

## كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

### How Organisms Obtain Energy?

#### الأهداف

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

#### الفكرة الرئيسة

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 وتتحلل، وتنقل المواد عبر الغشاء الخلوي، وكذلك تنقل المعلومات الوراثية. هذه الأنشطة الخلوية جميعها تحتاج إلى **الطاقة energy**، وهي القدرة على إنجاز شغل. ويبين الشكل 5-1 بعض المحطات الرئيسة في دراسة الطاقة الخلوية. أما **الديناميكا الحرارية thermodynamics** فهي دراسة تدفّق 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 تفتى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله سبحانه وتعالى. فمثلاً تتحول الطاقة المخزنة في المواد المغذية إلى طاقة كيميائية عندها تأكل، وتتحول إلى طاقة ميكانيكية عندما تركض أو تترك الكرة.

#### 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

#### ■ الشكل 5-1

#### 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 ثون 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 2-5 سخر الشمس لتكون المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في المخلوقات الحية، وتنقل الطاقة من المخلوقات الذاتية التغذي إلى المخلوقات غير الذاتية التغذي.  
يربط بين قانوني الديناميكا الحرارية والمخلوقات الحية في الشكل.



ينص القانون الثاني في الديناميكا الحرارية على حدوث فقدان في الطاقة عند تحويلها 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 والمتوفرة 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 2-5- 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 2-5، فهي مخلوقات حية تحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.

### المفردات

#### أصل الكلمة

#### ذاتي التغذي Autotroph

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

الحلول  
hü l u l . o n l i n e

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

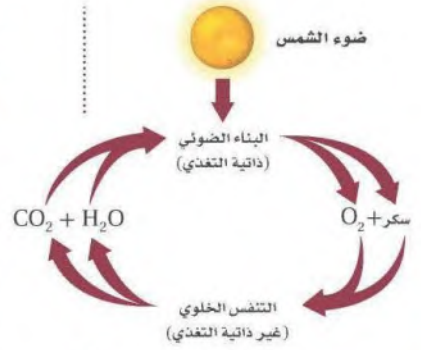
1980م اكتشفت جيمي ميكيل في أثناء دراستها الميتوكوندريا في ذبابة الفاكهة والفئران أن توقف الميتوكوندريا عن العمل يسبب الهرم.

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 لتكون سكر الجلوكوز والأكسجين. وكما بين الشكل 3-5، 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 3-5 في النظام البيئي، يكون البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة مستمرة. حدد مسارات الهدم والبناء في الشكل.

### تجربة استهلاكية

مراجعة بناء على ما قرأته عن محولات الطاقة، كيف نجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

## تجربة 1-5

### رابط 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. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتُسجل محتويات أنبوبي اختبار، وظروف التعامل مع كل منها، واللون في البداية واللون النهائي لمحتوياتها بعد التفاعل.
3. أضف 100 mL من محلول بروموتيمول 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 وشطف المحلول بالماء.
4. املا ¼ أنبوبي اختبار كبيرين بمحلول BTB الأصفر الناتج من الخطوة 3.
5. غط أحد الأنبوبين بورق 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.
2. فسّر كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي أحدهما على الآخر؟



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 3-5؛ حيث تعد المواد الناتجة عن أحد التفاعلات مواد متفاعلة للتفاعل الآخر.

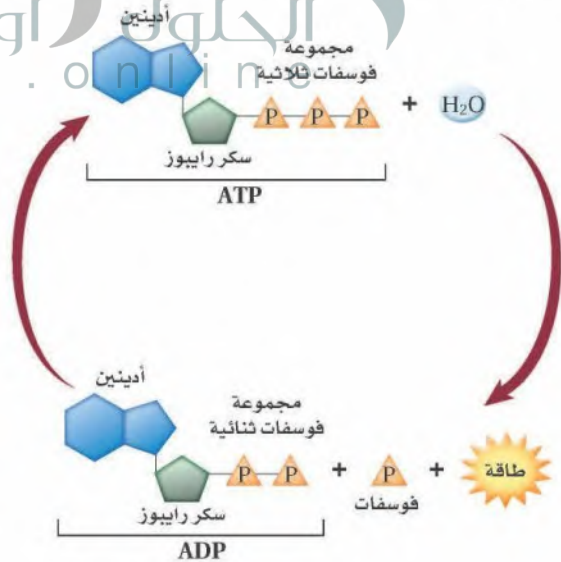
## ATP، وحدة الطاقة الخلوية ATP: The Unit of Cellular Energy

**الربط بين الكيمياء** 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) مخزنًا 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 انتشارًا في خلايا جميع أنواع المخلوقات الحية. وكما يبين الشكل 4-5 فإن جزيء (ATP) عبارة عن نيوكليوتيد يتكون من قاعدة نيتروجينية هي: الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.

■ الشكل 4-5 ينتج عن تحليل جزيء ATP طاقة تدعم الأنشطة الخلوية في المخلوقات الحية.



**وظيفة جزيء الطاقة ATP function** يُحرر جزيء (ATP) الطاقة عندما يتحول الفوسفات بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة، مكونًا جزيئًا يُسمى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرّة، الشكل 4-5. 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 4-5، 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.

## التقويم 5-1

### الخلاصة

### فهم الأفكار الرئيسية

### التفكير الناقد

1. **المفكرة > الرئيسة** 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؟
  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.
- 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.