية نقل الإلكترون

الهدف

سيفهم الطلاب طريقة انتقال الإلكترونات من جزيء إلى آخر في غشاء الثايلاكويد.

تطوير المفاهيم

النشاط اطلب من الطلاب استخدام مصادر المكتبة للبحث في إحدى العمليات الخلوية التي تستهلك طاقةً. شجّع الطلاب على معرفة عدد جزئيات مركّب ATP المُستخدمَة (أو الناتجة) في العملية.

CH10.indb 281 1/11/2017 2:59:56 PM

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

توضيح مفهوم خاطئ

اسأل الطلاب: ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع المصطلح عضوي؟ قد يعتقد الطلاب أنّ عضوي تعني "طبيعي"، كما في "الأغذية الطبيعية". ذكّر الطلاب أنه عند استخدام المصطلح عضوي في الكيمياء أو العلوم الأحيائية، فإنه يشير إلى المركّبات التي تحتوي على الكربون. على الرغم من أنّ ثاني أكسيد الكربون ليس مركّبًا عضويًا في حد ذاته، إلا أنّه يساهم بعنصر الكربون في تكوّن المركّبات العضوية. وتتوافر المركّبات العضوية في الكائنات الحية وبقاياها.

ق استراتيجية القراءة

د م ض م **قراءة موجهة** قبل قراءة النص الذي يحمل عنوان المرحلة الثانية: حلقة كالفن، كلّف الطلاب إعداد مخطط يضمّ أعمدة بهذه العناوين: ما أعرفه وما أريد أن أتعلمه وما تعلمته. واطلب منهم الاطلاع على النص الذي يتناول موضوع حلقة كالفن وملء العمود الأول. عندما يملأ الطلاب العمود الثاني، شجّعهم على التنبّه إلى تركيبات الجزيئات التي تكوّنت أثناء حلقة كالفن في الشكل 9. بعد أن يقرأ الطلاب النص الموجود في هذه الصفحة، اطلب منهم ملء العمود الأخير.

■ **سؤال حول الشكل 9** في الجلوكوز والجزيئات العضوية الأخرى (الفركتوز والنشا)؛ اقبل كذلك بمركّب G3P

المرحلة الثانية: حلقة كالفن

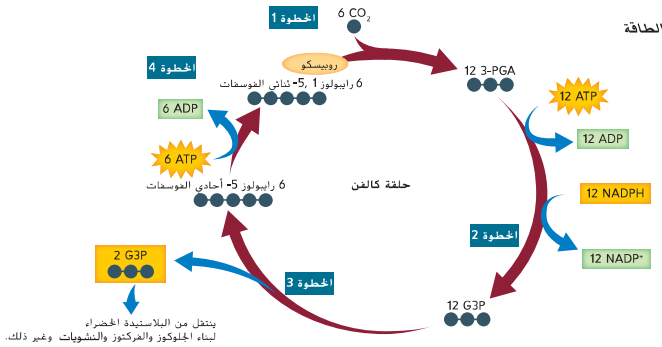
على الرغم من أنّ جزيئات NADPH وجزيئات ATP تزوّد الخلايا بكميات كبيرة من الطاقة، إلا أنها غير مستقرة بما يكفي لتخزين الطاقة الكيميائية لفترات زمنية طويلة. لذلك، ثمة مرحلة ثانية لعملية البناء الضوئي تُسمى **حلقة كالفن**، تُخزَّن فيها الطاقة في جزيئات عضوية مثل الجلوكوز. ويُشار إلى تفاعلات حلقة كالفن بمصطلح التفاعلات اللاضوئية أيضًا. راجع **الشكل 9** أثناء تعلم خطوات حلقة كالفن.

- في الخطوة الأولى من حلقة كالفن، التي تُعرف بتثبيت الإلكترون، تتحد ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مع ستة مركّبات خماسية الكربون لتكوّن اثني عشر جزيئًا ثلاثي الكربون يُسمّى 3–حمض جلسرين أحادي الفوسفات (3–PGA). وتعرف عملية اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية الأخرى بتثبيت الكربون.
- في الخطوة الثانية، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزّنة في جزيئات ATP وNADPH إلى جزيئات 3–PGA لتكوين جزيئات عالية الطاقة تُعرف بجليسر ألدهايد 3–الفوسفات (G3P). وتوفّر جزيئات ATP مجموعات الفوسفات اللازمة لتكوين جزيئات G3P. بينما توفّر جزيئات NADPH أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- في الخطوة الثالثة، ينفصل جزيئا G3P عن الحلقة ليُستخدما في إنتاج الجلوكوز وغيره من المركّبات العضوية.
- في الخطوة الأخيرة من حلقة كالفن، يُحوّل إنزيم يُسمى **روبيسكو** جزيئات G3P العشرة المتبقية إلى جزيئات خماسية الكربون تُسمى رايبولوز 1، 5–ثنائي الفوسفات (RuBP). وتتحد هذه الجزيئات مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لتستمر الحلقة.

نظرًا إلى أنّ إنزيم روبيسكو يُحوّل جزيئات ثاني أكسيد الكربون غير العضوية إلى جزيئات عضوية يمكن للخلية استخدامها، فإنه يُعتبر أحد أكثر الإنزيمات الحيوية أهميةً. يضاف الى ذلك أنّ النباتات تستخدم السكريات المتكوّنة أثناء حلقة كالفن كمصدر للطاقة وأيضًا كوحدات بناء للكربوهيدرات المعقّدة، ومنها السيلولوز الذي يوفر الدعم الهيكلي للنباتات.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالِم الكيمياء النباتية عالِم الأحياء الذي يدرس النواتج الكيميائية للنباتات هو عالِم الكيمياء النباتية. ويمكن أن يعمل علماء الكيمياء النباتية في مجال الأبحاث الطبية للوصول إلى علاجات جديدة للأمراض.



■ **الشكل 9** تربط حلقة كالفن ثاني أكسيد الكربون مع المركّبات العضوية داخل حشوة البلاستيدات الخضراء.
حدّد المركّب الذي تُخزَّن فيه الطاقة في نهاية حلقة كالفن.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

282 الوحدة 10 • الطاقة الخلوية

CH10.indb 282 1/11/2017 2:59:57 PM

مسارات بديلة

قد تؤثر البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي في إمكان تحقيقه عملية البناء الضوئي. إذ إنّ البيئات التي تقل فيها كميات الماء أو ثاني أكسيد الكربون عن المستوى اللازم قد تقلل من قدرة الكائن الحي على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية البناء الضوئي. فعلى سبيل المثال، تتعرض النباتات التي تعيش في البيئات الحارة والجافة إلى نقص حاد في الماء مما قد يؤدي إلى انخفاض معدلات البناء الضوئي. لذلك، فإن لعدد كبير من النباتات التي تعيش في مناخات قاسية مسارات بديلة للبناء الضوئي تمكّنها من تحويل الحد الأقصى من الطاقة.

نباتات C_4 يُعرف المسار التكيُّفي الذي يساعد النباتات في الحفاظ على عملية البناء الضوئي وبقلل من فقدان الماء بالمسار C_4. ويحدث مسار C_4 في نباتات مثل قصب السكر والذرة. وتُعرف هذه النباتات بنباتات C_4 لأنها تُثبّت ثاني أكسيد الكربون في شكل مركّبات رباعية الكربون بدلًا من الجزيئات ثلاثية الكربون أثناء حلقة كالفن. فضلًا عن ذلك، تتمتع نباتات C_4 أيضًا بتعديلات هيكلية مهمة في ترتيب الخلايا داخل الأوراق. وعمومًا، تعمل نباتات C_4 على إغلاق ثغورها (ثقوب في خلايا النبات) أثناء الأيام الحارة، بينما تنتقل المركّبات رباعية الكربون إلى خلايا خاصة حيث يدخل فيها ثاني أكسيد الكربون (CO_2) حلقة كالفن. مما يسمح باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون بالتزامن مع تقليل فقدان الماء.

نباتات أيض الحمض العصاري (CAM) إنّ المسار التكيُّفي الآخر الذي تستخدمه بعض النباتات لتحقيق عملية بناء ضوئي فائقة الفاعلية يُعرف بأيض الحمض العصاري (البناء الضوئي بأيض الحمض العصاري). ويحدث هذا المسار في النباتات الحافظة للماء التي تعيش في الصحاري والمستنقعات المالحة، وغيرها من البيئات التي يتعذر فيها الحصول على الماء. تسمح نباتات أيض الحمض العصاري، مثل الصبار ونبات الأوركيد والأناناس كما في **الشكل 10**، لثاني أكسيد الكربون بالدخول إلى الأوراق في الليل فقط، وذلك عندما يكون الجو أكثر برودة ورطوبة. أثناء الليل، تقوم تلك النباتات بتثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركّبات عضوية. أما خلال النهار، ينطلق ثاني أكسيد الكربون من تلك المركّبات ثم يدخل حلقة كالفن. إضافةً إلى ذلك، يسمح هذا المسار بالحصول على كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون مع تقليل فقدان الماء.

الشكل 10 نبات الأناناس مثال على نباتات أيض الحمض العصاري.

التفكير الناقد

ف م **توقّع**

اسأل الطلاب: ما الهدف من البناء الضوئي؟ تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة في روابط الجلوكوز

هل يحدث ذلك في التفاعل الضوئي؟ لا **أين سيحدث هذا التحوُّل؟** في حلقة كالفن

التقويم التكويني

التقييم

اسأل الطلاب: ما المعادلة الكيميائية للبناء الضوئي؟ في وجود الطاقة الضوئية $CO_2 + H_2O \rightarrow O_2 +$ جلوكوز

اطلب من الطلاب ربط مصدر تلك المتفاعلات مع العضيات الخلوية التي تحدث فيها التفاعلات.

المعالجة اطلب من الطلاب كتابة عبارة تشرح البناء الضوئي، واطلب منهم أيضًا تبادل الأدوار لقراءة العبارات بصوت مرتفع. وضِّح سوء الفهم الذي ربما يكون لدى الطلاب عن العملية.

القسم 2 التقويم

ملخص القسم

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ ماصة للضوء تُحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تبرز عملية البناء الضوئي بمرحلتين تتضمّنان التفاعلات الضوئية وحلقة كالفن.
- في التفاعلات الضوئية، تحبس الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH.
- في حلقة كالفن، تُستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لبناء الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.

فهم الأفكار الأساسية

1. **لخّص** آلية تكوّن الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئي. الفكرة الأساسية
2. **اربط** تركيب البلاستيدة الخضراء بمراحل عملية البناء الضوئي.
3. **اشرح** أسباب أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.
4. **لخّص** الخطوات في حلقة كالفن.
5. **ارسم** عملية نقل الإلكترون واشرحها.

فكّر بشكل ناقد

6. **توقّع** كيف يمكن لبعض العوامل البيئية مثل شدة الضوء ومستويات ثاني أكسيد الكربون التأثير في سرعة عملية البناء الضوئي.

الكتابة في علم الأحياء

7. أجرِ بحثًا عن تأثيرات الاحترار العالمي في عملية البناء الضوئي. واكتب مقالة تلخّص فيها النتائج التي توصلت إليها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 التقويم

1. تتحوّل الطاقة الضوئية إلى مركّبَي ATP و NADPH، اللذين يتحوّلان بعد ذلك إلى جلوكوز.
2. تحتوي البلاستيدات الخضراء على الثايلاكويدات، وهي مواقع التفاعلات الضوئية والحشوة وهي مواقع التفاعلات اللاضوئية.
3. يُنتج الماء أيونات الهيدروجين لإنزيم بناء جزيئات ATP وإنتاج مركّب ATP.
4. تنقسم ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون مع ستة جزيئات خماسية الكربون لتكوين 12 مركّبًا ثلاثي الكربون. وبمساعدة تحلّل المركّب ATP مائيًا، يتكوّن السكروز بواسطة زوج من الـ 12 مركّبًا؛ وتتحوّل المركّبات العشر المتبقية إلى جزيئات خماسية الكربون تدخل في دورة أخرى.
5. توضّح الرسومات التخطيطية حركة الإلكترونات على غشاء الثايلاكويد، ويجب أن تصف التفسيرات كيفية توفير الماء للإلكترونات وأيونات الهيدروجين، وأن تَتَتَبَّعها خلال سلسلة نقل الإلكترون.
6. تؤدي زيادة الضوء و CO_2 إلى رفع معدلات حدوث البناء الضوئي.
7. ينبغي أن ينجم عن زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون نتيجة حرق الوقود الأحفوري زيادة المادة المتفاعلة مع الإنزيمات المتوفّرة لعملية البناء الضوئي في حال توفّر أشجار ومساحات خضراء أخرى كافية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 • البناء الضوئي 283

CH10.indb 283 1/11/2017 2:59:57 PM

القسم 3

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م **الطاقة الناتجة عن الغذاء**

اطلب من متطوّع من الطلاب شرح أوجه الاختلاف بين الكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية.

اسأل الطلاب: كيف تُنتج معظم الكائنات ذاتية التغذية غذاءها؟

عن طريق البناء الضوئي؛ وتنتج بعض الكائنات ذاتية التغذية التي تعيش في عمق البحر غذاءها عن طريق البناء الكيميائي.

هل يمكن أن يتوقّع شخص طريقة حصول الكائنات غير ذاتية التغذية على الطاقة؟ عن طريق التنفس الخلوي، والذي يحوّل الطاقة الكيميائية الموجودة في الغذاء إلى طاقة خلوية.

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

توضيح مفهوم خاطئ

اسأل الطلاب: هل الهواء هو نفسه الأكسجين؟ لا. فمصطلحا الهواء والأكسجين ليسا مترادفين. **ما أوجه الاختلاف بين الهواء والأكسجين؟** يُمثّل الهواء خليطًا من عدة غازات تتضمّن الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون. قد يظن الطلاب أنّ التنفس الخلوي يحدث في خلايا الرئة أو خلايا الخيشوم فقط. ذكّر الطلاب بأنّ التنفس الخلوي يحدث في كل الخلايا ويجب عدم الخلط بينه وبين عملية التنفس، وهي عبارة عن تبادل المواد بين الرئتين والغلاف الجوي، أو النَفَس، وهو أخذ الشهيق وإخراج الزفير.

القسم 3

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما مراحل التنفس الخلوي؟
- ما دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي؟
- ما أوجه الشبه بين التخمّر الكحولي وتخمّر حمض اللاكتيك؟

مفردات للمراجعة

البكتيريا المزرقة cyanobacterium: نوع من البكتيريا ذاتية التغذية يقوم بعملية البناء الضوئي

مفردات جديدة

anaerobic process	العملية اللاهوائية
aerobic respiration	التنفس الهوائي
aerobic process	العملية الهوائية
glycolysis	التحلل السكري
krebs cycle	دورة كربس
fermentation	التخمّر

التنفس الخلوي

الفكرة الأساسية **تحصل الكائنات الحية على الطاقة عن طريق تكسير الجزيئات العضوية أثناء عملية التنفس الخلوي.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية يجب أن تتغذى الفراشات الملكية باستمرار على رحيق الأزهار لتستمد الطاقة اللازمة لاستمرار بقائها أثناء هجرتها الشتوية إلى مناطق في المكسيك وولاية كاليفورنيا كل عام. وكذلك يحتاج كل من الإنسان والكائنات الحية الأخرى إلى مصادر غذاء كافية للتزوّد بالطاقة الضرورية من أجل النموّ والبقاء على قيد الحياة.

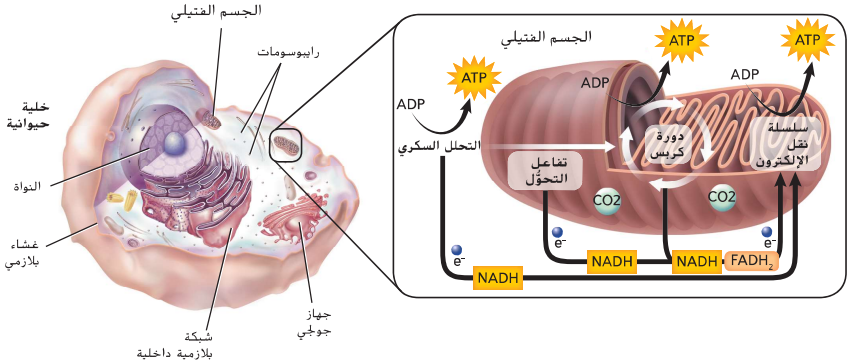
نظرة عامة على عملية التنفس الخلوي

تذكّر أنّ الكائنات الحية تحصل على الطاقة عن طريق عملية تُسمى التنفس الخلوي. إذ تتمثّل وظيفة هذه العملية في جمع الإلكترونات من مركّبات الكربون مثل الجلوكوز. واستخدام الطاقة المنبعثة في إنتاج ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، الذي يُستخدم بدوره في إمداد الخلايا بالطاقة من أجل أن تؤدي وظائفها. في ما يلي المعادلة الكيميائية الشاملة لعملية التنفس الخلوي. لاحظ أنّ المعادلة التي تُعبِّر عن التنفس الخلوي هي عكس المعادلة التي تُعبِّر عن عملية البناء الضوئي.

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

لعملية التنفس الخلوي مرحلتان رئيستان هما: التحلل السكري والتنفس الهوائي. المرحلة الأولى وهي التحلل السكري عبارة عن عملية لاهوائية. إنّ **العمليات اللاهوائية** هي عمليات لا تتطلب وجود الأكسجين. إنّ **التنفس الهوائي** يشمل دورة كربس ونقل الإلكترونات وهو عملية هوائية. **فالعمليات الهوائية**، هي عمليات تتطلب وجود الأكسجين. ويلخّص **الشكل 11** عمليتَي التنفس الخلوي والتنفس الهوائي.

■ **الشكل 11** يحدث التنفس الخلوي في الأجسام الفتيلية، التي تُعدّ عضيات توليد الطاقة في الخلية.

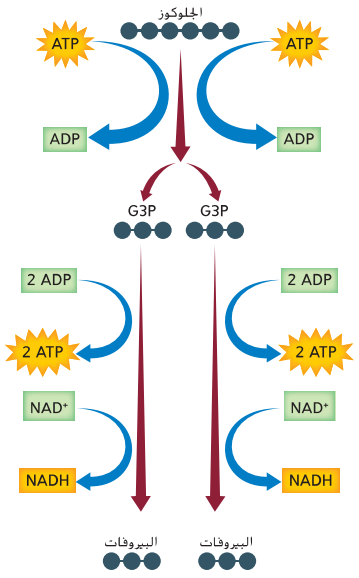


نشاط

د م ض م ف م **بذل الطاقة** أعطِ كل طالب مشبك غسيل. واطلب منهم فتح المشابك وغلقها بشكل متكرر لمدة دقيقة واحدة، ثم اسألهم عما يشعرون به في أصابعهم. وضّح أنّ الضغط على مشبك الغسيل يتطلب طاقة، كغيره من العمليات الحيوية. تتولّد الطاقة اللازمة عن طريق تحلّل السكريات الموجودة في الغذاء لتكوين مركّب ATP، وهي العملية التي تُسمى بالتنفس الخلوي. ويحتاج التنفس الخلوي إلى الأكسجين، لكن بعد فترة معيّنة تصبح الخلايا غير قادرة على توفير كمية الأكسجين اللازمة، ومن ثَم يحدث تخمر حمض اللاكتيك. وعند تراكم حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية أثناء التمرين، تشعر العضلات بالألم والإرهاق. الوقت المقدّر: 10 min

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

CH10.indb 284 1/11/2017 2:59:58 PM



■ **الشكل 12** يتحلل الجلوكوز أثناء عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا.
لخّص متفاعلات ونواتج عملية **التحلل السكري**.

التحلل السكري

يتحلل الجلوكوز داخل السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري**. ينتج عن تحلّل جزيء واحد من الجلوكوز جزيئان من ATP وجزيئان من NADH. راجع **الشكل 12** أثناء القراءة عن خطوات عملية التحلل السكري.

أولًا، ترتبط مجموعتا الفوسفات، الناتجتان عن جزيئَي ATP، بالجلوكوز. لاحظ ضرورة وجود مقدار من الطاقة وجزيئَي ATP، لبدء التفاعلات التي ستُنتج الطاقة للخلية. ويتحلل الجزيء سداسي الكربون إلى مركّبين ثلاثيي الكربون. ثم تضاف مجموعتا فوسفات وتتحد الإلكترونات وأيونات الهيدروجين (H^+) مع جزيئَي NAD^+ لتكوّن جزيئي NADH. ويشبه جزيء NAD^+ جزيء NADP، وهو ناقل الإلكترونات الذي يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي. أخيرًا، يتحول المركّبان ثلاثيا الكربون إلى جزيئين من البيروفات وفي الوقت نفسه، تُنتج أربعة جزيئات ATP.

التأكد من فهم النص **اشرح** سبب الحصول على جزيئين، وليس أربعة جزيئات ATP في عملية التحلل السكري.

دورة كربس

يَنتج عن عملية التحلل السكري جزيئا ATP وجزيئان من البيروفات وتبقى غالبية طاقة الجلوكوز مُخزَّنة في البيروفات. وفي وجود الأكسجين، ينتقل البيروفات إلى حشوة الأجسام الخيطية حيث يتحوّل في النهاية إلى ثاني أكسيد الكربون. تُسمى مجموعة التفاعلات التي يتحلّل خلالها البيروفات مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون **دورة كربس** أو حلقة الحمض ثلاثي الكربوكسيل (TCA). ويشار إليها أيضًا بدورة حمض الستريك.

المفردات

أصل الكلمة

التحلل السكري glycolysis
مشتقة من الكلمتين اليونانيتين *glykys*. وتعني حلو و*lysis*. وتعني يتحلل أو يتكسر

المطويات®

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استراتيجية القراءة

ق ف م

التحليل المورفولوجي للكلمة

قبل قراءة النص الذي يحمل عنوان التحلُّل السكري، اطلب من الطلاب النظر إلى جزء "أصل الكلمة" الموجود في الهامش والخاص بالتحلُّل السكري (*glycolysis*). اطلب منهم توقُّع طريقة ارتباط معنى كل من شطرَي الكلمة *glykys* (حلو) و *lysis* (تحلُّل) بالهدف العام للتنفس الخلوي. تتحلّل السكريات لإنتاج الطاقة.

دعم الكتابة

د م ض م ف م

كتابة ملخص

اطلب من الطلاب كتابة ملخص لخطوات عملية التحلُّل السكري. واطلب منهم، أثناء تحضير ملخصهم، استخدام المعلومات الموجودة في الشكل 12 إلى جانب المعلومات الموجودة في النص. يجب أن تتضمن الملخصات مصطلحات *ATP* و NAD^+ و *NADH* ومجموعات الفوسفات ومركّبات الكربون.

اطلب من الطلاب العمل في مجموعات صغيرة لمناقشة المعلومات الموجودة في الشكل 12 وفي النص والمتعلقة بالتحلُّل السكري. ثم اطلب من كل مجموعة إعداد قائمة بخطوات عملية التحلُّل السكري.

المطويات®

لمزيد من التعمّق

تواصل مع الطلاب: في الجزء الخلفي من مطويتك، اكتب مقارنة بين سلسلة نقل الإلكترون في الأجسام الفتيلية في خلايا الكائنات غير ذاتية التغذية وسلسلة نقل الإلكترون في ثايلاكويد البلاستيدات الخضراء في خلايا الكائنات ذاتية التغذية.

التأكد من فهم النص يبدأ التحلُّل السكري بإدخال جزيئَين من مركّب ATP.

■ **سؤال حول الشكل 12** المتفاعلات هي: جزيء واحد من الجلوكوز وجزيئا ATP وجزيئا NAD^+ وأربعة جزيئات ADP. النواتج هي: جزيئا ADP وجزيئا NADH وأربعة جزيئات ATP وجزيئا بيروفات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 285 1/11/2017 2:59:58 PM

م تدريب المهارات

د م ض م الثقافة المرئية

اطلب من الطلاب مراجعة الرسم التخطيطي الموجود في الشكل 13. وبيّن أنّ الرسم التوضيحي يوضّح دورةً. **اسأل الطلاب: ما الدورات الأخرى التي تعرّفت عليها في مادة العلوم؟** تتضمن الإجابات المحتملة: دورة الحياة ودورة الخلية ودورة الماء. وضّح أنّ كل هذه المصطلحات تتضمّن كلمة دورة. راجع تعريف كلمة دورة.

ف م ما سبب أهمية الدورات في الأنظمة الحيوية؟ إنها تُعيد تدوير (أو تُعيد استخدام) المواد.

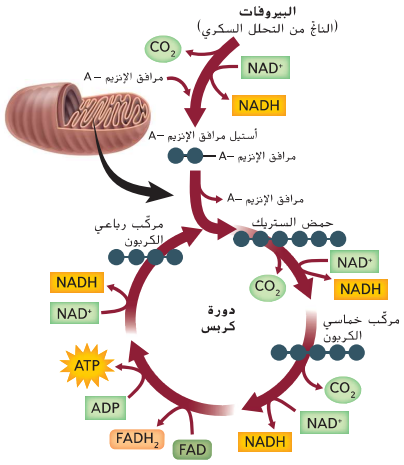
ق استراتيجية القراءة

ف م الفهم الفعّال

اطلب من الطلاب قراءة النص الذي يحمل عنوان خطوات دورة كربس. **اسأل الطلاب: ما المعلومات الإضافية التي تريدون معرفتها عن دورة كربس؟** شجّع الطلاب على المقارنة والمقابلة بين تفاعلات البناء الضوئي التي تحدث في الكائنات ذاتية التغذية والتفاعلات الأخرى، مثل دورة كربس، التي تحدث في الكائنات غير ذاتية التغذية.

ح تطوير المفاهيم

ف م النشاط وزّع الطلاب في مجموعتين، مجموعة خاصة بدورة كربس ومجموعة خاصة بحلقة كالفن. اطلب منهم مراجعة دورة كربس وحلقة كالفن. وشجّعهم على جمع معلومات إضافية عن كربس وكالفن في المكتبة. ثم اطلب من المجموعتين تصميم لوحة إعلانات للمقارنة والمقابلة بين العمليتين.



■ **الشكل 13** يتحلّل البيروفات إلى ثاني أكسيد الكربون خلال دورة كربس التي تحدث داخل الأجسام الفتيلية للخلايا. **تتبَّع اتبع مسار جزيئات الكربون التي تدخل دورة كربس وتخرج منها.**

خطوات دورة كربس قبل بداية دورة كربس، يتفاعل البيروفات مع مرافق الإنزيم A لتكوين مركّب وسيط ثنائي الكربون يسمى أسيتيل مرافق الإنزيم A. في الوقت نفسه، يتحرر ثاني أكسيد الكربون وتتحول جزيئات NAD^+ إلى جزيئات NADH. ثم ينتقل أسيتيل مرافق الإنزيم A إلى حشوة الأجسام الفتيلية. وينتج عن هذا التفاعل تكوّن جزيئين من ثاني أكسيد الكربون وجزيئَي NADH. راجع **الشكل 13** أثناء متابعة القراءة عن خطوات دورة كربس.

- تبدأ دورة كربس باتحاد أسيتيل مرافق الإنزيم A مع مركّب رباعي الكربون لتكوين مركّب سداسي الكربون يُعرف بحمض الستريك.
- يتحلّل حمض الستريك خلال سلسلة الخطوات التالية، محررًا جزيئين من ثاني أكسيد الكربون ومنتجًا جزيء ATP، وثلاثة جزيئات NADH وجزيء $FADH_2$. يُعتبر FAD ناقل إلكترونات آخر يشبه NAD^+ و$NADP^+$.
- أخيرًا، ينتج كل من أسيتيل مرافق الإنزيم A وحمض الستريك، وتستمر الدورة. تذكّر أن جزيئَين من البيروفات يتكونان خلال عملية التحلل السكري، فينجم عنها "دورتا كربس" كاملتان لكل جزيء جلوكوز. ويكون الناتج النهائي لدورة كربس ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون وجزيئَي ATP وثمانية جزيئات NADH وجزيئَي $FADH_2$. بعد ذلك، تنتقل عشرة جزيئات NADH وجزيئا $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًا في المرحلة التالية من عملية التنفس الهوائي.

اقتراح لدراسة

عبارة توضيحية تشارك مع أحد زملائك في قراءة النص ومناقشة الكلمات غير المألوفة والمفاهيم الصعبة. ثم اكتب عبارة توضيحية تلخص فيها دورة كربس.

نقل الإلكترونات

في عملية التنفس الهوائي، يكون نقل الإلكترونات هو الخطوة الأخيرة في تحلل الجلوكوز. وهو أيضًا المرحلة التي تُنتج فيها غالبية جزيئات ATP. فتُستخدم الإلكترونات عالية الطاقة وأيونات الهيدروجين من جزيئات NADH و $FADH_2$ المنتجة في دورة كربس لتحويل ADP إلى ATP.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالم الطاقة الحيوية إنّ عالم الطاقة الحيوية هو الباحث الذي يدرّس انتقالات الطاقة في الخلايا. ويدرس بعض علماء الطاقة الحيوية الأجسام الفتيلية وعلاقتها بالشيخوخة والمرض.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

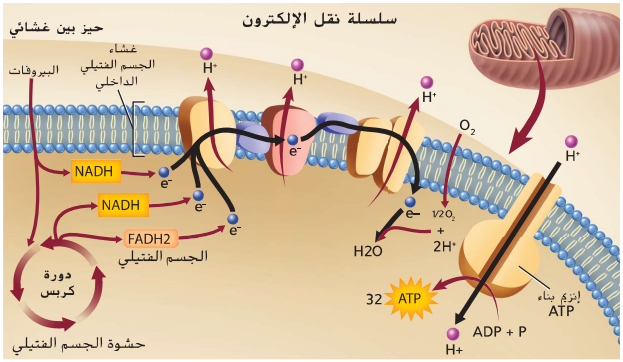
مقتطف من بحث

استراتيجيات القراءة تشير البحوث في مجال التربية إلى أهمية تزويد الطلاب باستراتيجيات القراءة مثل الاستراتيجية المُبيّنة في هذه الصفحة. وسيتحسَّن فهم الطلاب للنص عندما تقدَّم لهم استراتيجيات لتطوير مهارات التساؤل الذاتي ومهارات التفكير العليا للاستفادة منها في المفاهيم. (ماكتيج، 1996)

■ **سؤال حول الشكل 13** من البيروفات إلى حمض الستريك ثُم إلى مركّب خماسي الكربون ثُم إلى مركّب رباعي الكربون

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 286 1/11/2017 2:59:59 PM



■ **الشكل 14** تحدث عملية نقل الإلكترون على طول غشاء الأجسام الفتيلية.
قارن وقابل بين عملية نقل الإلكترون خلال التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.

تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الأجسام الفتيلية من بروتين إلى آخر كما هو مبيَّن في **الشكل 14**. وتتحول الجزيئات الناقلة للطاقة NADH و $FADH_2$ إلى جزيئات NAD^+ و FAD بفقدانها للإلكترونات. وتُطلَق أيونات H^+ إلى حشوة الأجسام الفتيلية. تُضَخّ أيونات H^+ إلى الحشوة عبر الغشاء الداخلي للأجسام الفتيلية. ثم تنتشر هذه الأيونات بتركيز أقل عابرةً الغشاء نحو الحشوة عبر جزيئات إنزيم بناء ATP خلال العملية الأسموزية الكيميائية. الجدير بالذكر أنّ عمليتي نقل الإلكترون والأسموزية الكيميائية في التنفس الخلوي تتشابهان مع نظيرتيهما في عملية البناء الضوئي. إنّ الأكسجين هو المُستقبِل النهائي للإلكترون في نظام نقل الإلكترون خلال عملية التنفس الخلوي. وتنتقل الإلكترونات والبروتونات إلى الأكسجين لإنتاج الماء.

ينتج عن عملية نقل الإلكترون 32 جزيء ATP إجمالًا. ويُنتج كل جزيء NADH ثلاثة جزيئات ATP، بينما تُنتج كل مجموعة $FADH_2$ جزيئَي ATP. وفي حقيقيات النواة، يُنتج جزيء واحد من الجلوكوز 36 جزيء ATP في الظروف المثالية.

التنفس الخلوي في بدائيات النواة تقوم بعض بدائيات النواة أيضًا بالتنفس الهوائي، ونظرًا إلى أنها لا تحتوي على أجسام فتيلية، فثمة اختلافات في تلك العملية. تتضمن الاختلافات الرئيسة استخدام الغشاء الخلوي لبدائيات النواة ليكون منطقة نقل الإلكترون، فينتقل البيروفات في الخلايا حقيقية النواة إلى الأجسام الفتيلية. بينما، في بدائيات النواة، تكون تلك العملية غير ضرورية مما يوفر للخلية بدائية النواة جزيئَي ATP ويزيد الناتج النهائي من ATP إلى 38 جزيئًا.

التنفس اللاهوائي

يمكن أن تعمل بعض الخلايا لفترة قصيرة عند انخفاض معدلات الأكسجين. وحيث إنّ بعض بدائيات النواة كائنات لاهوائية، فإنها تنمو وتتكاثر بلا أكسجين. تستمر تلك الخلايا في بعض الحالات في إنتاج جزيئات ATP عن طريق عملية التحلل السكري. ومع ذلك، تظهر مشكلات بسبب الاعتماد على التحلل السكري فقط للحصول على الطاقة. فالتحلل السكري يوفّر جزيئَي ATP فقط لكل جزيء من الجلوكوز. وتمتلك الخلية كمية محدودة من جزيئات NAD^+. وبغياب عملية تعويض جزيئات NAD^+، ستتوقف عملية التحلل السكري عند استخدام كل الجزيئات المتوافرة. إنّ المسار اللاهوائي الذي يلي التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي أو التخمّر. يحدث **التخمّر** في السيتوبلازم. ويُجدِّد مخزون الخلية من جزيئات NAD^+ أثناء إنتاجه كمية قليلة من جزيئات ATP. وللتخمّر نوعان رئيسان هما: تخمّر حمض اللاكتيك والتخمّر الكحولي.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

التركيز concentration

الاستخدام العلمي: المقدار النسبي لمادة مذابة في مادة أخرى
إنّ تركيز أيونات الهيدروجين أكبر على أحد طرفَي الغشاء من تركيزه على الطرف الآخر.

الاستخدام العام: توجيه الانتباه الكامل والتام
كان تركيز الطالب موجهًا إلى الامتحان.

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م **دمج الكيمياء**

ذكِّر الطلاب أنّ الإلكترونات هي جسيمات سالبة الشحنة تدور حول نواة الذرّة. قد يواجه الطلاب صعوبةً في استيعاب أنّ الإلكترونات الخارجية تستطيع الانتقال من جزيء إلى آخر أو من ذرّة إلى أخرى. شجِّع الطلاب على مراعاة أنّ الإلكترونات عبارة عن جسيمات سالبة الشحنة وأنّ حركة تلك الجسيمات خلال سلسلة نقل الإلكترون تعتمد على وجود شحنات موجبة لكي تجذبها.

ك دعم الكتابة

د م ض م ف م **كتابة سردية**

كلّف الطلاب كتابة فقرة تلخّص سلسلة نقل الإلكترون. وأخبرهم بتضمين الغرض من سلسلة نقل الإلكترون ومكان حدوث التفاعلات في الخلية والجزيئات المهمة التي تشارك في هذه العملية.

■ **سؤال حول الشكل 14** يحدث نقل الإلكترون على طول غشاء الجسم الفتيلي في التنفس الخلوي وعلى طول غشاء الثايلاكويد في البناء الضوئي.

عرض توضيحي

التخمُّر الكحولي في بداية الحصة، اصنع خليطًا من خميرة الخباز والماء والسكر في دورق، ثم قم بمطّ بالون بإحكام على فوهة الدورق. مع تكوّن ثاني أكسيد الكربون، سينتفخ البالون. وضِّح للطلاب أنّه عند صنع الخبز الذي يحتوي على خميرة، فإنّ العجين يرتفع نتيجة لزيادة إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون.
الوقت المقدَّر: 10 min

McGraw-Hill Education © حقوق الطبع والتأليف محفوظة لصالح مؤسسة

CH10.indb 287 1/11/2017 2:59:59 PM

تطوير المفاهيم

د م ض م ف م **مراجعة** راجع المفاهيم الرئيسة في البناء الضوئي. **اسأل الطلاب: ما البناء الضوئيّ؟** تحوِّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية **ما مرحلتا البناء الضوئي؟** التفاعلات الضوئية والتفاعلات اللاضوئية **أين تحدث هذه التفاعلات؟** تحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويد، بينما تحدث التفاعلات اللاضوئية في الحشوة. **ما الناتج الرئيس للتفاعلات الضوئية؟** ATP **ما الناتج الرئيس للتفاعلات اللاضوئية؟** السكريات الأحادية

مساحة لتحليل البيانات 1

توضيحات عن الموضوع

- يمثّل الإحساس بالخمول أحد أعراض العدوى الفيروسية. فيمكن للفيروس المهاجِم أن يقلل كمية ATP التي تُنتجها الخلية، وقد يؤدي انخفاض إنتاج ATP إلى إضعاف قدرة الجسم على تكوين استجابة مناعية.
- راجع أيضًا Forsyth, et al. 1999. Therapeutic effects of oral NADH on the symptoms of patients with chronic fatigue syndrome. *Annals of Allergy, Asthma, and Immunology* 82: 185–191.

فكّر بشكل ناقد

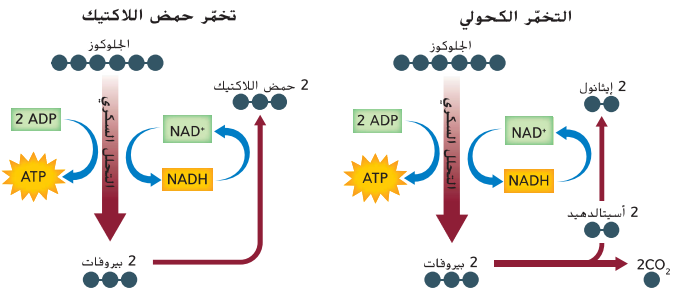
1. لقد تسبب الفيروس في زيادة إنتاج حمض اللاكتيك بعد مرور أربع ساعات.
2. بعد مرور 8 ساعات، تسبب الفيروس في زيادة إنتاج حمض اللاكتيك بنسبة 75% تقريبًا وانخفاض إنتاج ATP بنسبة 28% تقريبًا.
3. بسبب انخفاض معدل بناء جزيئات ATP

■ **سؤال حول الشكل 15**
يعمل تخمر حمض اللاكتيك على تعويض مخزون مركّب NAD^+ عن طريق تحويل البيروفات إلى حمض لاكتيك، ويحوّل التخمر الكحولي البيروفات إلى الإيثانول وثاني أكسيد الكربون لتعويض NAD^+. وتحدث العمليتان من دون أكسجين.

التدريس المتمايز

دون المستوى ميِّز بين الدروس عندما يكون في الصف طلاب ذوو قدرات مختلفة. على سبيل المثال، يُمكن تعديل السؤال الحسابي المذكور في "مُختبر تحليل البيانات" ليناسب الطلاب الذين هم دون المستوى عن طريق مطالبتهم بتحديد النسبة المئوية فقط لإنتاج حمض اللاكتيك.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



■ **الشكل 15** عندما ينعدم الأكسجين أو يتوفر بكون قليلًا، يمكن أن تحدث عملية التخمّر. **قارن وقابل بين تخمّر حمض اللاكتيك والتخمّر الكحولي.**

الربط بالصحة **تخمّر حمض اللاكتيك** في تخمّر حمض اللاكتيك، تعمل الإنزيمات على تحويل البيروفات الناتج عن التحلل السكري إلى حمض اللاكتيك، كما هو مبيّن في **الشكل 15**. ويتضمن ذلك نقل الإلكترونات والبروتونات عالية الطاقة من NADH. تجدر الإشارة إلى أنّ العضلات الهيكلية تنتج حمض اللاكتيك عندما يعجز الجسم عن إمدادها بالأكسجين الكافي، كما هو الحال عند ممارسة التمارين الشاقة. وعندما يتجمع حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية، تُصاب العضلات بالإجهاد وقد تشعر بالألم. إضافةً إلى ذلك، يُنتج العديد من الكائنات الحية الدقيقة حمض اللاكتيك، وتُستخدم تلك الكائنات غالبًا لإنتاج العديد من الأطعمة مثل الجبن ولبن الزبادي والمشدة الحامضة.

التخمّر الكحولي يحدث التخمّر الكحولي في الخميرة وبعض أنواع البكتيريا. يبيّن **الشكل 15** التفاعل الكيميائي الذي يحدث أثناء التخمّر الكحولي عندما يتحول البيروفات إلى كحول إيثيلي وثاني أكسيد الكربون. وبشكل مشابه لتخمّر حمض اللاكتيك، تفقد جزيئات NADH الإلكترونات أثناء هذا التفاعل وتتجدد جزيئات NAD^+.

مساحة لتحليل البيانات 1

استنادًا إلى دراسات*

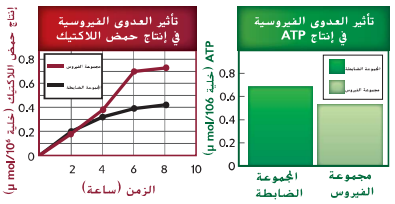
فسِّر البيانات

كيف تؤثر العدوى الفيروسية في التنفس الخلوي؟ يمكن للعدوى الفيروسية أن تؤثر بشكل كبير في عملية التنفس الخلوي وفي قدرة الخلايا على إنتاج جزيئات ATP. لاختبار تأثير العدوى الفيروسية في مراحل التنفس الخلوي، تمّ إصابة بعض الخلايا بعدوى فيروسية، وقياس كميات حمض اللاكتيك وجزيئات ATP الناتجة.

فكّر بشكل ناقد

1. **حلِّل** كيف أثّر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك داخل الخلايا؟
2. **احسب** بعد مرور 8 ساعات، ما النسبة المئوية لارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في مجموعة الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما النسبة المئوية لانخفاض إنتاج جزيئات ATP؟

البيانات والملاحظات

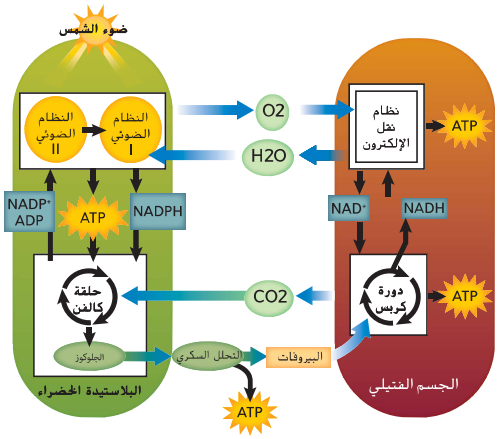


3. **استدلّ** ما سبب شعور الشخص المصاب بفيروس الإنفلونزا بالتعب؟

*أخذت البيانات من: El-Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme 6–phosphofructo-1–kinase. *Molecular and Cellular Biochemistry* 266: 191–198.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

CH10.indb 288 1/11/2017 3:00:00 PM



الشكل 16 تُشكل عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا دورة إذ تشكّل نواتج أحد هذين المسارين الأيضيّين متفاعلات المسار الأيضي الآخر.

البناء الضوئي والتنفس الخلوي

كما سبق وتعلمت، فإن عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي عمليتان مهمتان تستخدمهما الخلايا للحصول على الطاقة، وتُعتبران مسارَين أيضيَّين لإنتاج الكربوهيدرات البسيطة وتحليلها. يبيّن **الشكل 16** الارتباط بين هاتين العمليتين. تذكَّر أنّ ناتجي عملية البناء الضوئي هما الأكسجين والجلوكوز، اللذان هما المتفاعلان في عملية التنفس الخلوي، وأن ناتجي عملية التنفس الخلوي هما ثاني أكسيد الكربون والماء، وهما المتفاعلان في عملية البناء الضوئي.

التفكير الناقد

ف م وضع فرضية

اسأل الطلاب: إذا تناولت مشروبًا غازيًا يحتوي على *33* جرامًا من السكر (سكروز)؛ فلماذا لا تكتسب وزن هذا السكر؟ يُخزِّن الجسم جزءًا فقط من الـ 33g، ويُحلِّل الباقي، فيتحلل السكر حتى يتحوّل في النهاية إلى CO_2 عن طريق التنفس الهوائي. ثم تتحد ذرات الهيدروجين الموجودة في جزيئات السكروز مع غاز الأكسجين لإنتاج الماء. ويجري التخلّص من معظم الماء الناتج عن طريق التنفس والتبوّل، لكن الخلية تحتفظ ببعضها. وإذا لم يكن التنفس الخلوي بحاجة إلى السكر، فإنه سيتحوّل إلى جزيئات تخزين بوليمرية، كالجلايكوجين والدهون.

التقويم التكويني

التقييم

اسأل الطلاب: ما نوع الطاقة التي يتحوّل إليها ضوء الشمس أثناء البناء الضوئي؟ طاقة كيميائية **ما نوع الطاقة التي تُختزَن في الجلوكوز الموجود في الغذاء؟** طاقة كيميائية **ما نوع الطاقة التي يتحول الجلوكوز إليها؟** طاقة كيميائية خلوية على شكل جزيئات ATP. ذكّر الطلاب أنّ الطاقة الكيميائية يمكن أن تتواجد في عدة أشكال.

المعالجة اطلب من الطلاب إنشاء مخطط ثنائي الأعمدة لإدراج خصائص البناء الضوئي في أحدهما وسرد المفاهيم المهمة المتعلقة بالتنفس الخلوي في الآخر.

القسم 3 التقويم

ملخص القسم

- تستخدم العديد من الكائنات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- إنّ NADH و $FADH_2$ هما ناقلا إلكترونات مهمين لعملية التنفس الخلوي.
- في غياب الأكسجين، تستطيع الخلايا الإبقاء على عملية التحلل السكري باللجوء إلى التخمّر.

فهم الأفكار الأساسية

1. **الفكرة الأساسية لخّص** مراحل عملية التنفس الخلوي.
2. **حدّد** عدد ذرات الكربون الناتجة عن جزيء جلوكوز واحد والتي تدخل جولة واحدة من دورة كربس.
3. **فسّر** طريقة استخدام الإلكترونات عالية الطاقة في عملية نقل الإلكترون.
4. **صِف** دور التخمُّر في الحفاظ على مستويات جزيئات ATP وNAD^+.

فكّر بشكل ناقد

الرياضيات في علم الأحياء

5. ما عدد جزيئات ATP و NADH و $FADH_2$ الناتجة عن كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة عن العدد الصافي للجزيئات المتاحة؟
6. **قارن وقابل** بين نوعَي التخمّر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3 التقويم

1. يفصل التحلُّل السكري الجلوكوز إلى جزيئَي سكريات أصغر؛ توفِّر دورة كربس الإلكترونات لعملية نقل الإلكترون؛ يُنتِج نقل الإلكترون معظم جزيئات ATP الناتجة عن التنفس الخلوي.
2. تتم معالجة ثلاث ذرات كربون (بيروفات) من جزيء الجلوكوز سداسي الكربون الأصلي، بينما تدخل الذرات الثلاث الأخرى (كبيروفات) إلى دورة كربس منفصلة.
3. تُنقَل أزواج الإلكترونات من NADH و $FADH_2$ لتحويل ADP إلى ATP.
4. أثناء التخمّر، يفقد NADH الإلكترونات لتتجدد.
5. المرحلة الأولى (التحلُّل السكري): 4 جزيئات ATP وجزيئا NADH؛ المرحلة الثانية (دورة كربس): جزيئا ATP و 8 جزيئات NADH وجزيئا $FADH_2$؛ المرحلة الثالثة (نقل الإلكترون): 32 جزيء ATP. يحتاج بدء التحلُّل السكري إلى إلكترونَين. لذلك تتمثّل محصلة إنتاج جزيئات ATP من التحلُّل السكري في جزيئين.
6. يعمل تخمر حمض اللاكتيك على تعويض مخزون NAD^+ عن طريق تحويل البيروفات إلى حمض اللاكتيك. ويحوّل التخمر الكحولي البيروفات إلى الإيثانول وثاني أكسيد الكربون لتعويض NAD^+. وتحدث العمليتان من دون أكسجين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3 • التنفس الخلوي 289

CH10.indb 289 1/11/2017 3:00:01 PM

الهدف

سيفهم الطلاب طريقة استخدام العلماء للحمض النووي للأجسام الفتيلية كوسيلة للتعرف على الأسلاف السابقة للإنسان.

توجيه استباقي

اسأل الطلاب: ما المقصود بالأجسام الفتيلية في الخلية؟ إنّ الأجسام الفتيلية محطات توليد الطاقة في الخلية؛ فهي المسؤولة عن إنتاج الطاقة. **ما الدور الذي تقوم به الأجسام الفتيلية؟** إنّ الأجسام الفتيلية مواقع العمليات الحيوية المعقدة، مثل دورة كربس وسلسلة نقل الإلكترون. **كيف يمكن أن تساعد الأجسام الفتيلية في تحديد مكان نشأة الإنسان؟** ستتنوّع الإجابات لكن يجب أن تعكس استنتاجات علمية.

الخلفية

يمثّل DNA (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين) المادة الوراثية. وبالرغم من أنّ DNA اللازم لأغلب وظائف الخلية موجود في نواة الخلية، إلا أنّ الأجسام الفتيلية تحتوي على DNA الدائري الخاص بها. فالحمض النووي للأجسام الفتيلية (mtDNA) هو DNA مميَّز عن DNA النووي وينتقل عبر جنس الإناث فقط لأنّ الأجسام الفتيلية للذريّة تأتي من بويضة الأم. كذلك يُستخدم DNA الكروموسوم Y في تحديد الوراثة في جنس الذكور. وبما أنّ كلًا من الحمض النووي للجسم الفتيلي (mtDNA) و DNA الكروموسوم Y لهما معدل طفرات يمكن توقّعه، فيمكن استخدامهما كجدول زمني وراثي للأنواع.

مستجدات في علم الأحياء

متابعة مراحل تطور البشر

لقد استُخدمت أدلة الـ DNA في حل القضايا الغامضة التي يعود تاريخها إلى عقود بل وقرون مضت، لكن تخيل كشف غموض لغز يعود تاريخه إلى ملايين السنين. هذا بالضبط ما يفعله العلماء عندما يستخدمون تحليل DNA لمتابعة مراحل تطور البشر.

صورة بالمجهر الإلكتروني المكبر: ×150,000

تتواجد الأجسام الفتيلية (في الأعلى) في الخلايا حيث تمدها بالطاقة. ويكون DNA الأجسام الفتيلية (باللون الأحمر) مستعلًا عن الـ DNA النووي (جهة اليسار) الموجود في نواة الخلية.

الـ DNA للأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا) قد تتساءل عن علاقة الأجسام الفتيلية بتحليل الـ DNA وتطور البشر. غالبًا ما تُسمى الأجسام الفتيلية بمركز توليد الطاقة في الخلية، فهي العضيات التي تُطلق فيها الخلية الطاقة المخزنة في الطعام. وتمتلك الأجسام الفتيلية DNA خاص بها، وهو أصغر بكثير من الـ DNA النووي وأكثر وفرةً نظرًا إلى وجوده خارج النواة. وكثرة عدد الأجسام الفتيلية في غالبية الخلايا. تجدر الإشارة إلى أنّ اكتشاف واستخراج DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) أسهل من اكتشاف واستخراج الـ DNA النووي، مما يجعله أداةً مفيدةً لكشف غموض بعض أصعب ألغاز العِلم.

يتمتع DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) بخاصية فريدة تجعله مفيدًا للغاية في متابعة مراحل تطور البشر. فالأجسام الفتيلية تُورَّث عبر النسب الأمومي. وعندما يندمج السائل المنوي مع البويضة أثناء الإخصاب، يندمج الـ DNA النووي لكلا المشيجين. لكنّ مصدر الأجسام الفتيلية الناتجة في النسل يكون البويضة وحدها. لذلك، يمكن استخدام الـ DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) في تتبُّع هوية الأم للأجيال المتعاقبة.

تتبُّع التطور يستخدم العلماء تحليل DNA لتتبُّع مسار مخلوقات ما قبل البشر، التي تُعرف بأسلاف الإنسان، أثناء انتشارها في أنحاء العالم. ويكون الـ DNA الجينومي الذي يُعثر عليه في أنوية الخلايا الخاصة بتلك العينات القديمة في حالة متدهورة أو بكميات ضئيلة. إلا أنّ العلماء قد اكتشفوا أن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) متواجد بوفرة ويمكنهم استخدامه في التحليل.

تحدث الطفرات في DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) بأنماط يمكن توقعها نسبيًا، وتخضع تلك الأنماط للدراسة والمقارنة بواسطة العلماء. ويمكن للعلماء عن طريق مقارنة الطفرات في DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) أن يتتبعوا وراثة DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA). واستنادًا إلى تلك الدراسات على DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA)، فقد حدّد العلماء أن أحدث سلف مشترك لسكان الأرض اليوم هي "حواء الأجسام الفتيلية". ويُعتقد أن هذه الأخيرة هي امرأة عاشت في أفريقيا قبل حوالي 200,000 عام.

بناءً على نظرية "حواء الأجسام الفتيلية"، تُجرى دراسة دولية لتتبُّع هجرة البشر القدامى وأسلافهم. ويعتمد المشروع على تسلسلات DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) في الإناث، بينما يستخدم تسلسلات من الكروموسوم Y لتتبُّع أسلاف الذكور.

الكتابة في علم الأحياء

ورقة بحثية قم بإجراء بحث عن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA). اختر أحد جوانب الأبحاث الحالية عن DNA الأجسام الفتيلية (mtDNA) واكتب ورقة بحثية عنه.

الكتابة في علم الأحياء

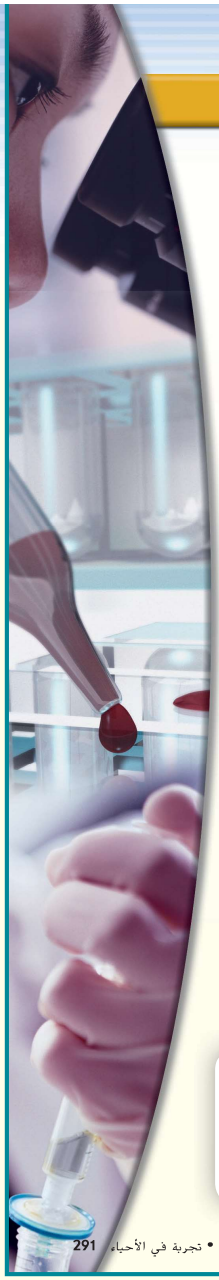
المناقشة ناقش كيف يمكن استخدام الطفرات في الحمض النووي للجسم الفتيلي mtDNA و DNA الكروموسوم Y كموقّت وراثي نظرًا إلى حدوث طفرات عشوائية في كل منهما بمعدل ثابت نسبيًا. ناقش أيضًا كيف يسهُل تعقُّب طفرات mtDNA نظرًا إلى انتقالها مباشرةً من الأم إلى الطفل.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

CH10.indb 290 1/11/2017 3:00:02 PM

تجربة في الأحياء

صمِّمها بنفسك



هل تؤثر الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي؟

الخلفية: **تحتاج الكائنات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمام تلك العملية. ويتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة من الضوء موجودة في الطيف الضوئي المرئي، ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. ستُصمم في هذا المختبر تجربة لاختبار تأثير الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي.**

السؤال: كيف تؤثر الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدلات البناء الضوئي؟

المواد المحتملة

اختر مواد مناسبة لهذه التجربة.
نبتة مائية
دوارق مخروطية
أنابيب اختبار (15 mL)
أسطوانة مدرجة (10 mL)
مسطرة مترية
ورق سيلوفان مُلون (ألوان مختلفة)
رقائق ألمنيوم
مصباح مزود بعاكس ولمبة بقدرة 150 W
محلول صودا الخبز (0.25%)
ساعة بمؤشر للثواني

الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

خطط للتجربة ونفذها

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. توقَّع طريقة تأثير الأطوال الموجية المختلفة للضوء في معدل البناء الضوئي للنبتة الخاصة بك.
3. صمِّم تجربة لاختبار توقعك. واكتب قائمة بالخطوات التي ستتبعها. وحدِّد العوامل الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. اشرح طريقة توليد ضوء بأطوال موجية مختلفة وإمداد النبات بثاني أكسيد الكربون وحساب معدل إنتاج النبات للأكسجين.
5. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على الخطة قبل أن تبدأ.
7. أجر تجربتك حسب ما وافق عليها المعلم.
8. **التنظيف والتخلص من المخلفات** نظِّف كل المعدات بحسب توجيهات معلمك وأعد الأدوات إلى أماكنها الصحيحة. تخلص من مواد النبتة وفق إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلّل واستنتج

1. **حدِّد** العوامل الضابطة والمتغيرات في تجربتك.
2. **اشرح** طريقة حسابك لمعدل البناء الضوئي.
3. **مثِّل** بياناتك بيانيًا.
4. **صِف** طريقة تأثُّر معدل البناء الضوئي بالأطوال الموجية المختلفة للضوء بناءً على بياناتك.
5. **ناقش** ما إذا كانت البيانات تدعم توقعاتك أم لا.
6. **تحليل التباينات** حدِّد المصادر المحتملة للتباينات في تصميم التجربة والإجراءات وجمع البيانات.
7. **اقترح** طريقة تقليل مصادر التباينات هذه إذا كررت التجربة.

شارك

مراجعة الأقران انشر بياناتك وتمثيلك البياني في مقدمة الغرفة. وراجع البيانات التي نشرها الطلاب الآخرون. ثمّ ناقش تعليقات الطلاب الآخرين واستخدمها لتحسين وسائلك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة في الأحياء

صمِّمها بنفسك

الوقت المقدَّر 45 min

خلفية عن المحتوى تقوم النباتات المائية الخضراء والطحالب بعملية البناء الضوئي تحت الماء، منتجةً الأكسجين المذاب. تستخدم معظم الكائنات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي الكلوروفيل *a*، الذي يمتص الضوء عند الأجزاء البنفسجية أو الحمراء من الطيف بأقصى فاعلية، بينما يقوم بذلك في الضوء الأزرق أو الأخضر أو الأصفر أو البرتقالي بأقلّ فاعلية.

مواد بديلة
أوانٍ سعتها 100 mL وشريط لاصق وميزان وأدوات الأكسجين المذاب وحجرة تفاعل وبعض النباتات المائية الخضراء الأخرى وساعة الحائط في غرفة الصف

احتياطات السلامة ناقش المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل. تأكد من تجفيف أيدي الطلاب ومناطق العمل عند التعامل مع الأدوات الكهربائية.

استراتيجيات التدريس
- ضَع المواد النباتية المائية في وعاء كبير تحت مصباح لمدة 10 دقائق تقريبًا لتقليل الوقت اللازم لبدء عملية البناء الضوئي.
- تؤدي تغطية المصباح بورق السيلوفان بألوان معيّنة إلى ترشيح أطوال موجية مختلفة للضوء.

عرض إيضاحي بديل
ضع دورقًا أو أنبوب اختبار مع غصن تحت المصابيح المغطاة بورق السيلوفان الملوَّن. اطلب متطوعين من الطلاب لقياس الأكسجين الناتج عن التعرض للأطوال الموجية المختلفة للضوء.

التنظيف والتخلص من المخلفات
أعِد المواد النباتية إلى حوض الماء.

حلّل واستنتج

1. قد تتضمّن الضوابط أحجامًا متساوية من الماء ومحلول بيكربونات الصوديوم والضوء الأبيض. قد تتضمّن المتغيّرات الأطوال الموجية للضوء الناتجة من ورق السيلوفان الملون.
2. ستعتمد الإجابات على طريقة قياس الطلاب لإنتاج الأكسجين. يُقاس معدل عملية البناء الضوئي عن طريق قياس إنتاج الأكسجين.
3. يجب أن تُظهر التمثيلات البيانية حدوث أعلى معدلات البناء الضوئي في الضوء الأحمر والبنفسجي، وحدوثه بمعدلات أقلّ أو انعدامه في الأطوال الموجية الأخرى.
4. سيكون معدل البناء الضوئي أعلى ما يمكن في الضوء الأحمر والبنفسجي. يجب أن يحدث البناء الضوئي بمعدل قليل أو أن لا يحدث مطلقًا في الضوء الأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالي.
5. ستعتمد الإجابات على البيانات وتوقعات الطلاب.
6. يؤثّر تحريك النباتات في الإناء أو ترك جزء من النبات خارج الماء في إنتاج الأكسجين. قد تشمل الأخطاء الأخرى عدم تغطية المصباح بالكامل بورق السيلوفان أو ترك هواء في الجزء العلوي من أنبوب الاختبار.
7. توخَّ الحذر عند استخدام المواد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 291 1/11/2017 3:00:02 PM

الموضوع المحوري **الطاقة** الشمس هي مصدر كل الطاقة على سطح الأرض تقريبًا. وتتحول هذه الطاقة من خلال عملية البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية على المستوى الخلوي.

الفكرة الرئيسة **تحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين يستخدم التنفس الخلوي الطاقة الكيميائية للقيام بالوظائف الحيوية.**

القسم 1 كيف تحصل الكائنات الحية على الطاقة

energy	الطاقة
thermodynamics	الديناميكية الحرارية
metabolism	الأيض
photosynthesis	البناء الضوئي
cellular respiration	التنفس الخلوي
adenosine triphosphate (ATP)	أدينوسين ثلاثي الفوسفات

الفكرة الأساسية **تستخدم جميع الكائنات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.**

- يحرّك قانونا الديناميكية الحرارية عملية انتقال الطاقة وتحوّلها في الكائنات الحية.
- تصنع بعض الكائنات غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الطعام الذي يبتلعه ويهضمه.
- تخزّن الخلايا الطاقة وتُطلقها من خلال تفاعلات الهدم والبناء المترابطة.
- إنّ الطاقة المنطلقة جرّاء تحلّل جزيء ATP تحرّك الأنشطة الخلوية.

القسم 2 البناء الضوئي

thylakoid	الثايلاكويد
granum	الجرانم
stroma	الحشوة
pigment	الصبغة
$NADP^+$	$NADP^+$
calvin cycle	حلقة كالفن
rubisco	روبيسكو

الفكرة الأساسية **أثناء عملية البناء الضوئي، تُحبَس الطاقة الضوئية تحليل وتتحوّل إلى طاقة كيميائية.**

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ ماصّة للضوء تُحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمرّ عملية البناء الضوئي بمرحلتين تشملان التفاعلات الضوئية وحلقة كالفن.
- أثناء التفاعلات الضوئية، تمتص الكائنات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و$NADPH$.
- في حلقة كالفن، تُستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و$NADPH$ لبناء الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.

القسم 3 التنفس الخلوي

anaerobic process	العملية اللاهوائية
aerobic respiration	التنفس الهوائي
aerobic process	العملية الهوائية
glycolysis	التحلل السكري
krebs cycle	دورة كربس
fermentation	التخمر

الفكرة الأساسية **تحصل الكائنات الحية على الطاقة عن طريق تحليل الجزيئات العضوية أثناء عملية التنفس الخلوي.**

- تستخدم العديد من الكائنات الحية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- تضم عملية التنفس الخلوي ثلاث مراحل، وهي التنفس الخلوي ودورة كربس ونقل الإلكترونات.
- إنّ NADH و $FADH_2$ هما ناقلا إلكترونات مهمين لعملية التنفس الخلوي.
- في غياب الأكسجين، تستطيع الخلايا الإبقاء على عملية التحلل السكري باللجوء إلى التخمّر.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الوحدة 10

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

292 الوحدة 10 • دليل الدراسة

CH10.indb 292 1/11/2017 3:00:03 PM

القسم 1

مراجعة المفردات

الجمل التالية خطأ صحح كلًّا منها عبر استبدال الكلمة المائلة بمصطلح من صفحة دليل الدراسة.

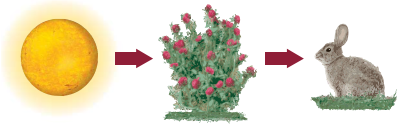
1. الأيض جزيء الطاقة في الخلية.
2. إن دراسة انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر تُسمى الطاقة.
3. للطاقة الحيوية أشكال كثيرة.
4. إنّ التفاعلات الكيميائية التي تحوّل الطاقة في الخلية تُسمّى الكائنات ذاتية التغذية.
5. تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

فهم الأفكار الأساسية

6. أي مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟
   A. لا تفنى ولا تستحدث
   B. القدرة على بذل شغل
   C. لها أشكال عديدة، منها الكيميائية والضوئية والميكانيكية
   D. تتغير تلقائيًا من عشوائية إلى منظمة

7. أي من الكائنات الحية التالية يعتمد على مصدر خارجي للمركّبات العضوية؟
   A. الكائن الحيّ ذاتي التغذية
   B. الكائن الحيّ غير ذاتي التغذية
   C. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الكيميائية
   D. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الضوئية

استخدم الصورة التالية للإجابة عن السؤال 8.



8. **الموضوع المحوري الطاقة** أي جزء في هذه السلسلة الغذائية يوفّر الطاقة إلى جزء آخر واحد فقط؟
   A. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الكيميائية
   B. الكائن الحيّ غيرّ التغذية
   C. الشمس
   D. الكائن الحيّ ذاتي التغذية الضوئية

9. ما الذي تخزّنه الخلايا وتطلقه كمصدر رئيس للطاقة الكيميائية؟
   A. ATP
   B. ADP
   C. $NADP^+$
   D. NADPH

الإجابة المبنية

10. **الفكرة الأساسية** كيف تختلف الكائنات الحية ذاتية التغذية عن الكائنات الحية غيرية التغذية من حيث طريقة حصولها على الطاقة؟
11. **إجابة مفتوحة** استخدم تشبيهًا لتصف دور جزيء ATP في الكائنات الحية.

فكّر بشكل ناقد

12. **صِف** كيفية انطلاق الطاقة من جزيء ATP.
13. **اربط** بين تفاعلات الهدم والبناء. ثم وضّح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

القسم 2

مراجعة المفردات

اكتب مصطلحًا من صفحة دليل الدراسة ينطبق على كل تعريف مما يلي.

14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية
15. مجموعة من أقراص الثايلاكويد
16. جزيء ملون يمتص الضوء
17. عملية تُخزّن خلالها الطاقة في الجزيئات العضوية

فهم الأفكار الأساسية

استخدم المعادلة التالية للإجابة عن السؤال *18*.

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

18. ما ناتج عملية البناء الضوئي الذي ينطلق في البيئة؟
   A. ثاني أكسيد الكربون
   B. الماء
   C. الأكسجين
   D. الأمونيا

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

القسم 1

مراجعة المفردات

1. أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)
2. الديناميكا الحرارية
3. الطاقة
4. الأيض
5. البناء الضوئي

فهم الأفكار الأساسية

6. D
7. B
8. D
9. A

الإجابة المبنية

10. تحصل الكائنات ذاتية التغذية على الطاقة عن طريق امتصاص الطاقة الضوئية من الشمس، في حين تحصل الكائنات غير ذاتية التغذية على الطاقة من الطاقة الكيميائية المُخزّنة في الغذاء.
11. التشبيه المحتمل: في الخلايا الحية، يشبه مركّب ATP البنزين المُستخدم لاستمرار حركة السيارة.

فكّر بشكل ناقد

12. تنطلق الطاقة من مركّب ATP عندما يتحلل (التحلل المائي) إلى مركّب ADP ومجموعة فوسفات.
13. تُخزّن مسارات البناء الطاقةَ عن طريق بناء الجزيئات، في حين تُحرّر مسارات الهدم الطاقة عن طريق تحليل الجزيئات.
ستتنوع التشبيهات لكن يجب أن تُظهر العلاقة بين النواتج والمتفاعلات.

القسم 2

مراجعة المفردات

14. الثايلاكويد
15. الجرانم
16. الصبغة
17. حلقة كالفن

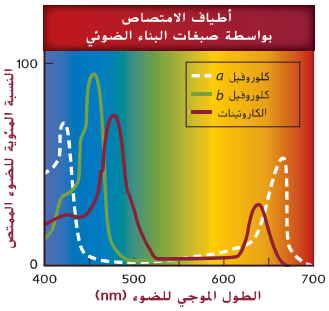
فهم الأفكار الأساسية

18. C

CH10.indb 293 1/11/2017 3:00:04 PM

19. أي مما يلي يُمثّل الغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء المنظم في صورة أكياس غشائية مسطحة؟
A. الثايلاكويد
B. الأجسام الفتيلية
C. الكيس (الغِمد)
D. الحشوة

استخدم الصورة التالية للإجابة عن السؤال *20*.



20. من أي طول موجيّ للضوء تمتص الكاروتينات النسبة المئوية الأكبر من الضوء؟
A. 400
B. 500
C. 600
D. 700

21. أي مما يلي يُعدّ مصدر الطاقة اللازم لبناء الكربوهيدرات خلال حلقة كالفن؟
A. CO_2 و ATP
B. ATP و NADPH
C. NADPH و H_2O
D. H_2O و O_2

الإجابة المبنية

22. الفكرة الأساسية لخّص مراحل عملية البناء الضوئي. ثم حدّد موقع حدوث كل مرحلة في البلاستيدة الخضراء.

23. إجابة قصيرة لماذا يُعدّ إطلاق أيونات الهيدروجين ضروريًا في إنتاج ATP خلال عملية البناء الضوئي؟

24. إجابة قصيرة اشرح سبب اعتماد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية.

فكّر بشكل ناقد

25. اشرح العبارة التالية: إنّ الأكسجين المنطلق من عملية البناء الضوئي هو مجرد ناتج ثانوي يتكوّن أثناء إنتاج جزيئات ATP والكربوهيدرات.

26. توقَّع تأثير قطع الغابات في عملية التنفس الخلوي لدى الكائنات الحية الأخرى.

27. صِف مسارين بديلين لعملية البناء الضوئي في النباتات. اقترح الطريقة التي يمكن لهذين النوعين من التكيّف أن يساعدا بها النباتات.

القسم 3

مراجعة المفردات

عرّف المفردات التالية بجملة تامة.

28. دورة كربس

29. العملية اللاهوائية

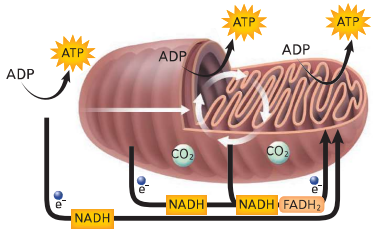
30. التخمّر

31. هوائي

32. التحلل السكري

فهم الأفكار الأساسية

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين *33* و *34*.



33. ما العضية التي يبيّنها الشكل أعلاه؟
A. جهاز جولجي
B. الجسم الفتيلي
C. النواة
D. الشبكة البلازمية الداخلية

34. ما العملية التي لا تحدث في العضية المبيّنة في الشكل أعلاه؟
A. التحلل السكري
B. دورة كربس
C. تحوّل البيروفات إلى أسيتيل مرافق الإنزيم A (CoA)
D. نقل الإلكترونات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

19. A
20. B
21. B

الإجابة المبنية

22. التفاعلات الضوئية – يمتص الكلوروفيل ضوء الشمس فيُنتج مركّبي ATP و NADPH. التفاعلات اللاضوئية (أو حلقة كالفن) – يُستخدَم مركّبا ATP و NADPH لتوفير الطاقة اللازمة لتحوُّل ثاني أكسيد الكربون إلى سكروز.

23. يُعدّ تحرير أيون الهيدروجين ضروريًا لإنتاج مركّب ATP لأنه يوفّر الطاقة اللازمة لتحوُّل مركّب ADP إلى ATP عن طريق إنزيم بناء ATP.

24. تعتمد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية لتوفير الطاقة (ATP وNADPH) اللازمة لإنتاج السكروز.

فكّر بشكل ناقد

25. ينطلق الأكسجين في الغلاف الجوي أثناء بناء السكروز وهو ليس ناتجًا يتكوّن لتستخدمه الكائنات ذاتية التغذية.

26. ستقلل عملية إزالة الغابات من عدد الأشجار المتاحة للقيام بعملية البناء الضوئي، ومن ثم سيقلّ الأكسجين الذي ينطلق في الغلاف الجوي ما يؤدي في النهاية إلى انخفاض كمية الأكسجين المتاحة لعملية التنفس الخلوي.

27. المسار C_4: يُثبّت ثاني أكسيد الكربون في جزيئات رباعية الكربون بدلًا من الجزيئات ثلاثية الكربون في حلقة كالفن؛ تتميّز النباتات بتعديلات في ترتيب خلايا الأوراق؛ يساعد النبات في استمرار البناء الضوئي مع الحد من فقدان الماء؛ البناء الضوئي بأيض الحمض العصاري؛ يدخل ثاني أكسيد الكربون في المساء فقط عند تثبيته في شكل مركّبات عضوية؛ أثناء النهار، ينطلق CO_2 من تلك المركّبات ويدخل حلقة كالفن؛ يسمح بامتصاص كمية كافية من CO_2 مع الحد من فقدان الماء. يساعد كلا المسارين النبات على البقاء على قيد الحياة في المناخات القاسية.

القسم 3

مراجعة المفردات

28. تتحلل البيروفات إلى ثاني أكسيد الكربون أثناء حلقة الحمض ثلاثي الكربوكسيل (TCA) أو دورة كربس.

29. تحدث العمليات اللاهوائية في غياب الأكسجين.

30. نوعا التخمر هما تخمر حمض اللاكتيك والتخمّر الكحولي.

31. تتطلب العمليات الهوائية وجود الأكسجين.

32. يتحلل الجلوكوز خلال عملية التحلل السكري.

فهم الأفكار الأساسية

33. B
34. A

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

CH10.indb 294 1/11/2017 3:00:06 PM

35. أي مما يلي ليس من مراحل التنفس الخلوي؟
- **A.** التحلل السكري
- **B.** دورة كريس
- **C.** سلسلة نقل الإلكترون
- **D.** تخمّر حمض اللاكتيك

36. ما الذي يُنتَج عندما تغادر الإلكترونات سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وترتبط مع المستقبِل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟
- **A.** H_2O
- **B.** O_2
- **C.** CO_2
- **D.** CO

37. في أي جزيء تُخزّن معظم الطاقة الناتجة عن الجلوكوز عند نهاية عملية التحلل السكري؟
- **A.** البيروفات
- **B.** الأسيتيل مرافق الإنزيم A
- **C.** ATP
- **D.** NADH

الإجابة المبنية

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

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

40. إجابة قصيرة لماذا تشعر بألم في عضلاتك بعد القيام بالكثير من التمارين الشديدة؟

فكّر بشكل ناقد

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

42. الفكرة الأساسية ما مزايا الأيض الهوائي مقارنة بالأيض غير الهوائي من حيث إنتاج الطاقة في الكائنات الحية؟

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

التقويم الختامي

44. الفكرة الرئيسة ما المعادلات الكيميائية اللازمة لحدوث عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي؟ حلّل العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي باستخدام معادلات كلتا العمليتين.

45. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالة توضح فيها أهمية النباتات في النظام البيئي باستخدام ما تعرفه عن العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

أسئلة حول مستند

يُعدّ الكادميوم من المعادن الثقيلة السامة للإنسان والنبات والحيوان. وعادةً ما يكون موجودًا كأحد الملوثات في التربة. استخدم البيانات التالية لتجيب عن الأسئلة المتعلقة بتأثير الكادميوم في عملية البناء الضوئي في نبات الطماطم.

أخذت البيانات من: Chaffei, C., et al. 2004. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant and Cell Physiology* 45(11). 1681–1693.

46. كيف أثّر الكادميوم في حجم الورقة ومحتوى الكلوروفيل وسرعة عملية البناء الضوئي؟

47. أي تركيز من الكادميوم كان له التأثير الأكبر في حجم الورقة؟ وفي محتوى الكلوروفيل؟ وفي سرعة عملية البناء الضوئي؟

48. توقّع تأثيرات الكادميوم في عملية التنفس الخلوي في حال أكل حيوانٌ ما طماطم ملوّثة به.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح McGraw-Hill Education

35. D
36. A
37. C

الإجابة المبنية

38. تُوفّر أكسدة المركبين NADH و $FADH_2$ الإلكترونات التي تُستخدم في سلسلة نقل الإلكترون والتي توفّر الطاقة اللازمة لنقل أيونات الهيدروجين، ليتكوّن في النهاية مركّب ATP.

39. تأتي الإلكترونات الموجودة في سلسلة نقل الإلكترون من مركّبَي NADH و $FADH_2$. تتمثّل الوجهة النهائية للإلكترونات في الاندماج مع أيونات الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء.

40. يتولّد الشعور بالألم في العضلات بعد التمرين بسبب إنتاج حمض اللاكتيك عن طريق تخمّر البيروفات، وهو ما يحدث عند انخفاض مستويات الأكسجين.

فكّر بشكل ناقد

41. تأتي ذرات الأكسجين الموجودة في ثاني أكسيد الكربون من الجلوكوز، في حين يأتي الأكسجين الموجود في الماء من الغلاف الجوي.

42. يكون الأيض الهوائي أكثر فعاليةً في تكوين مركّب ATP لأن حلقة كريس وسلسلة نقل الإلكترون (اللذيْن يحتاج كل منهما إلى الأكسجين) يُنتجان 32 جزيئًا من المركّب ATP. بينما لا يُنتج التحلل السكري سوى جزيئين فقط من ATP.

43. البناء الضوئي: تتحرّك الإلكترونات على غشاء الثايلاكويد؛ التنفس الخلوي: تتحرّك الإلكترونات على طول غشاء الجسم الفتيلي.

التقويم الختامي

44. يجب أن تتضمّن الإجابات معادلات البناء الضوئي والتنفس الخلوي، ويجب أن توضّح أنّ كل عملية منهما عكس الأخرى. يحوّل البناء الضوئي CO_2 و H_2O إلى جلوكوز؛ بينما يحوّل التنفس الخلوي تلك السكريات إلى CO_2 و H_2O.

45. يجب أن تركز المقالات على انتقال الطاقة، بدايةً من ضوء الشمس.

أسئلة حول مستند

Chaffei, C., et al. 2004. Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant Cell Physiology* 45(11). 1681–1693.

46. أدى تزايد تركيزات الكادميوم إلى تقليل حجم الأوراق ومحتوى الكلوروفيل ومعدل حدوث البناء الضوئي.

47. كان للتركيز الأعلى أكبر تأثير في كل المتغيّرات الثلاثة التي جرى اختبارها.

48. ربما ينخفض معدل التنفس الخلوي نظرًا إلى التشابه الكبير بين التفاعل الضوئي وسلسلة نقل الإلكترون.

CH10.indb 295 1/11/2017 3:00:06 PM

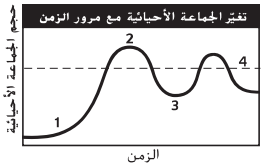
تدريب على الاختبار المعياري

تراكمي

اختيار من متعدد

1. افترض أن الشكل الأكثر شيوعًا للعنصر X هو X–97. ما الذي يحتوي عليه نظيره X–99 بكمية أكبر؟
A. النيوترونات
B. البروتونات
C. الإلكترونات الدوارة
D. الشحنة الإجمالية

استخدم التمثيل البياني أدناه للإجابة عن السؤال 2.



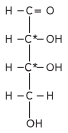
2. ما الجزء الذي يؤشر إلى النمو الأسي في التمثيل البياني؟
A. 1
B. 2
C. 3
D. 4

3. ما نوع النقل الذي **لا** يتطلب طاقة إضافية؟
A. النقل النشط
B. الانتشار
C. الالتقام
D. الإخراج الخلوي

4. أي من الخطوات التالية يحدث خلال حلقة كالفن؟
A. تكوّن جزيئات ATP
B. تكوّن السكريات سداسية الكربون
C. إطلاق غاز الأكسجين
D. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$

5. أي مما يلي يصف حالات الانقراض التي حدثت بسبب قطع الغابات الاستوائية المطيرة؟
A. تلوث النظام البيئي
B. تدمير الموطن البيئي
C. الأنواع الدخيلة
D. الاستغلال الجائر للأنواع

استخدم المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 6.



6. بناءً على هذا المخطط، أي مما يلي يُعدّ صيغة جزيئية صحيحة إذا كان للجزيء المبيَّن أعلاه ست ذرات من الكربون؟
A. $C_6H_8O_4$
B. $C_6H_{10}O_6$
C. $C_6H_{12}O_4$
D. $C_6H_{12}O_6$

7. أي من المسارات التالية لتحوّل الطاقة يحدث فقط في الكائنات ذاتية التغذية؟
A. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية
B. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية
C. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية
D. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية

8. أي من العبارات التالية تدعمها نظرية الخلية؟
A. تتكون الخلايا من البروتينات الموجودة في البيئة.
B. تحتوي الخلايا على عضيات مرتبطة بالغشاء.
C. تتكون أشكال الحياة من خلية واحدة أو أكثر.
D. تُعدّ العضيات أصغر أشكال الحياة.

9. أي من المراحل التالية للطريقة العلمية تُقيَّم الإجراءات المستخدمة في تجربة ما؟
A. تكوين فرضية
B. نشر النتائج
C. إجراء الملاحظات
D. مراجعة الأقران

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. A **5.** B **9.** D
2. A **6.** D
3. B **7.** C
4. B **8.** C

إجابة قصيرة

10. الثايلاكويد: التفاعلات الضوئية، المرحلة الأولى الحشوة: حلقة كالفن، المرحلة الثانية

11. أوجه الشبه: كلاهما نفّاذ، مما يسمح بدخول المواد إلى الخلية والخروج منها. أوجه الاختلاف: لا يتميّز جدار الخلية بالنفاذية الاختيارية مثل غشاء الخلية؛ بل هو مسامي فقط. لدى جدار الخلية تركيب أكثر صلابة، إذ يتكوّن من السيلولوز، وليس من "النموذج الفسيفسائي المائع" مثل طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة الخاصة بغشاء الخلية.

12. تُخزَّن الطاقة في روابط الفوسفات الموجودة في جزيء ATP، مثل النابض المُحمَّل. عند إزالة مجموعة فوسفات، تنطلق الطاقة بسبب تكوّن مركّب ADP.

13. قد تتنوع الإجابات وفقًا لنوع المكونات التي يختارها الطالب. تتضمَّن الإجابات المحتملة: طبقة الدهون الفسفورية المزدوجة: تصنع حاجزًا بين داخل الخلية وخارجها، حتى تعجز المواد الذائبة في الماء من الانتقال عبرها بسهولة البروتينات الناقلة: تسمح لبعض المواد بالدخول إلى الخلية والخروج منها، حتى في عكس اتجاه منحدر التركيز جزيئات الكوليسترول: تساهم في تركيب غشاء الخلية بحيث تحافظ الخلية بشكلها.

14. يتكوّن محلول أو خليط متجانس، ويكون الملح هو المذاب والماء هو المذيب.

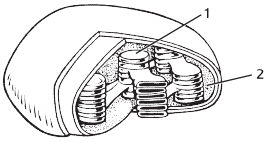
15. يتواجد أكبر عدد من البلاستيدات الخضراء في خلايا الأوراق، ومع ذلك، فإنّ كل الأجزاء الخضراء في النبات تحتوي على بعض البلاستيدات الخضراء. إنّ الأوراق هي أجزاء النبات التي يُنتِج فيها البناء الضوئي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 296 1/11/2017 3:00:07 PM

إجابة قصيرة

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤال *10*.



10. يبيّن هذا الرسم بلاستيدة خضراء. قم بتسمية الجزأين الظاهرين في الرسم. ثم حدد مرحلة البناء الضوئي التي تحدُث في كل منهما.

11. قارن وقابل بين تركيب كل من جدار الخلية وغشاء الخلية.

12. اربط بين الروابط الموجودة بين مجموعات الفوسفات في جزيء ATP وانطلاق الطاقة عندما يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP.

13. اذكر ثلاثة مكونات في الغشاء البلازمي للخلية، ثم وضِّح أهمية كل منها لوظيفة الخلية.

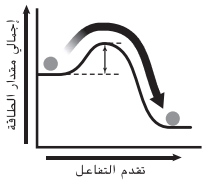
14. ما نوع الخليط الذي يتكوّن بعد تحريك كمية صغيرة من ملح الطعام في الماء إلى أن يذوب كليًا؟ حدّد مكونات هذا الخليط.

15. في أي جزء من النبات تتوقع أن تجد خلايا تحتوي على أكبر كمية من البلاستيدات الخضراء؟ اشرح إجابتك.

16. عادةً ما يتحدث عدّاؤو المسافات الطويلة عن التدريب لرفع عتبتهم اللاهوائية. وتُعتَبر العتبة الهوائية النقطة التي لا تحصل فيها عضلات معينة على كمية كافية من الأكسجين للقيام بالتنفس الهوائي لذا تبدأ بالقيام بالتنفس اللاهوائي. كوّن فرضية توضّح فيها رأيك في أهمية رفع العتبة اللاهوائية للعدائين المتنافسين.

إجابة مفتوحة

استخدم التمثيل البياني أدناه للإجابة عن السؤال *17*.



17. يبيّن هذا التمثيل البياني تأثير إنزيم معين يعمل على تحليل البروتينات في الجهاز الهضمي. كوّن فرضية عن طريقة هضم البروتين عند شخص ليس لديه هذا الإنزيم.

18. ما العضية التي تتوقع وجودها بأعداد كبيرة في الخلايا التي تضخ حمض المعدة إلى الخارج عكس اتجاه منحدر التركيز؟ قدّم سببًا يوضح إجابتك.

سؤال مقالي

يتفاعل جسم الإنسان بصورة مستمرة مع البيئة، حيث يحصل على بعض المواد ويخرج مواد أخرى. إن العديد من المواد التي يحصل عليها الإنسان يضطلع بدور محدد في الحفاظ على العمليات الخلوية الأساسية، مثل التنفس ونقل الأيونات وبناء جزيئات ضخمة متنوعة. كذلك، فإن العديد من المواد التي يخرجها الإنسان هي فضلات ناتجة عن العمليات الخلوية.

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

19. اكتب مقالًا توضح فيه طريقة حصول الإنسان على المواد الضرورية لعملية التنفس الخلوي وطريقة تخلصه من فضلات هذه العملية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

السكريات التي يستخدمها النبات بالكامل.

16. يستطيع العداؤون عن طريق رفع عتبتهم اللاهوائية الحصول على المزيد من الطاقة من عضلاتهم بواسطة التنفس الهوائي، كما يتيح لهم ذلك تجنّب الشعور بالإرهاق أو التعب أو الألم الناتج عن تراكم حمض اللاكتيك أثناء التنفس اللاهوائي.

إجابة موسّعة

17. قد يكون من الضروري توفّر المزيد من الطاقة لبدء التفاعل الذي يتضمن تحلُّل البروتينات، ولزيادة سرعة التفاعل، كما سيستغرق هضم البروتين المزيد من الوقت. ونتيجةً لذلك، لن يتمكّن الشخص من هضم البروتينات بالسرعة نفسها أو بدرجة الكمال نفسها.

18. تتطلب الخلايا التي تضخ الحمض في عكس اتجاه منحدر التركيز الكثير من الطاقة للقيام بتلك العملية. وستحتوي تلك الخلايا على الأرجح على أجسام فتيلية أكثر من الخلايا التي تؤدي وظائف تتطلب طاقةً أقلّ. إنّ الأجسام الفتيلية هي العضيات التي تُطلق الطاقة الكيميائية في الخلايا.

سؤال مقالي

19. يمتص الإنسان الأكسجين اللازم لعملية التنفس الخلوي عن طريق الشهيق. أما ثاني أكسيد الكربون، فهو أحد نواتج التنفس الخلوي ويخرج من الجسم عن طريق الزفير. يُمثّل الماء ناتجًا آخر من نواتج التنفس الخلوي. وتستهلك عمليات الجسم الأخرى بعض هذا الماء، ويخرج الزائد منها عن طريق التعرُّق والزفير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

CH10.indb 297 1/11/2017 3:00:07 PM