



الجلوكوز

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

1-2 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

الفكرة الرئيسية تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

2-2 البناء الضوئي

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

3-2 التنفس الخلوي

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

حقائق في علم الأحياء

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

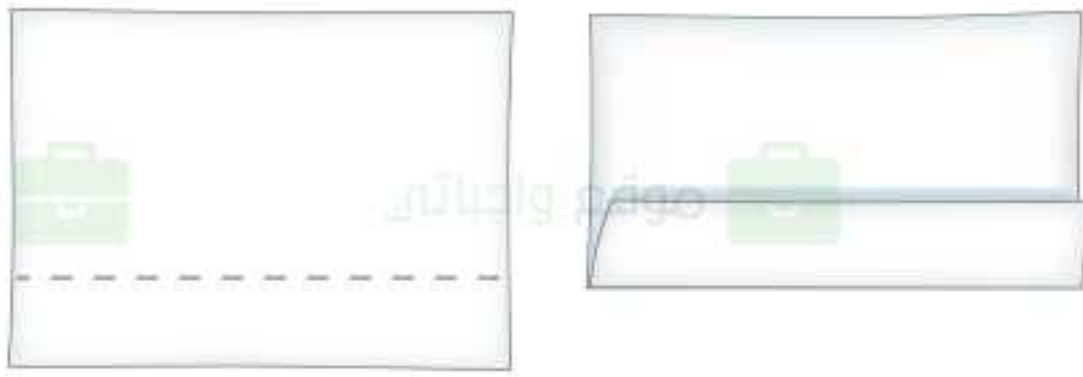
نشاطات تمهيدية

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

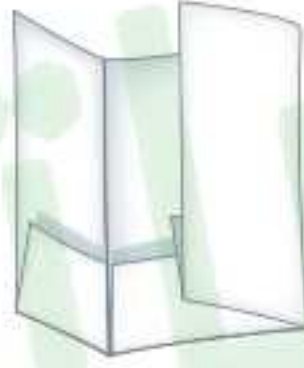
المطويات

منظمات الأفكار

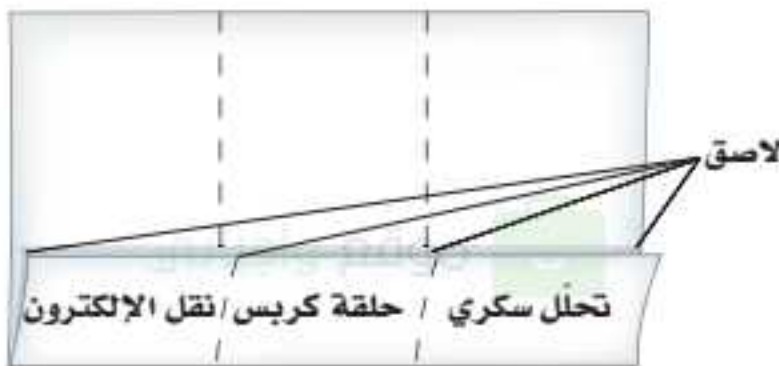
الخطوة 1: اثنِ لساناً عرضه 5.5 cm على طول ورقة كما في الشكل الآتي:



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



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



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

تجربة استدلالية

كيف تتحول الطاقة؟

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

خطوات العمل



1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استخدم مخبراً مدرجاً لقياس 100 mL من الماء، ثم ضعها في كأس زجاجية سعتها 250 mL. استعمل مقياس الحرارة لتسجل درجة حرارة الماء.
3. زن 40 g من مادة كلوريد الكالسيوم اللامائي (CaCl_2). استخدم ساق تحريك زجاجية لإذابة كلوريد الكالسيوم في الماء. ثم سجل درجة حرارة المحلول كل 15 ثانية مدة ثلاث دقائق.
4. كرر الخطوتين 2 و3 باستخدام 40 g من ملح إبسوم (كبريتات الماغنسيوم المائية MgSO_4) بدلاً من CaCl_2 .
5. مثل بياناتك بالرسم البياني مستخدماً ألواناً مختلفة لكل عملية.

التحليل

1. صف الرسم البياني للبيانات التي جمعتها.
2. ارتفاع درجة حرارة المحلول بعد إضافة كلوريد الكالسيوم (CaCl_2) في حين تنخفض درجة حرارة المحلول الذي يحوي الملح بمرور الوقت.
2. توقع ما تحولات الطاقة التي حدثت في العمليتين؟ يحدث تحول الطاقة عند إضافة كلوريد الكالسيوم نتيجة تحرير الطاقة، وعند إضافة الملح يحدث امتصاص للحرارة.

2-1

كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

How Organisms Obtain Energy?

الأهداف

- تَلَخَّص قانوني الديناميكا الحرارية.
- تقارن بين المخلوقات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية.
- تصف آلية عمل جزيء الطاقة ATP في الخلية.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الطاقة
الديناميكا الحرارية
عملية الأيض
التنفس الخلوي
أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP

الفكرة الرئيسية

تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

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

تحوّلات الطاقة Energy Transformations

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

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

الشكل 2-1

فهم الطاقة الخلوية

أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر لعملية البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

1948م اكتشف يوجين كينيدي وألبرت ليننجر أن الميتوكوندريا مسؤولة عن التنفس الخلوي.



1844م هيوغو فون مول أول من لاحظ وجود البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية.

1940

1900

1800

1881-1882م تظهر البلاستيدات الخضراء على أنها عضيات مسؤولة عن عملية البناء الضوئي.

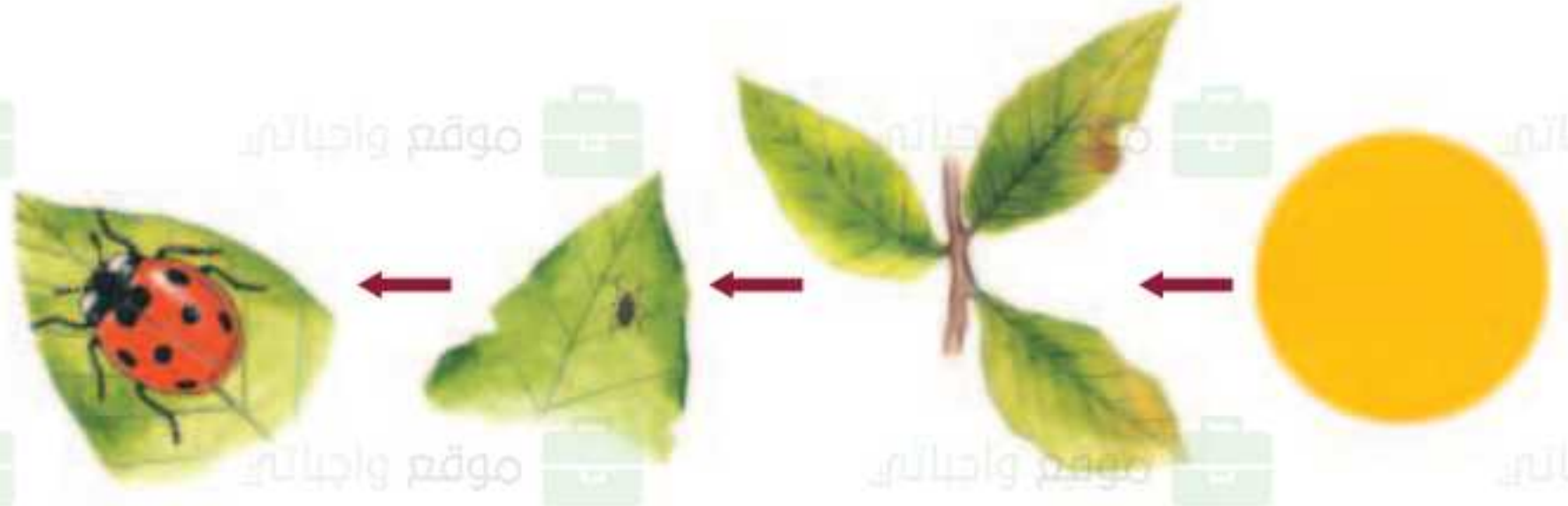


1772م تمكّن جوزف بريستلي من تحديد أن النباتات تأخذ ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين.

■ الشكل 2-2 سخر الله جلّ وعلا

الشمس لتكون المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في المخلوقات الحية، وتنتقل الطاقة من المخلوقات الذاتية التغذي إلى المخلوقات غير الذاتية التغذي.

اربط بين قانوني الديناميكا الحرارية والمخلوقات الحية في الشكل.



الشمس ذاتي التغذي غير ذاتي التغذي غير ذاتي التغذي

لا يمكن للمخلوقات الحية في السلسلة الغذائية استحداث الطاقة أو إفناؤها ، بل تتحول إلى أشكال أخرى .

وتتحول بعض الطاقة في أثناء ذلك إلى شكل لا يستفاد منه مثل الطاقة الحرارية، ومن ثم تزيد من الفوضى في النظام (العشوائية) .

المفردات

أصل الكلمة

ذاتي التغذي Autotroph

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

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

ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي Autotrophs and Heterotrophs

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

1980م اكتشفت جيمي ميكيل في أثناء دراستها الميتوكوندريا في ذبابة الفاكهة والفئران أن توقف الميتوكوندريا عن العمل يسبب الهرم.

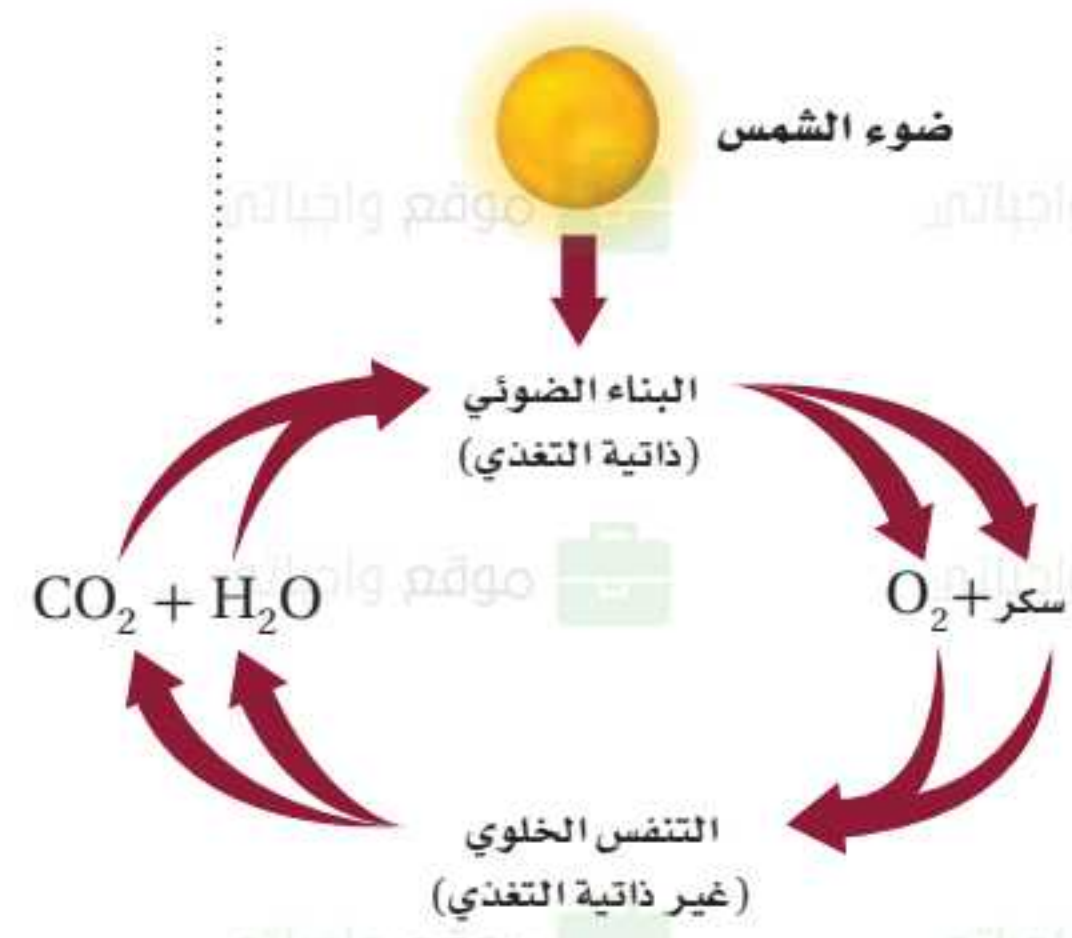
2002م اقترحت جوزفين موديك - نابوليتانو أن الاختلافات بين الميتوكوندريا السليمة والسرطانية قد تؤدي إلى الكشف المبكر عن السرطان، وربما إلى علاجات جديدة له.

1993م اكتشفت مستحاثات (أحافير) تدل على أن بعض الخلايا البدائية تقوم بعملية البناء الضوئي.

عملية الأيض Metabolism

يُشار إلى جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية بعملية تسمى **عملية الأيض** metabolism. وتُسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تعد المادة الناتجة عن أحد تفاعلاتها مادة متفاعلة للتفاعل التالي مسار الأيض. ومسارات الأيض نوعان: مسارات الهدم، ومسارات البناء. ففي مسار الهدم تتحرر الطاقة نتيجة تحليل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مسار البناء فيستخدم الطاقة الناتجة عن مسار الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئات صغيرة. وينتج عن العلاقة بين مسارات الهدم والبناء تدفق مستمر للطاقة في المخلوق الحي.

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



■ الشكل 2-3 في النظام البيئي، يكون البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة مستمرة. حدد مسارات الهدم والبناء في الشكل.

ينتقل مسار البناء من عملية البناء الضوئي في المخلوقات الحية الذاتية التغذية إلى غير الذاتية التغذية، في حين ينتقل مسار الهدم من عملية التنفس الخلوي في غير الذاتية التغذية إلى الذاتية التغذية.

تجربة استهلاكية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن تحولات الطاقة، كيف نجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

تجربة 1-2

ربط البناء الضوئي بالتنفس الخلوي

كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معاً في النظام البيئي؟ استخدم كاشفاً كيميائياً لاختبار انتقال ثاني أكسيد الكربون خلال عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتُسجل محتويات أنبوبي اختبار، وظروف التعامل مع كل منهما، واللون في البداية واللون النهائي لمحتوياتها بعد التفاعل.
3. أضف 100 mL من محلول بروموثيمول الأزرق (BTB) إلى كأس زجاجية باستخدام ماصة، انفخ في المحلول برفق إلى أن يتحول إلى اللون الأصفر.
- تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج الفقاعات من المحلول، أو تُصاب بالصداع، وإياك وشفط المحلول بالماصة.
4. املاً $\frac{3}{4}$ أنبوبي اختبار كبيرين بمحلول BTB الأصفر الناتج من الخطوة 3.
5. غطّ أحد الأنبوبين بسورق الألومنيوم، ثم ضع نباتاً مائياً طوله 6 cm في كلا الأنبوبين. وأغلقهما بإحكام، ثم ضعهما في حامل أنابيب في ضوء خافت طوال الليل.
6. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات الناتج عن الخطوة 3.

التحليل

1. استنتج الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.

يعتبر مجموعة ظابطة ويوضح ان النبات استعمل ثاني اكسيد الكربون فقط في وجود الضوء حتى يتمكن من القيام بعملية البناء الضوئي .

2. فسّر كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي أحدهما على الآخر؟

ناتج التنفس الخلوي غاز ثاني اكسيد الكربون الذي يحتاجه النبات للقيام بالبناء الضوئي .

يعد **التنفس الخلوي** cellular respiration مسار هدم تتحلل فيه المواد العضوية لتُحرر الطاقة اللازمة للخلية. حيث يُستخدم الأكسجين في التنفس الخلوي لتحليل المواد العضوية، فينتج عنها ثاني أكسيد الكربون والماء. لاحظ الدورات الطبيعية لهذه العمليات في الشكل 2-3؛ حيث تعد المواد الناتجة عن أحد التفاعلات مواد متفاعلة للتفاعل الآخر.

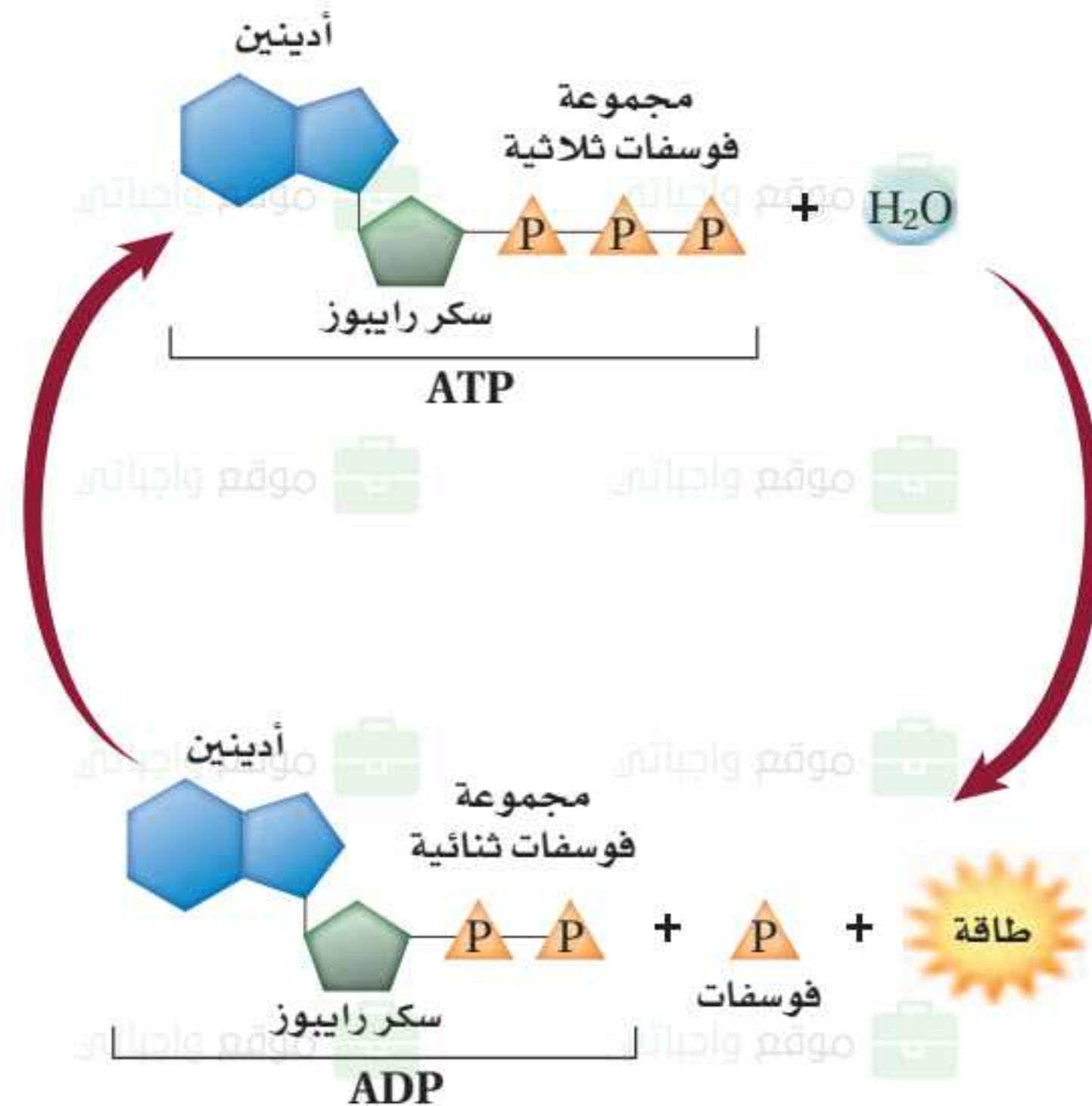
ATP: وحدة الطاقة الخلوية

الربط الكيميائي توجد الطاقة في أشكال عدة، منها: الطاقة الضوئية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة الحرارية، والطاقة الكيميائية. ففي المخلوقات الحية يتم تخزين الطاقة الكيميائية داخل الجزيئات الحيوية، ويمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة عند الحاجة. فمثلاً تتحول الطاقة الكيميائية المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات.

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

تركيب جزيء الطاقة ATP structure يعد جزيء (ATP) مخزناً للطاقة الكيميائية التي تستخدمها الخلايا في التفاعلات المتنوعة. وعلى الرغم من وجود جزيئات ناقلة أخرى للطاقة خلال الخلايا، فإن جزيء (ATP) يعد من الجزيئات الناقلة الأكثر انتشاراً في خلايا جميع أنواع المخلوقات الحية. وكما يبين الشكل 2-4 فإن جزيء (ATP) عبارة عن نيوكليوتيد يتكون من قاعدة نيتروجينية هي: الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.

■ الشكل 2-4 ينتج عن تحلل جزيء ATP طاقة تدعم الأنشطة الخلوية في المخلوقات الحية.



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

الحل في الصفحة التالية

التقويم 1-2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

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

التفكير الناقد

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

التقويم 1-2

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** حدد المصدر الرئيس للطاقة في المخلوقات الحية.

ضوء الشمس .

2. اشرح قانون الديناميكا الحرارية الأول.

تتحول الطاقة المخزنة في الغذاء إلى طاقة كيميائية، ثم إلى طاقة ميكانيكية عند حركة العضلات لأداء عمل ما .

3. قارن بين مساري البناء والهدم.

وجه المقارنة	الهدم	البناء
التعريف	تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة	ربط الجزيئات الصغيرة وتحويلها الجزيئات كبيرة
الطاقة	تحرر الطاقة	تخزن الطاقة
مثال	التنفس الخلوي	البناء الضوئي

4. فسّر كيف يُخزن جزيء ATP الطاقة، ويحررها؟

يتكون جزيء ATP من جزيء ADP ، طاقة مخزنة في الروابط بين ذرات الفوسفات، وتحرر عندما يتحلل جزيء ATP إلى ADP .

التقويم 1-2

التفكير الناقد

5. **الكتابة في علم الأحياء**

اكتب مقالة تصف فيها قوانين الديناميكا الحرارية مستخدمًا أمثلة من علم الأحياء في دعم أفكارك.

القانون الأول :

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث إلا بمشيئة الله في عملية البناء الضوئي تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (جلوكوز).

القانون الثاني :

تتغير الأنظمة بصورة طبيعية من حالة النظام إلى العشوائية .

أو :

لا يمكن أن تنتقل كمية من الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن ، إلا ببذل شغل من الخارج .

6. استخدم التشابه لتوضيح العلاقة

بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

يرتبط البناء الضوئي والتنفس الخلوي مع بعضهما البعض ؛ فنواتج عملية التنفس هي مواد داخلية (متفاعلة) في عملية البناء الضوئي ، ونواتج عملية البناء الضوئي هي مواد متفاعلة في عملية التنفس الخلوي .



www.ien.edu.sa

2-2

البناء الضوئي Photosynthesis

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الثايلاكويد
الغرانا
الحشوة (اللحمة)
الصبغة
حلقة كالفن
إنزيم روبيسكو

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

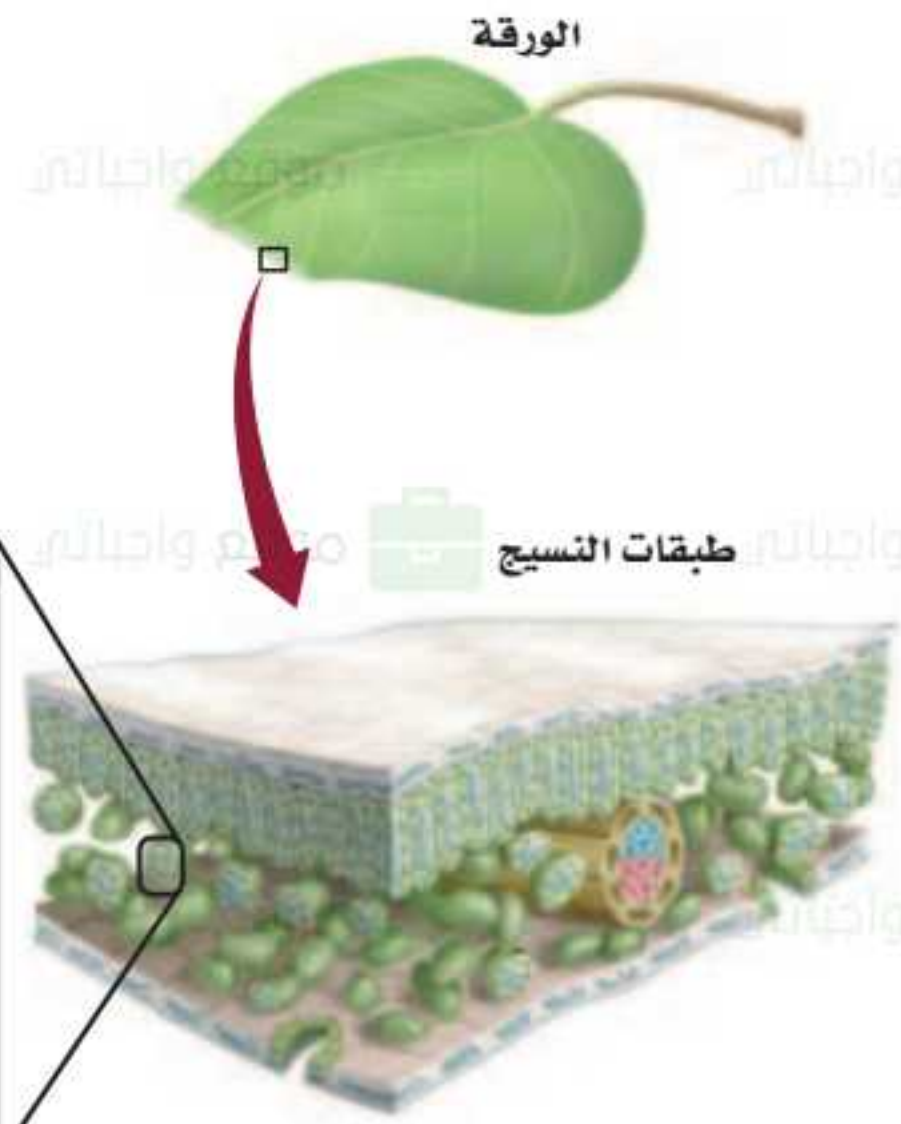
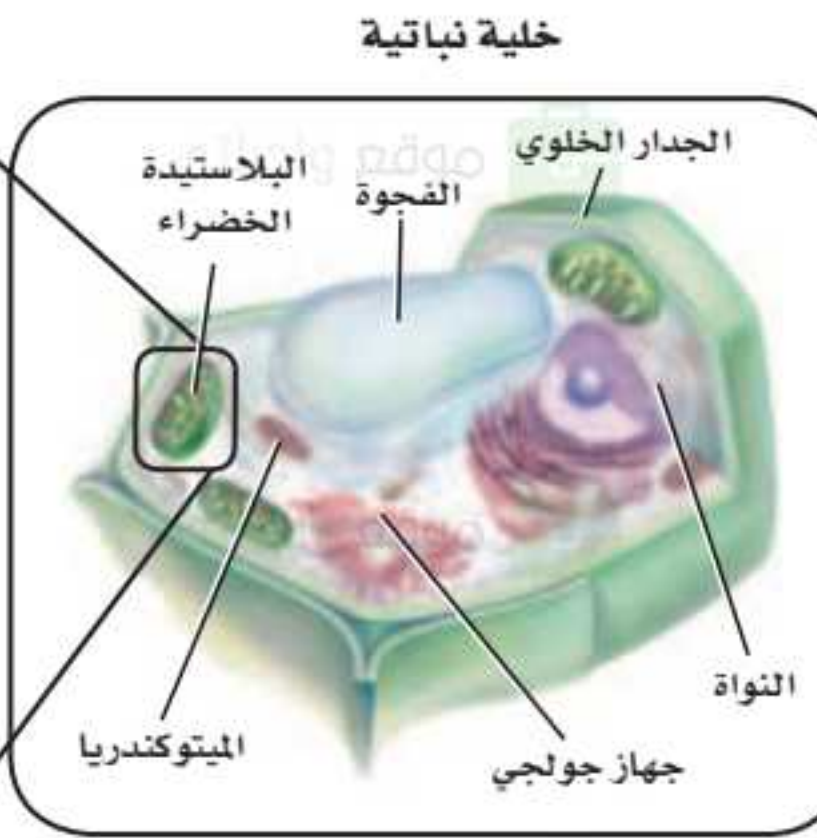
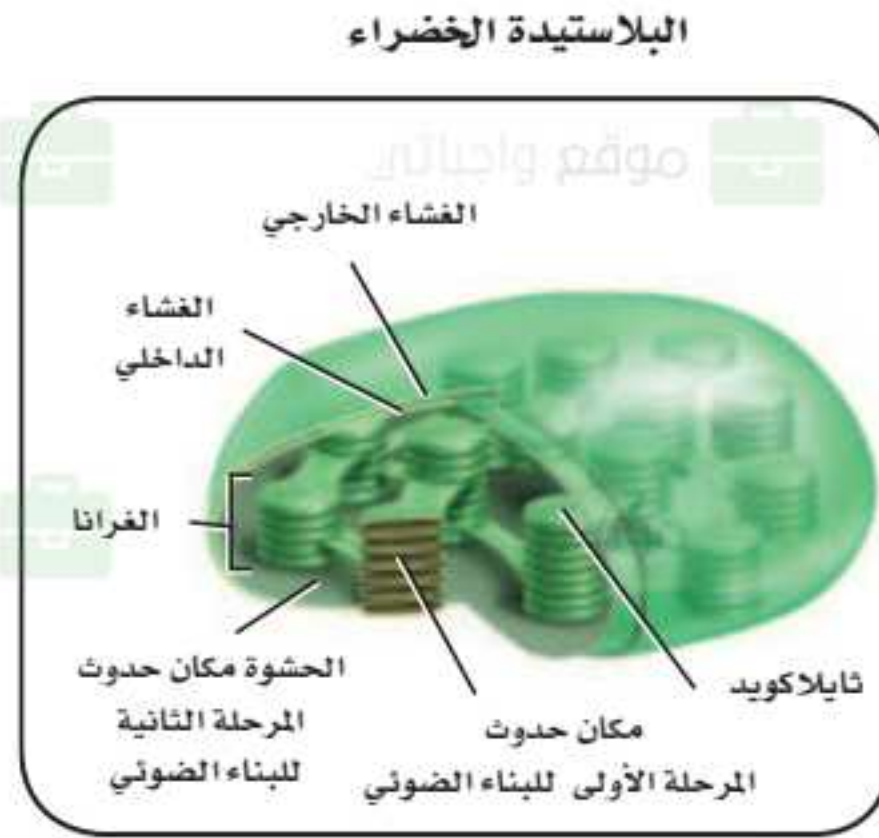
الربط مع الحياة تتحول الطاقة من حولنا كل يوم. حيث تحوّل البطاريات الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، ويحول الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة تحول بعض المخلوقات الحية الذاتية التغذية الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

عملية البناء الضوئي Photosynthesis

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



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



المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية Phase one: Light Reactions

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

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

✓ **ماذا قرأت؟** ميز بين الثايلاكويد والحشوة (اللحمة).

الثايلاكويد غشاء تحدث عنده التفاعلات الضوئية ، أما الحشوة (اللحمة) فهي فراغ خارج الغرانا تحدث فيه التفاعلات اللاضوئية.

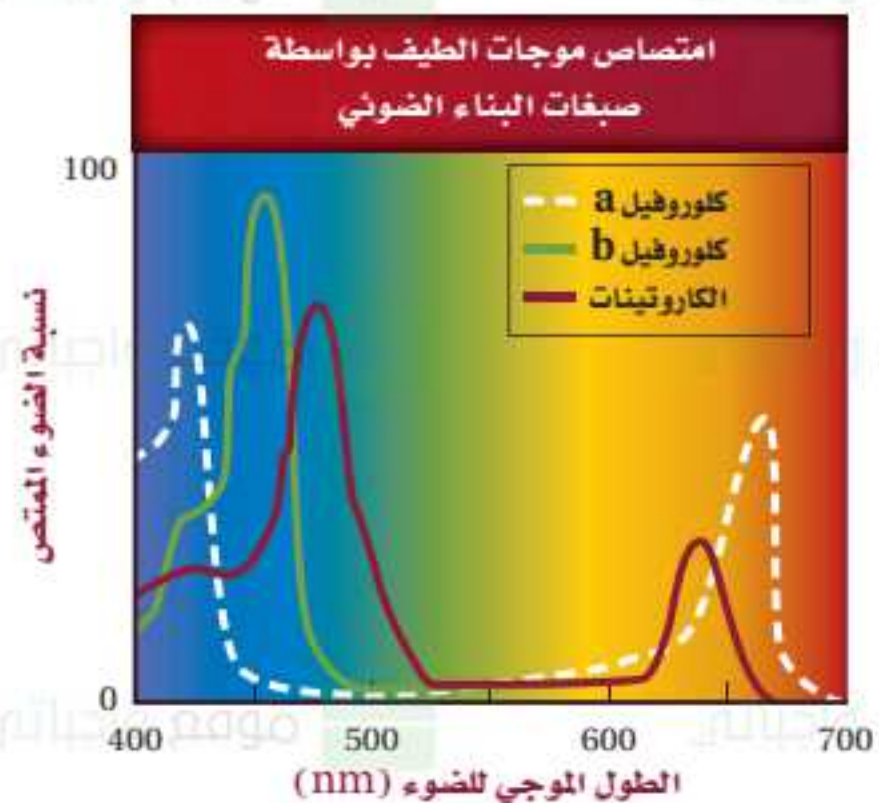
الأصبغ Pigments تسمى الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء **الأصبغ** pigments، وتوجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالاً موجية محددة من الضوء، الشكل 2-6. والصبغة الأساسية في النباتات هي الكلوروفيل، وهناك أنواع من صبغة الكلوروفيل، ومن أهمها الكلوروفيل (a) والكلوروفيل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

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

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

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

في حال عدم وجود الكلوروفيل b، يمتص النبات كمية أقل من الضوء، مما قد يؤدي إلى انخفاض معدل عملية البناء الضوئي.





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

المفردات

مفردات أكاديمية

النقل Transport

هو حمل شيء من مكان إلى آخر.

وتنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات

في أثناء عملية البناء الضوئي.

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

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

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

تجربة 2-2

ملاحظة البلاستيدات الخضراء

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

خطوات العمل

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

التحليل

1. قارن بين خصائص البلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا المختلفة.

تختلف البلاستيدات الخضراء في الحجم والشكل من كروية أو بيضوية إلى غير منتظمة.

كما تختلف في اللون من الأخضر الفاتح إلى الأخضر الداكن، ويمكن أن تحوي كميات مختلفة من الكلوروفيل.

2. كَوْنُ فرضية لماذا تختلف أوراق النبات الخضراء في لونها؟

نتيجة لاختلاف عدد البلاستيدات الخضراء وقوة الصبغات بها.



ما الذي يؤثر في معدل عملية البناء الضوئي؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإشرافية

يحتوي النظامان الضوئيان (I و II) أصبغاً تمتص الضوء، وبروتينات تؤدي دوراً مهماً في التفاعلات الضوئية. تتبع الشكل 2-8 في أثناء قراءة عن نقل الإلكترون.

- أولاً تحفز الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظام الضوئي II، كما تؤدي الطاقة الضوئية إلى تحلل جزيء الماء منتجة إلكترونات واحداً إلى نظام نقل الإلكترون وأيون هيدروجين H^+ (يسمى أيضاً البروتون) - إلى الفراغ في الثايلاكويد - وكذلك الأكسجين (O_2) بوصفه ناتجاً غير مُستخدم.
- تنتقل الإلكترونات المُحفزة من النظام الضوئي II إلى جزيء مستقبل للإلكترون يوجد في غشاء الثايلاكويد.
- ينقل الجزيء المستقبل للإلكترون لاحقاً الإلكترونات عبر سلسلة من نواقل الإلكترون إلى النظام الضوئي I.
- ينقل النظام الضوئي I مع وجود الضوء الإلكترونات إلى بروتين يسمى فيرودوكسين، ويتم تعويض الإلكترونات المفقودة في النظام الضوئي I بالإلكترونات من النظام الضوئي II.
- وأخيراً ينقل بروتين فيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترون $NADP^+$ مكوناً الجزيء المخزن للطاقة NADPH.

الأسموزية الكيميائية Chemiosmosis بالتزامن مع نقل الإلكترون يتم إنتاج جزيء ATP بعملية تسمى الاسموزية الكيميائية، وهي عملية يتم فيها إنتاج ATP نتيجة انتقال الإلكترونات مع تدرّج التركيز. ولا تقتصر أهمية عملية تحلل جزيء الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلسلة نقل الإلكترون فقط، بل توفر أيضاً البروتونات H^+ الضرورية لتنشيط عملية بناء جزيء ATP خلال عملية الاسموزية الكيميائية. وتتراكم أيونات H^+ التي تحررت خلال عملية نقل الإلكترون على الجانب الداخلي للثايلاكويد. وبسبب التركيز العالي من أيونات H^+ داخل الثايلاكويد وانخفاض تركيزها في الحشوة، تنتقل أيونات H^+ مع تدرّج التركيز من داخل الثايلاكويد إلى الحشوة عبر قنوات أيونية في الغشاء، كما في الشكل 2-8، وهذه القنوات عبارة عن إنزيمات تسمى إنزيمات بناء الطاقة (ATP synthases). وكلما انتقلت أيونات H^+ عبر إنزيمات بناء الطاقة تكوّن ATP في الحشوة.

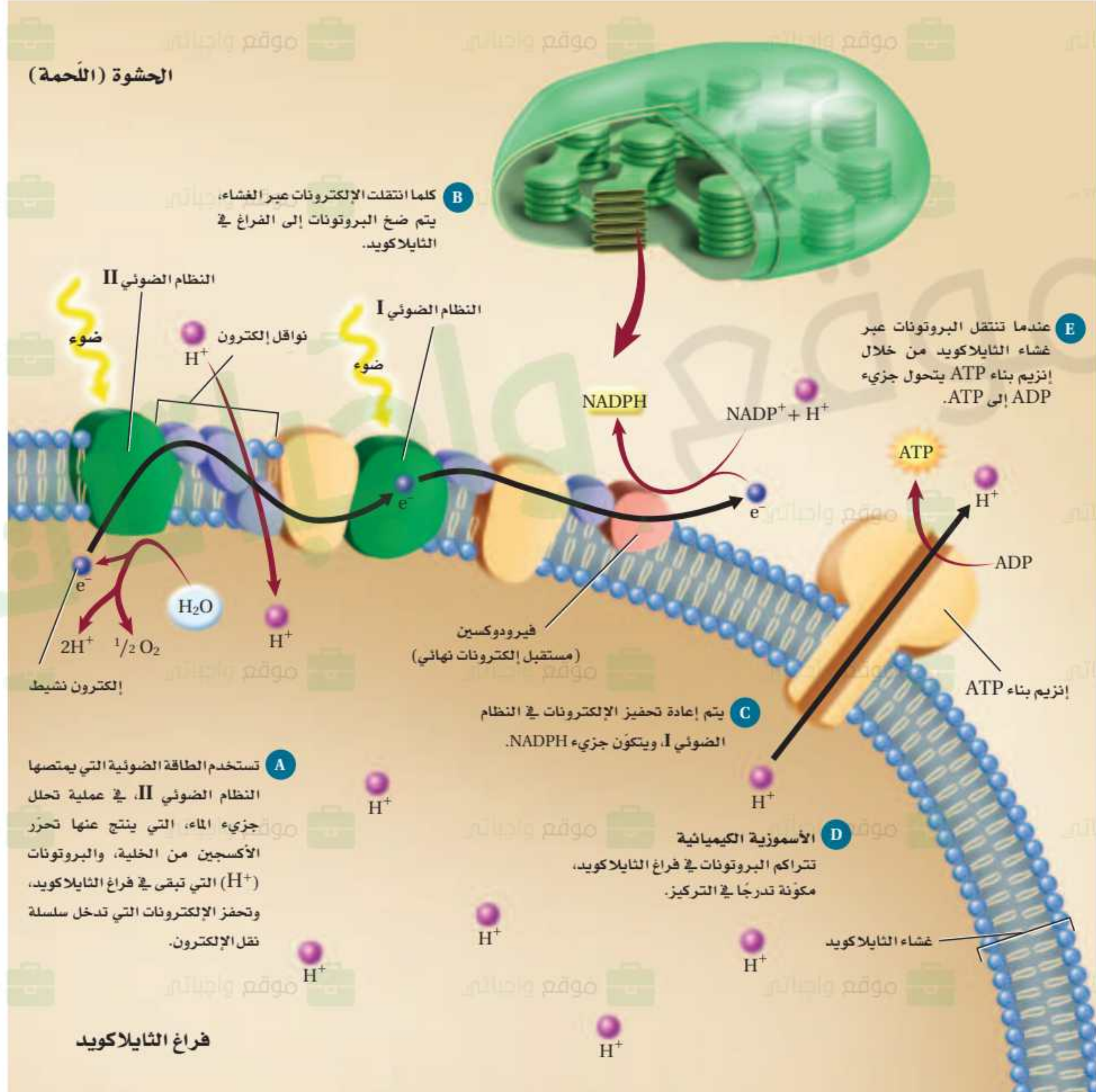
✓ **ماذا قرأت؟** لخص وظيفة الماء في أثناء الاسموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

تلخص أهمية عملية تحلل جزيء الماء توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلسلة نقل الإلكترون والبروتونات الضرورية لتنشيط عملية بناء ATP خلال عملية الاسموزية الكيميائية.

Electron Transport

نقل الإلكترون

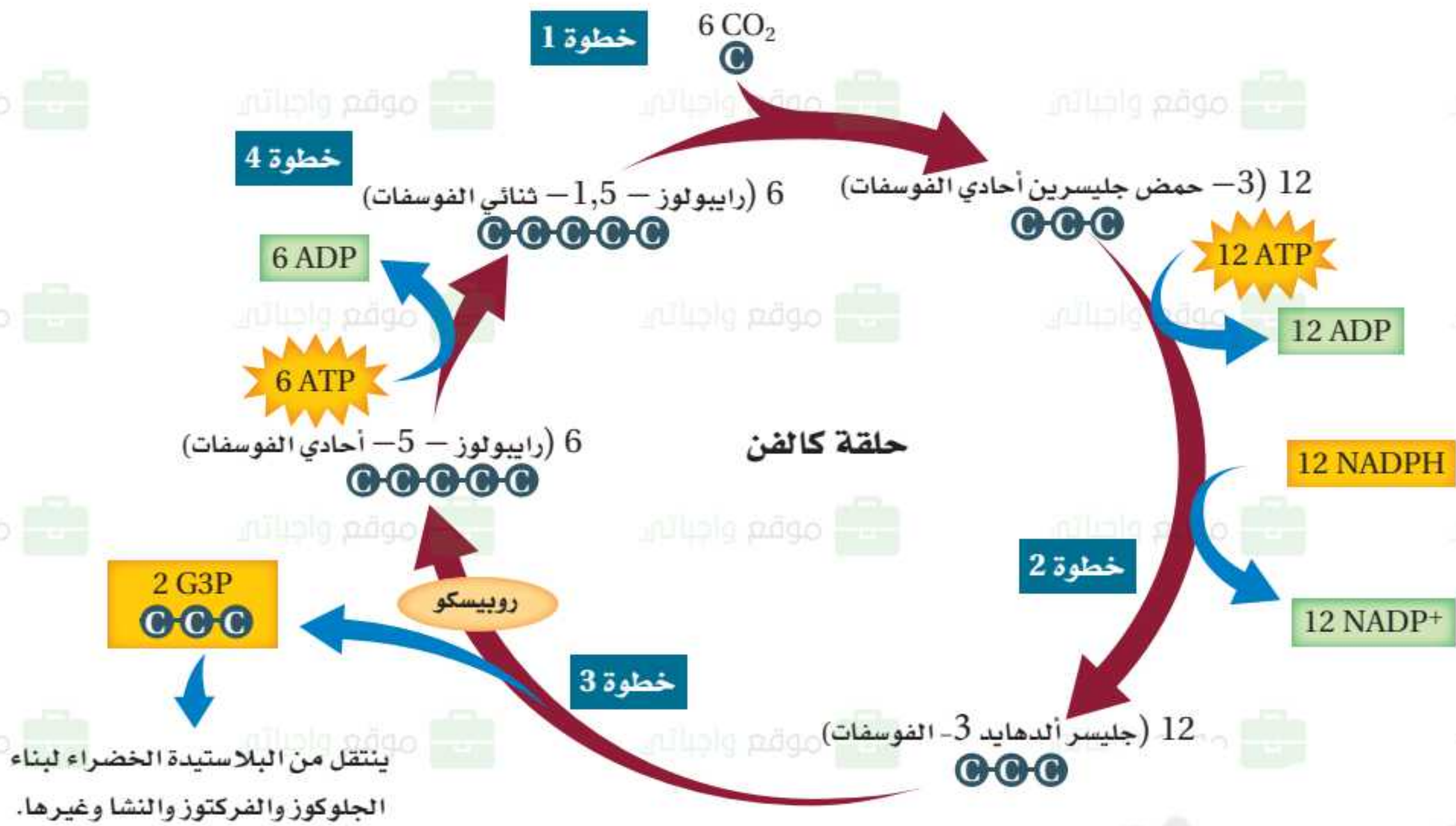
الشكل 2-8 تتنقل الإلكترونات النشطة من جزيء إلى آخر على طول غشاء الثايلاكويد في البلاستيدة الخضراء. وتستخدم الطاقة الناتجة عن الإلكترونات في تكوين فرق في تركيز أيونات البروتونات H^+ ، وكلما انتقلت البروتونات مع تدرج التركيز تضاف مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP، فتكون جزيء ATP.



المرحلة الثانية: حلقة كالفن Phase two: Calvin Cycle

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

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



الشكل 2-9 تربط حلقة كالفن ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية داخل الحشوة في البلاستيدات الخضراء. حدد المركب الذي يخزن الطاقة في نهاية حلقة كالفن.

في جزيء الجلوكوز وجزيئات عضوية أخرى (الفركتوز، النشا).

بالإضافة إلى جليسر الدهايد 3 - فوسفات (G3P).

مسارات بديلة Alternative Pathways

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

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

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

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



الشكل 10-2 نبات الأناناس مثال على نباتات CAM.

الحل في الصفحة التالية

التقويم 2-2

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

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

التفكير الناقد

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

التقويم 2-2

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** لخص كيف تتكون الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي.

تتحول الطاقة الضوئية إلى جزيئات ATP و NADPH ، التي تساعد لاحقاً في تكوين سكر جلوكوز .

2. اربط تركيب البلاستيدة الخضراء مع مراحل عملية البناء الضوئي.

تحتوي البلاستيدات الخضراء أغشية ثايلاكويد (مواقع التفاعلات الضوئية) ، وستروما (مواقع التفاعلات اللاضوئية) .

3. فسّر أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.

تنتج جزيئات الماء أيونات الهيدروجين اللازمة لإنتاج ATP بواسطة إنزيم بناء الطاقة ATP synthase .

4. لخص الخطوات في حلقة كالفن.

تنفصل ستة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون وستة جزيئات خماسية الكربون، لتنتج ١٢ مركباً كربونياً ثلاثي الكربون، وتتم العملية بمساعدة تحلل ATP .

**يتكون السكر من جزيئين من الـ ١٢ جزئ الناتجة .
وأما العشرة جزيئات الباقية فتتحول إلى جزيئات خماسية الكربون لإعادة الدورة مرة أخرى .**

التقويم 2-2

5. ارسم آلية نقل الإلكترون وفسرها.

يجب أن تبين الأشكال حركة الإلكترونات عبر غشاء الثيلاكويد .

التفكير الناقد

6. توقع كيف تؤثر العوامل البيئية مثل كثافة الأشعة الضوئية ومستويات CO_2 في معدلات البناء الضوئي؟

يعد ثاني أكسيد الكربون والضوء من العوامل الخارجية التي تؤثر على عملية البناء الضوئي ، حيث تساعد الزيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون والأشعة الضوئية على الزيادة من معدلات البناء الضوئي .

7. الكتابة في علم الأحياء

ابحث في آثار الاحتباس الحراري في عملية البناء الضوئي، واكتب مقالة تلخص فيها ما توصلت إليه.

زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون نتيجة حرق الوقود الأحفوري تزيد من توافر المادة التي تحتاجها عملية البناء الضوئي إذا ما كانت كمية الأشجار والموارد النباتية الأخرى قليلة .



التنفس الخلوي

Cellular Respiration

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

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

التنفس الخلوي Cellular Respiration

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



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

الأهداف

- تلخص مراحل التنفس الخلوي.
- تحدد دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي.
- تقارن بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.

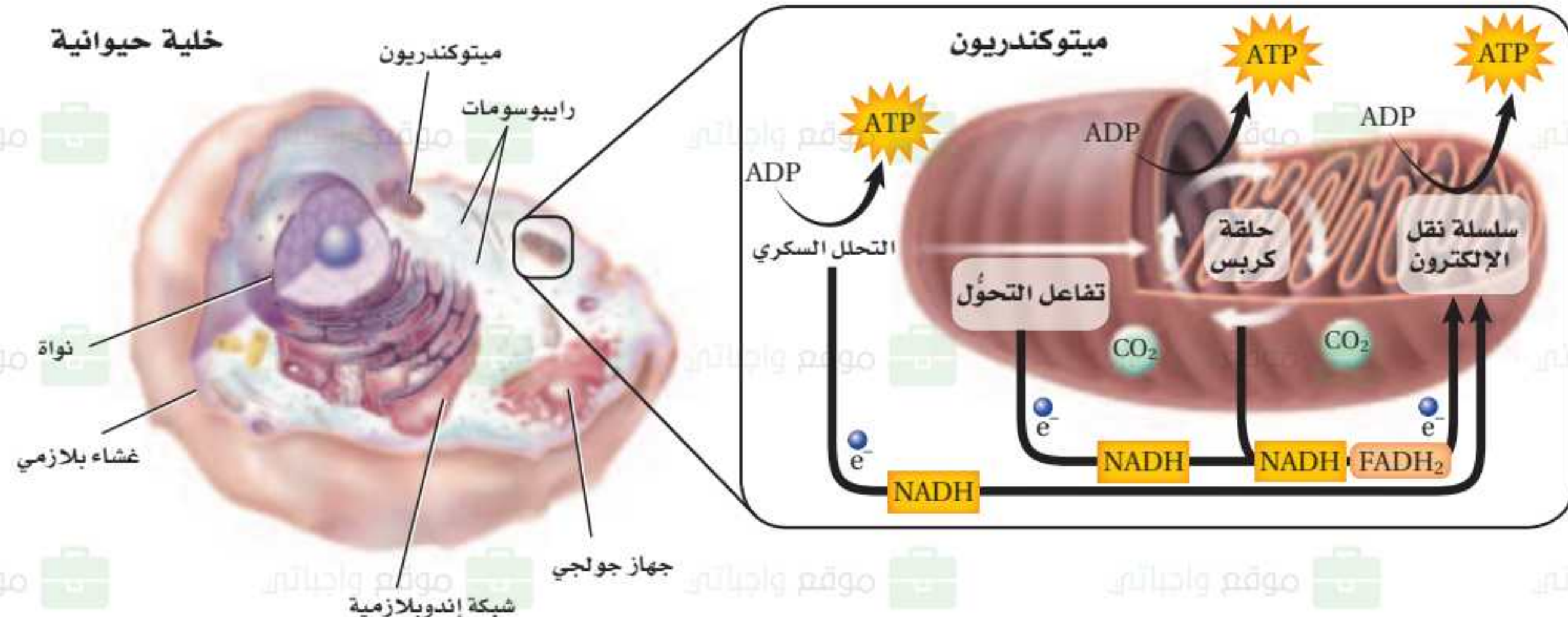
مراجعة المفردات

البكتيريا الخضراء المزرقة: نوع من البكتيريا الذاتية التغذي، تقوم بعملية البناء الضوئي.

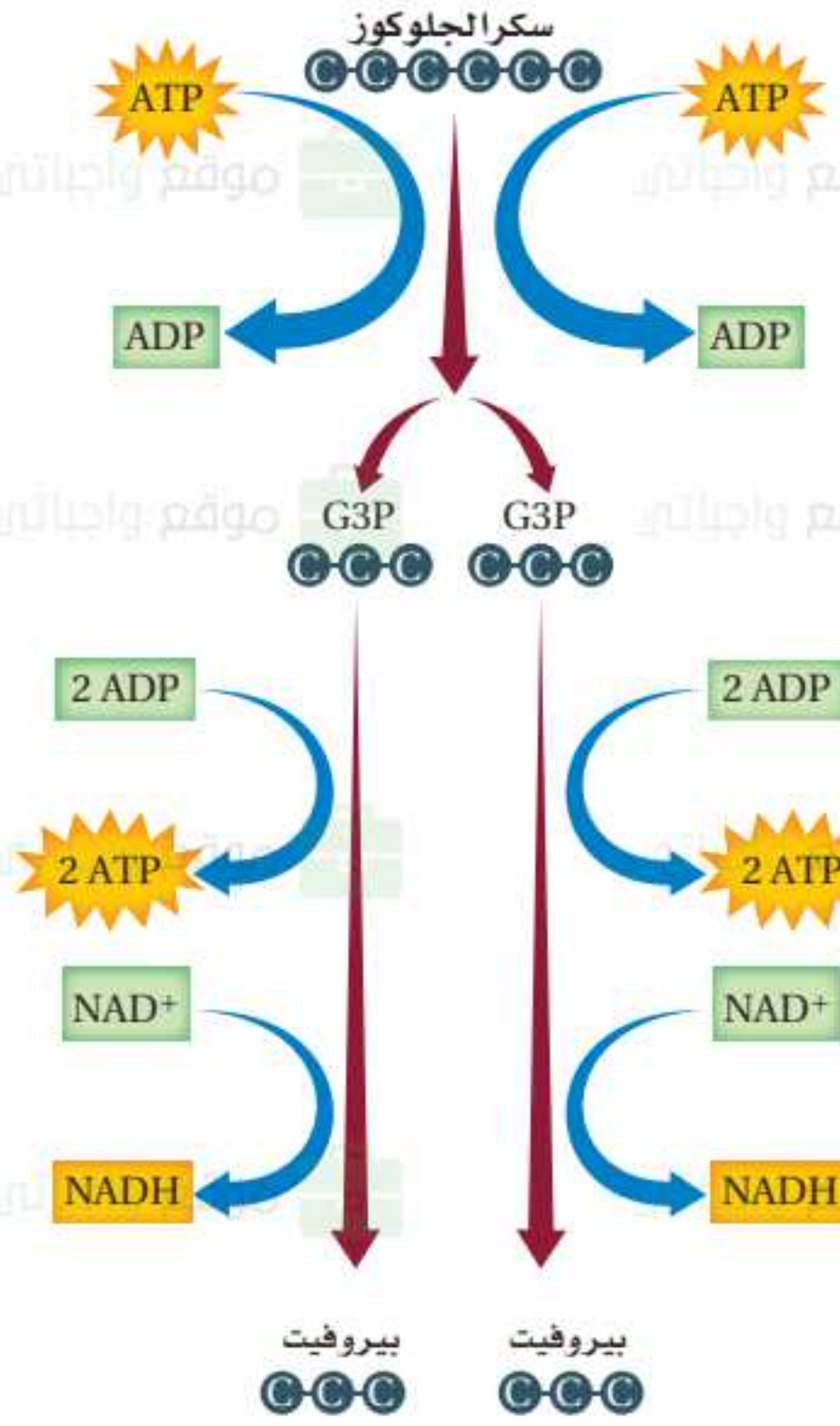
المفردات الجديدة

- عملية لاهوائية
- التنفس الهوائي
- عملية هوائية
- التحلل السكري
- حلقة كربس
- التخمر

■ الشكل 2-11 يحدث التنفس الخلوي في الميتوكوندريا التي تعد مصنع الطاقة في الخلية.



■ الشكل 12-2 يتحلل الجلوكوز خلال عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا. يخصص المواد المتفاعلة والناجمة عن عملية التحلل السكري.



المواد المتفاعلة هي :
جزء جلوكوز واحد ، وجزئاً ATP ،
و جزئاً NAD⁺ ، وأربعة جزئيات ADP.
أما المواد الناتجة فهي :
جزئاً ADP ، وجزئاً NADH ،
وأربعة جزئيات ATP ، وجزئاً بيروفيت .

التحلل السكري Glycolysis

يتحلل الجلوكوز في السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري glycolysis**. ويتكون جزئان من ATP وجزئان من NADH، عند تحلل جزئ واحد من الجلوكوز. تتبع الشكل 12-2 في أثناء قراءتك خطوات التحلل السكري. أولاً: ترتبط مجموعة فوسفات مع الجلوكوز بعد انفصالهما عن جزئين من ATP. لاحظ أن التفاعلات التي تنتج طاقة الخلية تحتاج إلى طاقة بسيطة (جزئين ATP) لكي تبدأ؛ حيث يتحلل جزئ الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثي الكربون.

ثانياً: تضاف مجموعة فوسفات، ثم تتحد الإلكترونات وأيونات H⁺ مع جزئين من NAD⁺ فيتكون جزئان من NADH. يشبه جزئ NAD⁺، جزئ NADP، وهو ناقل إلكترونات يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي.

ثالثاً: تتحول أخيراً المركبات الثلاثية الكربون إلى جزئين من بيروفيت، وفي الوقت نفسه يتم إنتاج أربعة جزئيات ATP.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا يكون الناتج النهائي من الطاقة في عملية التحلل السكري جزئين فقط من ATP وليس أربعة جزئيات.

بسبب تحلل جزئ الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثي الكربون .

المفردات

أصل الكلمة

التحلل السكري Glycolysis

أصل الكلمة من اليونانية:

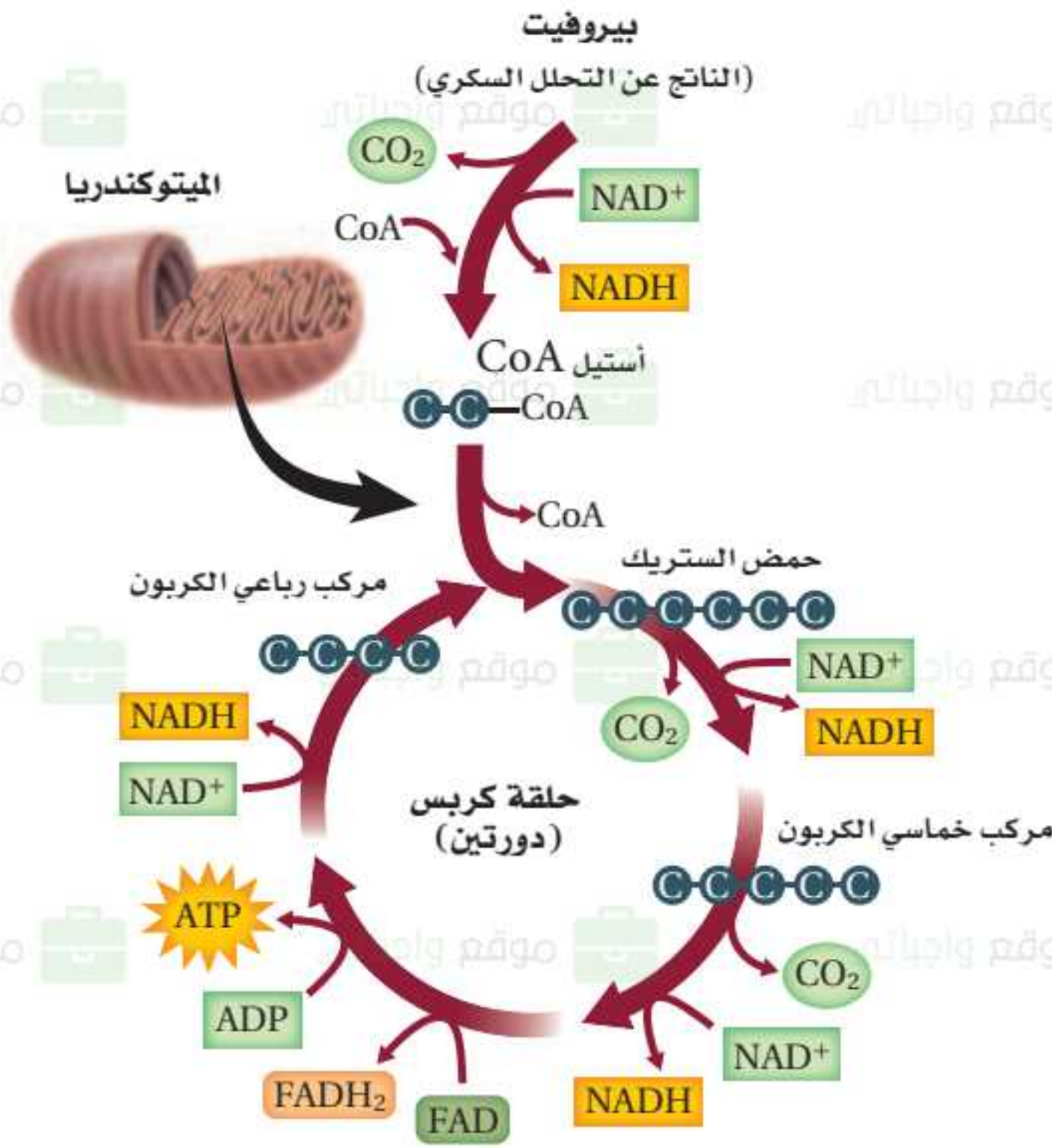
Glykys- وتعني "حلو".

-lysis وتعني "تحلل أو تحطم"...

المطويات

ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.

حلقة كريبس Krebs Cycle



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

خطوات حلقة كريبس Steps of Krebs cycle

قبل أن تبدأ حلقة كريبس يتفاعل البيروفيت مع مرافق إنزيم -أ (CO-A)، فينتج مركب وسطي ثنائي الكربون يسمى أستيل مرافق الإنزيم -أ. وفي الوقت نفسه يتحرر غاز CO_2 ، ويتحول NAD^+ إلى

$NADH$ ، ثم ينتقل أستيل CoA إلى الحشوة في الميتوكوندريا. وينتج عن التفاعل جزيئان من CO_2 وجزيئان من $NADH$. تتبّع الشكل 2-13 في أثناء قراءتك خطوات حلقة كريبس.

- تبدأ حلقة كريبس بارتباط أستيل CoA مع مركب رباعي الكربون لتكوين مركب سداسي الكربون يسمى حمض الستريك.
- يتحلل حمض الستريك في سلسلة الخطوات اللاحقة من التفاعل، منتجًا جزيئين من CO_2 ومولّدًا جزيئًا واحدًا من ATP ، وثلاثة جزيئات $NADH$ وجزيئًا واحدًا من $FADH_2$. ويعد جزيء FAD ناقلًا إلكترونيًا آخر شبيهًا بجزيء NAD^+ وجزيء $NADP^+$.

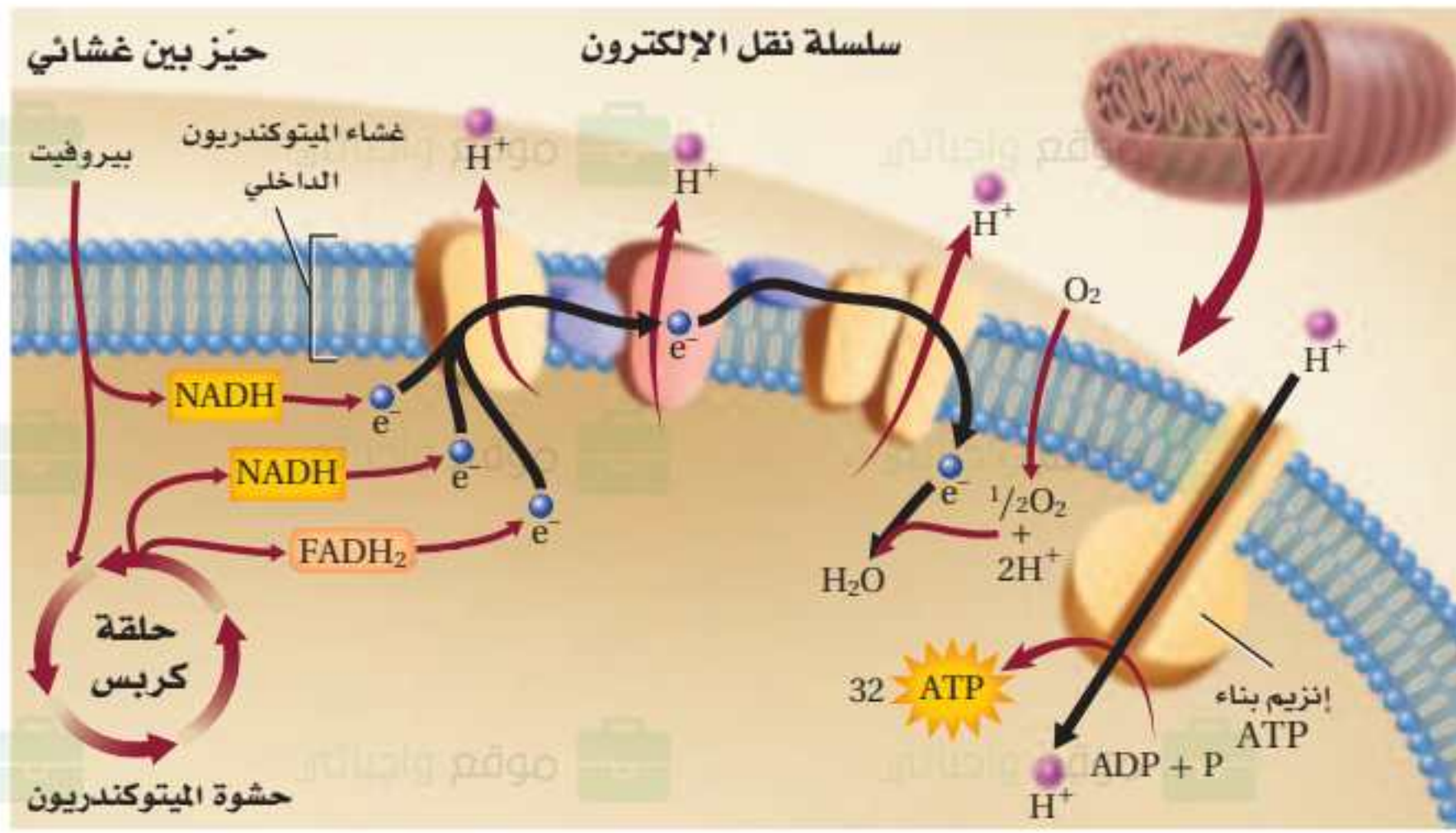
- وأخيرًا يتم إعادة تكوين أستيل CoA ، وحمض الستريك لكي تستمر الحلقة. تذكر أن جزيئين من البيروفيت يتكونان خلال عملية التحلل السكري، مما ينتج عنهما دورتا كريبس - لكل حلقة - من جزيء السكر الواحد. وتكون النواتج النهائية لحلقة كريبس على النحو التالي: ستة جزيئات من CO_2 ، وجزيئي ATP ، وثمانية جزيئات $NADH$ وجزيئي $FADH_2$. تنتقل جزيئات $NADH$ و $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًا في المرحلة التالية من التنفس الهوائي.

■ الشكل 2-13 يتحلل البيروفيت داخل الخلايا إلى ثاني أكسيد الكربون خلال حلقة كريبس في الميتوكوندريا. تتبّع مسار جزيئات الكربون التي تدخل حلقة كريبس وتخرج منها.

تحوّل بيروفيت إلى حمض الستريك ثم مركب خماسي الكربون ثم مركب رباعي الكربون .

إرشادات الدراسة

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



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

تحدث عملية نقل الإلكترون على طول غشاء الميتوكوندريا في أثناء عملية التنفس الخلوي، وعلى طول غشاء الثايلاكويد في أثناء عملية البناء الضوئي .

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport

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

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

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

ثانياً: يتم ضخ أيونات H^+ من الحشوة عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.

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

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

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل

الاستعمال الشائع

التركيز Concentration

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

تركيز أيونات الهيدروجين في جانب واحد من الغشاء أكبر من الجانب الآخر. الاستعمال الشائع: الاهتمام، الانتباه.

كان تركيز الطلاب موجهًا نحو الامتحان.....

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الطاقة الحيوية

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

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

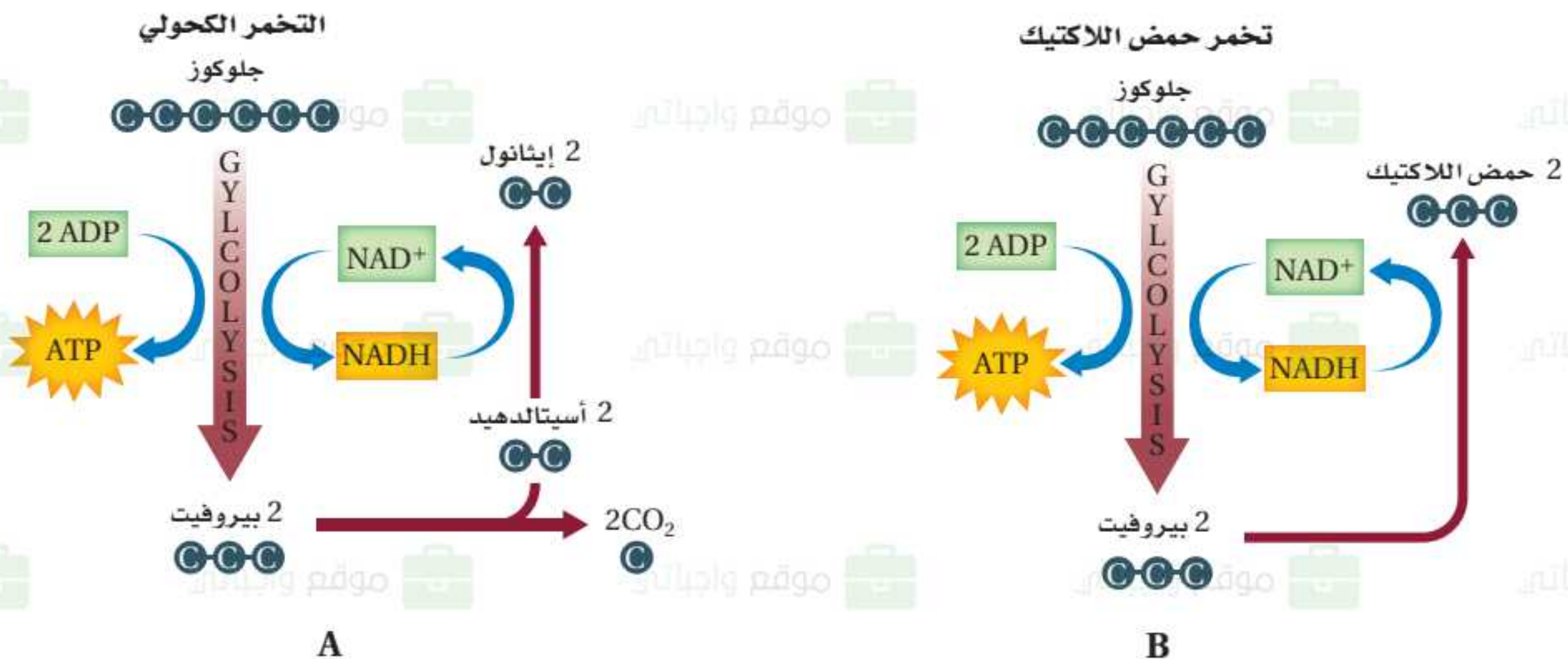
التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

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

الربط مع الصحة **تخمر حمض اللاكتيك Lactic acid fermentation** عند تخمر حمض اللاكتيك تحوّل الإنزيمات البيروفيت -الذي تكوّن في أثناء عملية التحلل السكري- إلى حمض اللاكتيك، كما في الشكل B 2-15. وتضم العملية نقل الإلكترونات العالية الطاقة والبروتونات من $NADH$. وتنتج العضلات الهيكلية حمض اللاكتيك عند عدم وجود الأكسجين الكافي في الجسم نتيجة القيام بالتمارين الرياضية المجهدة مثلاً.

■ الشكل 15-2 عند وجود الأكسجين بكمية محدودة أو عدم وجوده تحدث عملية التخمر. **قارن** بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.

يعوض تخمر حمض اللاكتيك الـ NAD^+ بتحويل البيروفيت إلى حمض اللاكتيك .
في حين يحول تخمر الكحول البيروفيت إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون لتعويض جزيئات NAD^+ .
وكلاهما يحدث من دون الأكسجين .



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

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

عمليات البناء الضوئي والتنفس الخلوي

Photosynthesis and Cellular Respiration

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

مختبر تحليل البيانات 1-2

بناءً على بيانات حقيقية

فَسِّرِ البيانات

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

البيانات والملاحظات



الحل في الصفحة التالية

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

El-Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme

6-phosphofructo-1-Kinase. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 266: 191 – 198.

مختبر تحليل البيانات 2-1

التفكير الناقد

1. حُلِّد كيف يؤثر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك في الخلايا؟

يزيد الفيروس من إنتاج حمض اللاكتيك بعد أربع ساعات .

2. احسب بعد مرور 8 ساعات، ما نسبة ارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما نسبة انخفاض إنتاج جزيئات ATP؟

بعد ثماني ساعات يزيد الفيروس من إنتاج حمض اللاكتيك بنسبة

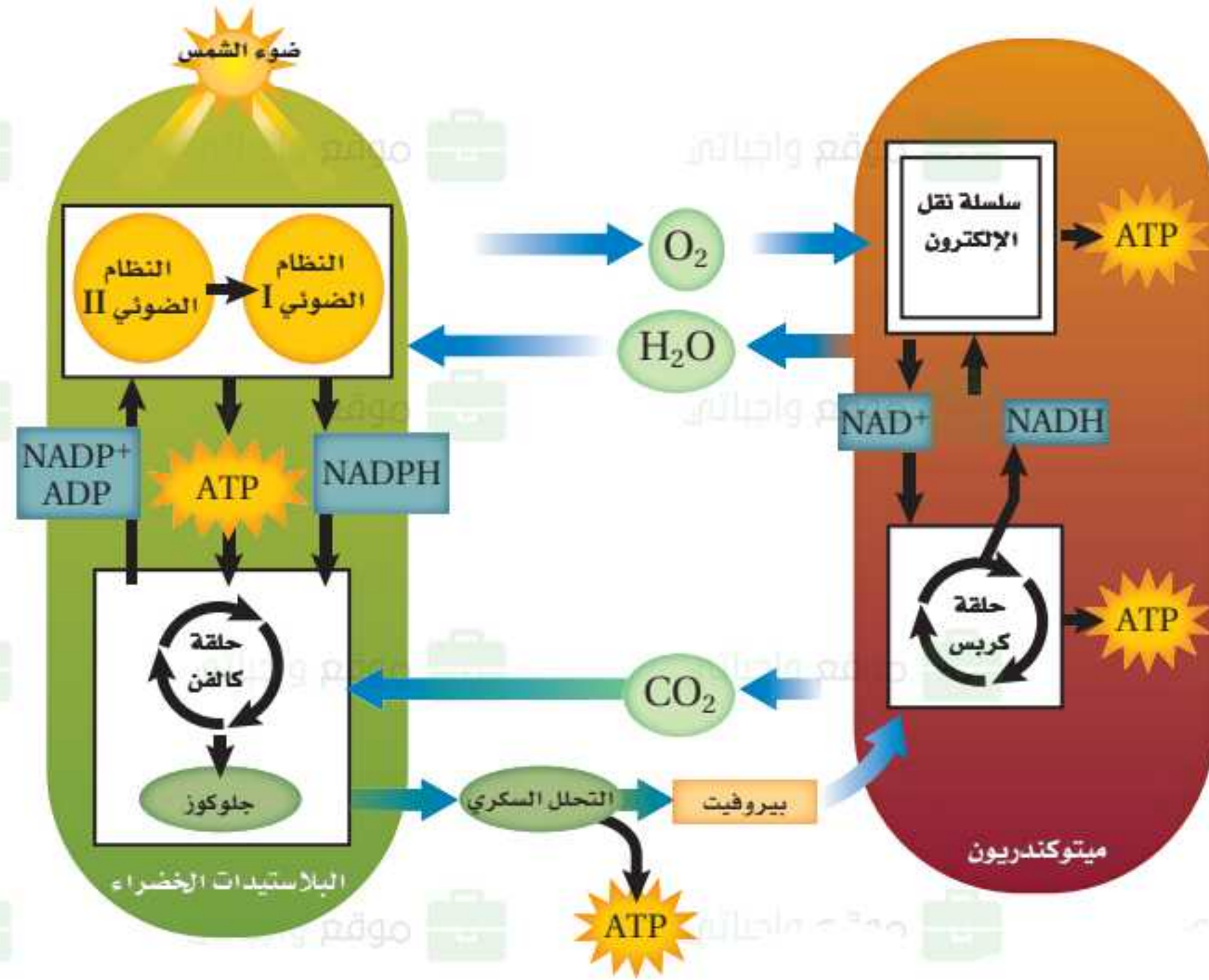
$$75\% \left(\frac{0.42 - 0.73}{42.0} \right) \text{ تقريباً، ويقلل من إنتاج ATP بنسبة}$$

$$28\% \left(\frac{0.70 - 50.0}{0.70} \right) \text{ تقريباً .}$$

3. استنتج ما سبب شعور الإنسان المصاب بفيروس الأنفلونزا بالتعب الشديد؟

بسبب نقص بناء ATP .

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



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

الحل في الصفحة التالية

التقويم 2-3

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسية

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

التفكير الناقد

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

التقويم 2-3

فهم الأفكار الرئيسية

1. **الفكرة الرئيسية** سَمِّ الشكل النهائي من الطاقة الكيميائية الناتجة عن الخلايا في أثناء التنفس الخلوي.

ATP

2. حدّد ما عدد ذرات الكربون من جزيء جلوكوز واحد التي تدخل في دورة كربس واحدة؟

تدخل ثلاث ذرات كربون (بيروفيت) من جزيء الجلوكوز الأصلي سداسي الكربون دورة واحدة .
والثلاث ذرات الأخرى من جزيء البيروفيت تدخل دورة أخرى منفصلة.

3. فسّر كيف تُستخدم الإلكترونات العالية الطاقة في سلسلة نقل الإلكترون؟

تنتقل أزواج الإلكترونات من $NADH$ و $FADH_2$ لتحويل ADP إلى ATP .

4. صِف دور التخمر في الحفاظ على مستويات ATP و NAD^+ .

في أثناء التخمر يعطي جزيء $NADH$ الإلكترونات لإعادة إنتاج ATP و $NADH$.

التقويم 2-3

التفكير الناقد

5. **الرياضيات في علم الأحياء** ما عدد جزيئات ATP و NADH و FADH_2 الناتجة في كل خطوة من خطوات التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة (الفعلية) عن عدد جزيئات ATP الكلية (المتوقعة)؟

المرحلة الأولى (التحلل السكري) :

أربعة جزيئات ATP وجزيئان من NADH .

المرحلة الثانية (حلقة كريبس) :

جزيئان من ATP وثمانية جزيئات من NADH وجزيئان من FADH_2 .

المرحلة الثالثة (نقل الإلكترون) :

32 جزيء ATP ، وهناك حاجة لإلكترونين لبدء عملية التحلل السكري وبالتالي يكون الناتج النهائي من عملية التحليل السكري جزيئان من ATP .

6. قارن بين نوعي التخمر .

يزيد تخمر حمض اللاكتيك من مخزون NAD^+ نتيجة تحويل البيروفيت إلى حمض اللاكتيك .

ويحول تخمر الكحول البيروفيت إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون للتزود بجزيئات NAD^+ .

كلاهما يحدث من دون أكسجين .

مستجدات في علم الأحياء



البناء الضوئي الاصطناعي Artificial photosynthesis



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

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

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

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

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

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

مختبر الأحياء

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

5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
 6. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل بدء العمل.
 7. ابدأ بإجراء تجربتك كما اتفق عليها.
 8. التنظيف والتخلص من الفضلات نظّف جميع الأجهزة بحسب التعليمات، وأعد كل شيء استخدمته إلى مكانه المناسب. وتخلص من النبات بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل يديك جيداً بالماء والصابون.
- الخلفية النظرية:** تحتاج المخلوقات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمامها. يتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة توجد في الطيف الضوئي المرئي. ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. وفي هذا المختبر تصمم تجربة لاختبار أثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي.
- سؤال:** كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدلات حدوث عملية البناء الضوئي؟

المواد والأدوات

اختر المواد التي تراها مناسبة للتجربة التي تصممها.

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

احتياطات السلامة



خطط ونفذ التجربة

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. توقع كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي في النبات؟
3. صمّم تجربة لاختبار توقعك، واكتب قائمة بالخطوات التي تتبعها، وحدّد المجموعة الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. وضح كيف تولد ضوءاً بأطوال موجية مختلفة وزوّد النبات بثاني أكسيد الكربون، واحسب كمية الأكسجين التي ينتجها النبات.

تواصل

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

حل ثم استنتج

1. حدّد المجموعة الضابطة والمتغيرات في تجربتك.

قد تشمل المجموعة الضابطة :

الحجم المتساوي من الماء ومحلول بيكربونات الصوديوم، والضوء الأبيض .

أما المتغيرات فقد تشمل الأطوال الموجية للضوء من ورق السلوفان الملون .

2. فسّر طريقة حسابك لمعدل حدوث عملية البناء الضوئي .

تعتمد الإجابات على كيفية قياس الطلاب للأكسجين الناتج .
ويُقاس معدل عملية البناء الضوئي بقياس الأكسجين الناتج .

3. مثل بياناتك بالرسم .

يجب أن تبين الرسوم أن أعلى معدل لعملية البناء الضوئي في حالة الضوء الأحمر والبنفسجي، وأقل معدل لها في حالة الأطوال الموجية الأخرى أو عدم حدوثه نهائياً .

4. صف كيف تأثر معدل حدوث البناء الضوئي بأطوال الموجات الضوئية المختلفة بناءً على بياناتك؟

يكون معدل البناء الضوئي أعلى ما يمكن في حالة الضوء الأحمر والبنفسجي، وأقل ما يمكن في حالة الضوء الأزرق، والأخضر، والأصفر، والضوء البرتقالي .

5. ناقش ما إذا كانت بياناتك تدعم توقعك أم لا .

تعتمد الإجابات على البيانات وتوقعات الطلاب .

6. تحليل الخطأ. حدّد مصادر الخطأ المحتملة

في تصميم التجربة، وخطوات العمل وجمع البيانات.

يؤثر تحريك النباتات في الكأس الزجاجية أو ترك جزء قليل من النبات خارج الماء في إنتاج الأكسجين .
وهناك أخطاء أخرى ، منها عدم تغطية المصباح بورق السلوفان جيداً، أو وجود الهواء في أعلى أنبوب الاختبار .

7. اقترح كيف يمكنك تقليل مصادر الخطأ هذه إذا كررت التجربة؟

إجراء التجربة بدقة وعناية أكبر .

المطويات **قارن ما أوجه التشابه والاختلاف بين عملية نقل الإلكترون في الميتوكوندريا وعملية نقل الإلكترون في البلاستيدات الخضراء.**

المطويات

تحدث عملية نقل الإلكترون في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء .

وفي كلا الموقعين يولد انتقال الإلكترونات عبر الغشاء تفاوتاً في تركيز البروتونات ، ومن ثم تسهيل إنتاج ATP .

وتعد جزيئات $FADH_2$ و $NADH$ مصدر الإلكترونات في الميتوكوندريا، ويُعدّ الأكسجين المستقبل النهائي للإلكترون .

أما في البلاستيدات الخضراء فيُعدّ تحلل جزيء الماء مصدر الإلكترونات، والفيروودوكسين Ferredoxin هو المستقبل النهائي لها .

دليل مراجعة الفصل

2

الطاقة

المفاهيم الرئيسية	المضردات
1-2 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟	
الفكرة الرئيسية تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية. - تسيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحويلها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية. - تصنع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله. - تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء. - الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.	الطاقة الديناميكا الحرارية عملية الأيض التنفس الخلوي أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP
2-2 البناء الضوئي	
الفكرة الرئيسية تتحول الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي. - تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصبغ تمتص الضوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. - تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن. - في التفاعلات الضوئية تمتص المخلوقات الحية الذاتية التغذية الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH. - في حلقة كالفن تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.	الثايلاكويد الغران الحشوة (اللحمية) الصبغة حلقة كالفن أنزيم روبسكو
2-3 التنفس الخلوي	
الفكرة الرئيسية تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي. - تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز. - تضم مراحل التنفس الخلوي التحلل السكري، حلقة كريبس ونقل الإلكترون. - NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جداً في عملية التنفس الخلوي. - تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.	عملية لاهوائية التنفس الهوائي عملية هوائية التحلل السكري حلقة كريبس التخمير

2-1

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:
1. الذاتية التغذي جزئياً الطاقة في الخلية.

(ATP).

2. تسمى دراسة تدفق الطاقة وتحويلها من شكل إلى آخر الطاقة.

الديناميكا الحرارية .

3. توجد الطاقة الحيوية في أشكال كثيرة.

الطاقة .

4. تسمى التفاعلات الكيميائية المتنوعة التي تنتج الطاقة في الخلية المخلوقات الحية الذاتية التغذي.

عمليات الأيض .

5. تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

عملية البناء الضوئي .

تثبيت المفاهيم الرئيسية

6. أي مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟

- a. لا يمكن أن تبنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله.
- b. القدرة على القيام بالعمل.
- c. توجد بأشكال عدة، منها الكيميائية والضوئية والميكانيكية.
- d. تتغير تلقائياً من عشوائية إلى منظمة.

7. أي المخلوقات الحية الآتية تعتمد على مصادر خارجية للمركبات العضوية؟

- a. الذاتية التغذي.
- b. غير الذاتية التغذي.
- c. الذاتية التغذي الكيميائية.
- d. الذاتية التغذي الضوئية.

أسئلة بنائية

10. إجابة قصيرة. فيم تختلف المخلوقات الحية الذاتية التغذي وغير الذاتية التغذي في طريقة حصولها على الطاقة؟

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 8.



8. أي مما يأتي في هذه السلسلة الغذائية يوفر الطاقة لجزء واحد آخر فقط؟

- a. الذاتية التغذي الكيميائية.
- b. غير الذاتية التغذي.
- c. الشمس.
- d. الذاتية التغذي الضوئية.

9. ما الذي تخزنه الخلايا وتطلقه بوصفه مصدراً رئيساً للطاقة الكيميائية؟

- a. ATP
- b. ADP⁺
- c. NADP⁺
- d. NADPH

تحصل المخلوقات الحية الذاتية التغذي على الطاقة بامتصاص الطاقة الضوئية من الشمس، في حين تحصل عليها المخلوقات الحية غير الذاتية التغذي على الطاقة من الغذاء .

11. نهاية مفتوحة. استخدم التشابه في وصف دور جزيء ATP في المخلوقات الحية.

يشبه ATP البنزين المستعمل في بقاء السيارة تعمل، فهو يعمل على استمرار العمليات الحيوية في المخلوقات الحية بالطاقة اللازمة لعملها .

التفكير الناقد

12. صف. كيف تتحرر الطاقة من جزيء ATP؟

تتحرر الطاقة من جزيء ATP عندما يتحلل إلى جزيء ADP ومجموعة فوسفات .

13. اربط بين تفاعلات الهدم والبناء، ثم وضح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

تخزن عملية البناء الطاقة من خلال بناء الجزيئات في حين تحرر عملية الهدم الطاقة من خلال تحليل الجزيئات .

**وتكون المواد الناتجة من عملية البناء مواد متفاعلة لعملية الهدم .
والمواد الناتجة من عملية الهدم مواد متفاعلة لعملية البناء .**

2-2

مراجعة المفردات

اختر المصطلح الصحيح من صفحة دليل مراجعة الفصل، الذي يمثل كلاً من التعريفات الآتية:
14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية.

غشاء الثايلاكويد .

15. رزمة من أقراص الثايلاكويد.

الغرانا .

16. جزيء ملون يمتص الضوء .

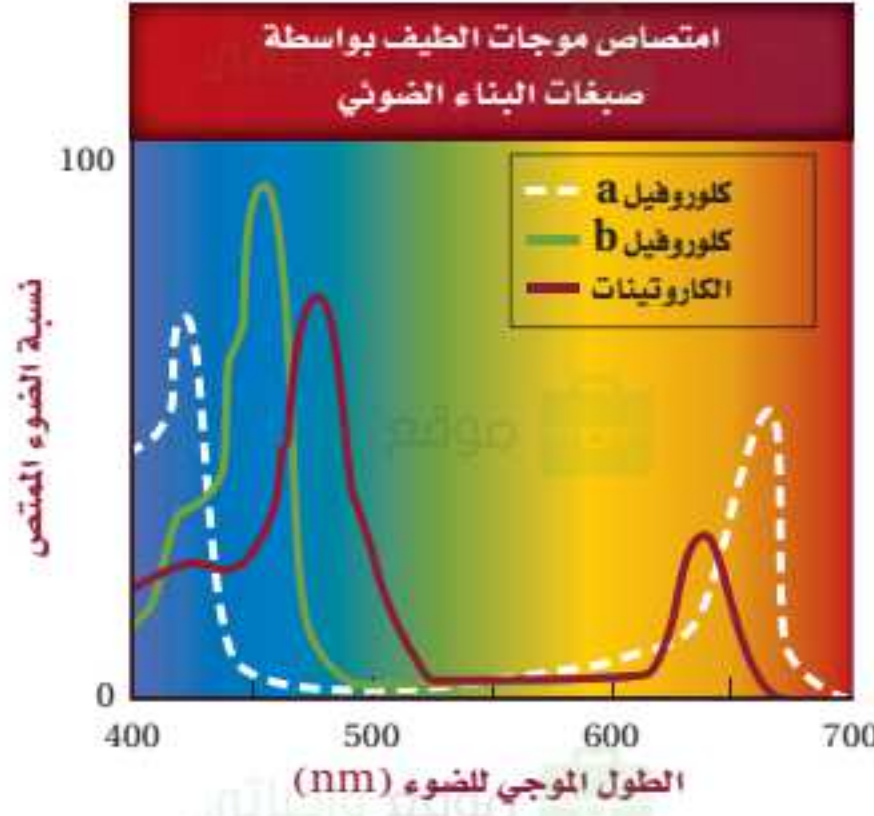
الصبغة .

17. عملية يتم فيها تخزين الطاقة في الجزيئات العضوية.

حلقة كالفن .

2 تقويم الفصل

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 21.

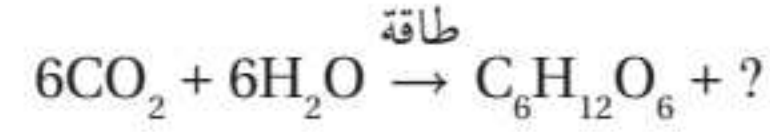


21. ما الطول الموجي للضوء الذي تمتص عنده أصباغ الكاروتينات أعلى نسبة من الضوء؟

- a. 400 .b. 500 .c. 600 .d. 700

تثبيت المفاهيم الرئيسية

استخدم المعادلة الآتية للإجابة عن السؤال 18.



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

- a. CO_2 .b. H_2O .c. O_2 .d. NH_3

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

- a. الثايلاكويد .b. الميتوكوندريا .c. الكيس (الغمد) .d. الحشوة.

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

- a. CO_2 و ATP .b. NADPH و ATP .c. H_2O و NADPH .d. O_2 و H_2O

2 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

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

يتم امتصاص ضوء الشمس بواسطة الكلوروفيل ، وإنتاج ATP و NADPH وتستخدم في التفاعلات اللاضوئية تحدث في أغشية الثايلاكويد أما التفاعلات اللاضوئية (حلقة كالفن) تستخدم ATP و NADPH في تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى جلوكوز وتحدث في اللحمة أو الحشوة .

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

إنتاج أيونات الهيدروجين ضروري لبناء جزيئات ATP؛ لأنها تحول ADP إلى ATP بواسطة إنزيم بناء الطاقة ATP synthase (ATPase) .

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

تعتمد حلقة كالفن على الطاقة التي توفرها التفاعلات الضوئية (ATP ، NADPH) اللازمة لإنتاج السكروز .

التفكير الناقد

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

يتحرر الأكسجين إلى الجو في أثناء بناء السكروز ، وهو ليس ناتجا يتكوّن لتستهمله المخلوقات الحية الذاتية التغذية .

2 تقويم الفصل

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

تقلّ إزالة الغابات من عدد الأشجار التي تقوم بعملية البناء الضوئي ، لذا تقل كميات الأكسجين المتحرّر إلى الجو ، مما يؤدي إلى نقص في كميته اللازمة لعملية التنفس الخلوي .

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

مسار C4 :

يتم تثبيت ثاني أكسيد الكربون في جزيئات رباعية الكربون بدلاً من جزيئات ثلاثية الكربون في حلقة كالفن .
تغير النباتات في ترتيب خلايا الورقة ، وهذا يساعدها على القيام بعملية البناء الضوئي ، وتقليل فقدان الماء .

عملية البناء الضوئي CAM :

يدخل ثاني أكسيد الكربون في الليل فقط عندما يتم تثبيته في المركبات العضوية، وفي أثناء النهار يتحرّر ثاني أكسيد الكربون من هذه المركبات ويدخل حلقة كالفن ويزودها بكمية كافية من CO_2 ، وفي المقابل يحد من فقدان الماء .
كلا المسارين يساعدان النباتات على البقاء والعيش في الظروف المناخية القاسية .

2-3

مراجعة المفردات

عرّف المفردات الآتية بجملة تامة:
28. حلقة كربس.

حلقة كربس :

سلسلة تفاعلات يتحلل من خلالها البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون .

29. عمليات التنفس اللاهوائية.

عملية التنفس اللاهوائية :

تحدث عملية التنفس اللاهوائي في غياب الأكسجين .

30. التخمر.

التخمر :

المسار اللاهوائي الذي يتبع التحلل السكري ويحدث في غياب الأكسجين .

31. هوائي.

هوائي :

عملية تحتاج إلى وجود الأكسجين .

32. التحلل السكري.

التحلل السكري :

عملية لا هوائية تؤدي إلى تحلل الجلوكوز إلى بيروفيت في السيتوبلازم .

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

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

36. ما الذي ينتج عند مغادرة الإلكترونات سلسلة نقل

الإلكترون في التنفس الخلوي وارتباطها مع المستقبل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟

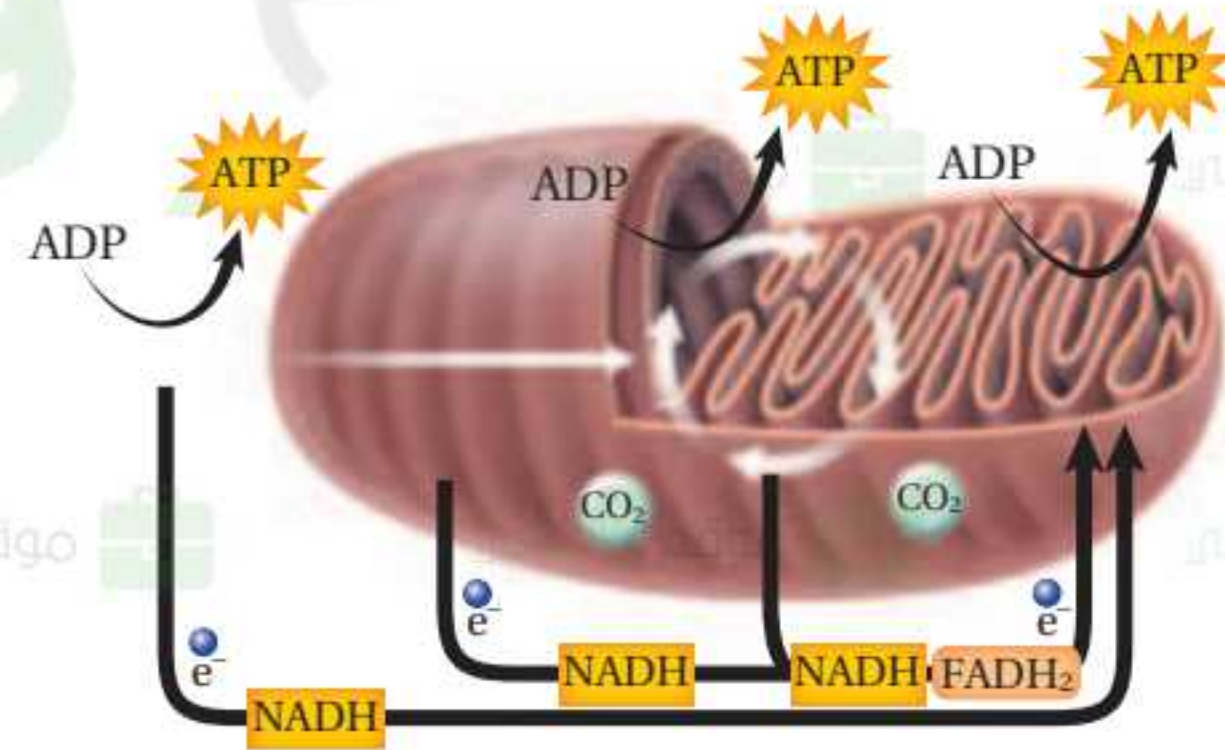
- a. H_2O . c. CO_2 .
b. O_2 . d. CO .

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

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

تثبيت المفاهيم الرئيسية

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



33. ما العضية التي يوضحها الشكل أعلاه؟

- a. جهاز جولجي. c. النواة.
b. الميتوكوندريون. d. الشبكة الإندوبلازمية.

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

- a. التحلل السكري.

b. حلقة كريبس.

c. تحول البيروفيت إلى أستيل CoA.

d. سلسلة نقل الإلكترون.

أسئلة بنائية

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

يوفر تأكسد جزيئات $NADH$ و $FADH_2$ إلكترونات تستعمل في سلسلة نقل الإلكترون، والتي توفر بدورها الطاقة اللازمة لنقل أيونات الهيدروجين، ومن ثم إنتاج ATP .

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

مصادر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون هي جزيئات $NADH$ و $FADH_2$ وتتجه هذه الإلكترونات في النهاية للارتباط مع أيونات الهيدروجين والأكسجين وتكوين جزيء الماء.

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

الإرهاق والتعب للعضلات بعد ممارسة التمارين الرياضية عندما يتم إنتاج حمض اللاكتيك بعملية تخمر البروفيت التي تحدث عندما تنخفض مستويات الأكسجين.

2 تقويم الفصل

التفكير الناقد

41. فُسر. 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 ؟

يُعد الجلوكوز مصدر ذرات الأكسجين في ثاني أكسيد الكربون ، أما مصدر ذرات الأكسجين في الماء فهو الهواء الجوي .

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

عمليات الأيض بوجود الأكسجين (تنفس هوائي) أكثر فاعلية في تكوين جزيء ATP ؛ لأن حلقة كربس وسلسلة نقل الإلكترون - وكلتاهما تحتاج إلى وجود الأكسجين - تنتج 34 جزيئاً من ATP .

يتم إنتاج جزيئين فقط من ATP بواسطة عملية التحلل السكري .

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

عملية البناء الضوئي :

تتحرك الإلكترونات على طول غشاء الثايلاكويد .

التنفس الخلوي :

تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الميتوكوندريا .

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة توضح

أهمية النباتات في نظام بيئي مستخدمًا ما تعرفه

عن العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس

الخلوي.

النواتج التي تعتبر مواد داخلية في عملية التنفس الخلوي هي المواد التي تنتج من عملية البناء الضوئي والمواد ناتجة لعملية التنفس الخلوي هي المواد الداخلة في عملية البناء الضوئي، يتم استخدام مرحلة سلسلة نقل الإلكترونات في مرحلتي التنفس والبناء الضوئي لإنتاج الطاقة تحتوي كل من حلقتا كربس وكالفن عملية إعادة ترتيب ذرات الكربون في مركبات عضوية وتعد مصدر للهيكل الكربوني الذي يستخدم في تفاعلات البناء الحيوي وهناك بعض النواتج في العمليتان متشابهة .
والذي يعمل على الربط بين حلقتين كربس وكالفن هو جزيء ثاني أكسيد الكربون وفي حقيقة الأمر نجد أن معظم العمليات الحيوية التي تحدث مترابطة مع بعضها فقد تكون إحداها نتيجة الأخرى أو سبب لها أو ما شابه ذلك فكل العمليات الحيوية لها دور كبير في إنتاج الطاقة اللازمة للنبات لكي يستطيع القيام بالعمليات الأخرى التي تحتاجها النباتات بشكل ضروري ويومي وبشكل مستمر داخل الخلية .

2 تقويم الفصل

أسئلة المستندات

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



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

عنصر الكاديوم يقلل من حجم الورقة، ومن محتوى الكلوروفيل، ويزيد من معدل البناء الضوئي لفترة ثم يقل.

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

الأثر الأكبر في المتغيرات الثلاثة التي تم اختبارها كان التركيز الأعلى.

47. توقع الآثار في عملية التنفس الخلوي إذا تناول حيوان الطماطم الملوثة بالكاديوم.

عند التشابه الكبير بين التفاعلات الضوئية وسلسلة نقل الإلكترون تقل عملية التنفس الخلوي.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي الخطوات الآتية تحدث في حلقة كالفن؟

- a. تكوين جزيئات ATP.
- b. تكون السكريات السداسية الكربون.
- c. تحرير غاز الأكسجين.
- d. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$.

2. أي تحولات الطاقة الآتية يحدث في المخلوقات الحية الذاتية التغذي فقط؟

- a. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية.
- b. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية.
- c. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية.
- d. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية.

3. أي المركبات التي تحوي الكربون يتم إنتاجها خلال عملية التحلل السكري؟

- a. أستيل CoA.
- b. الجلوكوز.
- c. حمض اللاكتيك.
- d. البيروفيت.

4. أي الجزيئات الكبيرة الآتية يمكن أن تتكون باستخدام السكريات التي تنتج خلال عملية البناء الضوئي في النباتات؟

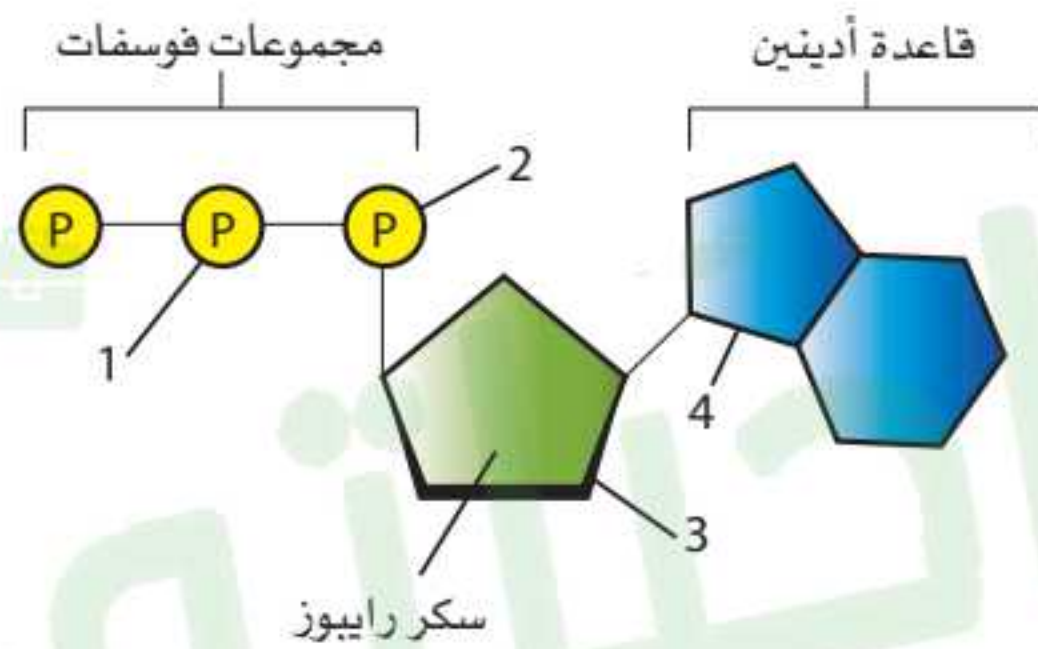
- a. السليلوز.
- b. DNA.
- c. الدهون.
- d. البروتين.

5. ما مصدر الإلكترونات في مرحلة سلسلة نقل

الإلكترون في التنفس الخلوي؟

- a. تكون الأستيل CoA في أثناء حلقة كربس.
- b. إنتاج جزيئات $NADH$ و $FADH_2$ في أثناء حلقة كربس.
- c. تخمر حمض اللاكتيك.
- d. تكسير الروابط خلال عملية التحلل السكري.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.



6. أي المجموعتين في جزيء ATP في الشكل أعلاه يجب أن تتكسر الرابطة بينهما حتى تتحرر الطاقة التي يستخدمها المخلوق الحي؟

- a. 1 و 2
- b. 2 و 3
- c. 2 و 4
- d. 3 و 4

اختبار مقنن

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

a. عمل إنزيم بناء الطاقة ATP على ADP.

b. تحويل جزيئات GAP إلى RuBP.

c. تحويل $NADP^+$ إلى NADPH.

d. تحويل الطاقة الكيميائية لتكوين جزيئات GAP.

8. أيّ العمليات الخلوية الآتية تخرن الطاقة؟

a. تحليل سلسلة الدهون.

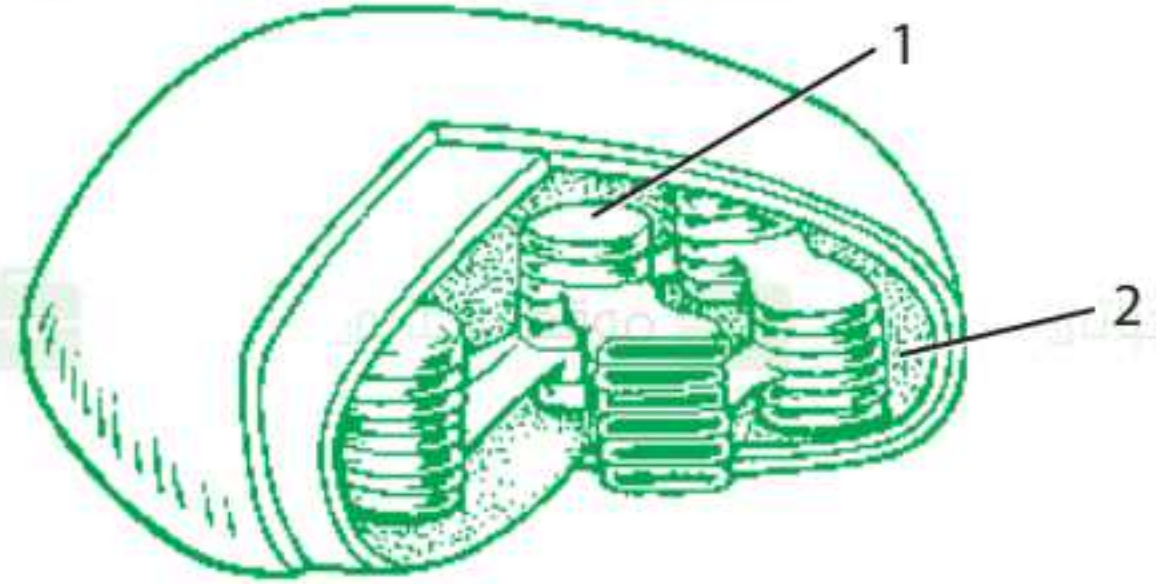
b. تحول ADP إلى ATP.

c. بناء البروتينات من كودونات RNA.

d. نقل الأيونات عبر الغشاء.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 9.



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

١- الثايلاكويد :

التفاعلات الضوئية ، المرحلة الأولى .

٢- اللحمية :

حلقة كالفن ، المرحلة الثانية .

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

يحدث البناء الضوئي في الثايلاكويد ويتم إنتاج الطاقة بواسطة الميتوكوندريا وهذه عملية هامة جداً وإنتاج الطاقة من الميتوكوندريا يساعد كثيراً في إتمام عملية البناء الضوئي أي العمليات الحيوية تحدث في كل من غشاء الثايلاكويد وغشاء الميتوكوندريا .

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

قد يكون المخلوق الحي نبات يصنع غذاءه بنفسه كما يكون قادراً على التغذية على الحشرات مثل نبات صائد الذباب .

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

يضخ إنزيم بناء الطاقة **ATPase** أيونات **H+** عبر غشاء الثايلاكويد .

ويحول إنزيم الروبوسكو جزيئات **GAP** إلى جزيئات ريبولوز ثنائي الفوسفات .

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

تحتوي خلايا الورقة على العدد الأكبر من البلاستيدات الخضراء ، في حين

تحتوي الأجزاء الخضراء الأخرى في النبات على بعض البلاستيدات الخضراء.

الأوراق هي جزء النبات الذي تحدث فيه عملية البناء الضوئي التي تنتج السكر الذي يحتاج إليه النبات .

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

عن طريق رفع العتبة اللاهوائية لديهم يتمكن العداؤون من الحصول على طاقة أكبر في عضلاتهم نتيجة عملية التنفس الهوائي، مما يسمح لهم بتجنب الإحساس بالإرهاق والألم الناتجين عن تراكم حمض اللاكتيك في أثناء عملية التنفس اللاهوائي .

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

قد يبطئ انخفاض تركيز CO_2 من حلقة كالفن في أثناء عملية البناء الضوئي؛ مما يؤدي إلى إنتاج بطيء للسكر، فتنمو النباتات بشكل بطيء جداً .

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

**يقوم كلا الغشاءين بسلسلة نقل الإلكترونات .
هذه الحقيقة قد تكون مهمة لأنها قد تعطي دليلاً على تشابه التركيب .
ومن ناحية أخرى قد تكون حقيقة أن الغشاءين يؤديان الوظيفة نفسها هي مصادفة فقط .**

اختبار مقنن

سؤال مقالي

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

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

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

سؤال مقالي

يُعد ثاني أكسيد الكربون (CO_2) أحد نواتج عملية التنفس الخلوي .

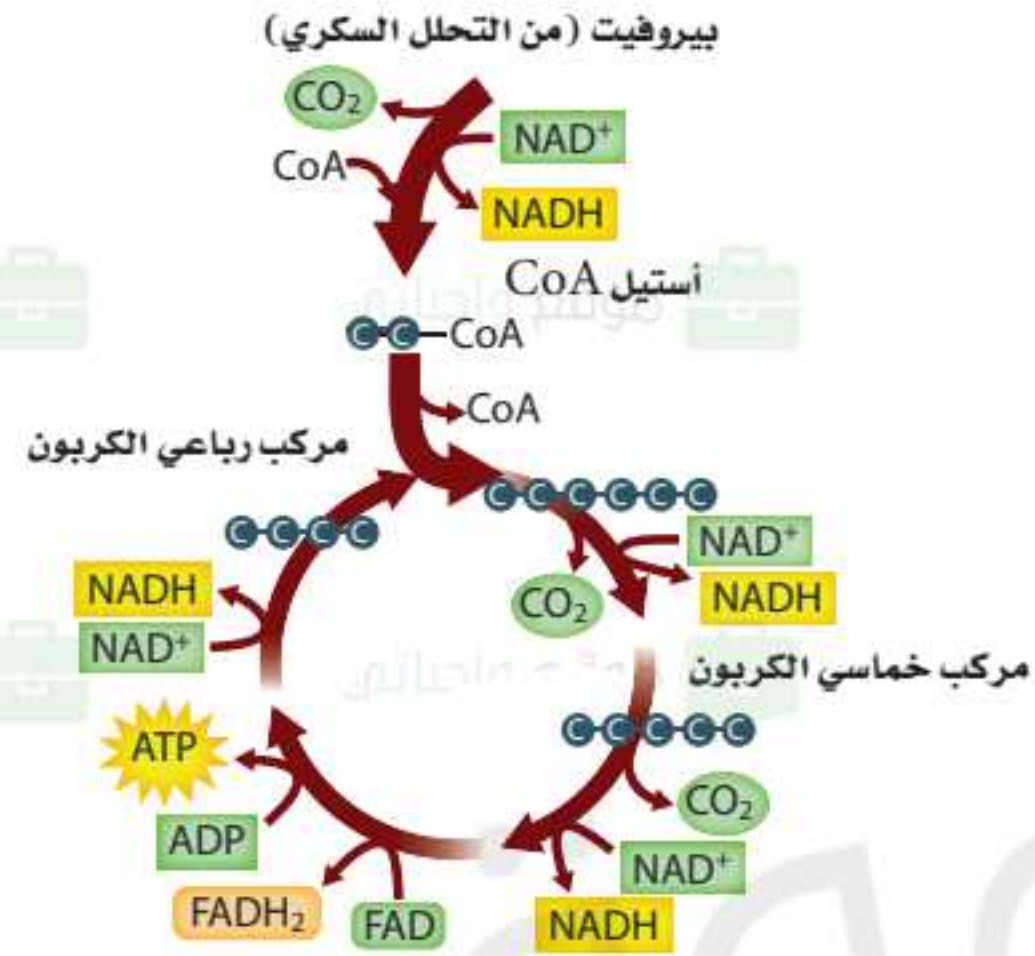
ينطلق ثاني أكسيد الكربون من جسم الشخص إلى الجو عندما يتنفس .

كما يعد الماء ناتجاً آخر عن عملية التنفس الخلوي .

ويستعمل الإنسان بعض هذا الماء في عمليات الجسم الأخرى، كما يخرج الماء بواسطة العرق والتنفس .

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. لخص خطوات الحلقة في الشكل السابق.

يمثل الشكل حلقة كربس أو حلقة حمض الكربوكسيل الثلاثي .

يتحول البيروفيت إلى أستيل مرافق الإنزيم - أ، فيتحلل CO_2 و $NADH$.

يتحد أستيل مرافق الإنزيم - أ مع مركب رباعي الكربون لتكوين حمض الستريك .

يتم معالجة حمض الستريك بشكل إضافي ،

بحيث يتحرر CO_2 و $NADH$ و $FADH_2$ ، وينتج كذلك ATP .

يتم تحويل حمض الستريك في النهاية إلى مركب رباعي الكربون مرة أخرى، الذي يرتبط بدوره

مع مجموعة أستيل جديدة .

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

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