الأحياء

كتاب الطالب

٩

الفصل الدراسي الأول

الطبعة التجريبية ١٤٤٥هـ-٢٠٢٣م

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

الأحياء

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

الطبعة التجريبية ١٤٤٥هـ - ٢٠٢٣م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٠ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – العلوم للصف التاسع – من سلسلة كامبريدج للعلوم
المتكاملة IGCSE للمؤلفين ماري جونز، ريتشارد هاروود، إيان لودج، ودايفيد سانغ.

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج رقم ٤٠ / ٢٠٢٠ .
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه توفُّر أو دقة المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق
وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

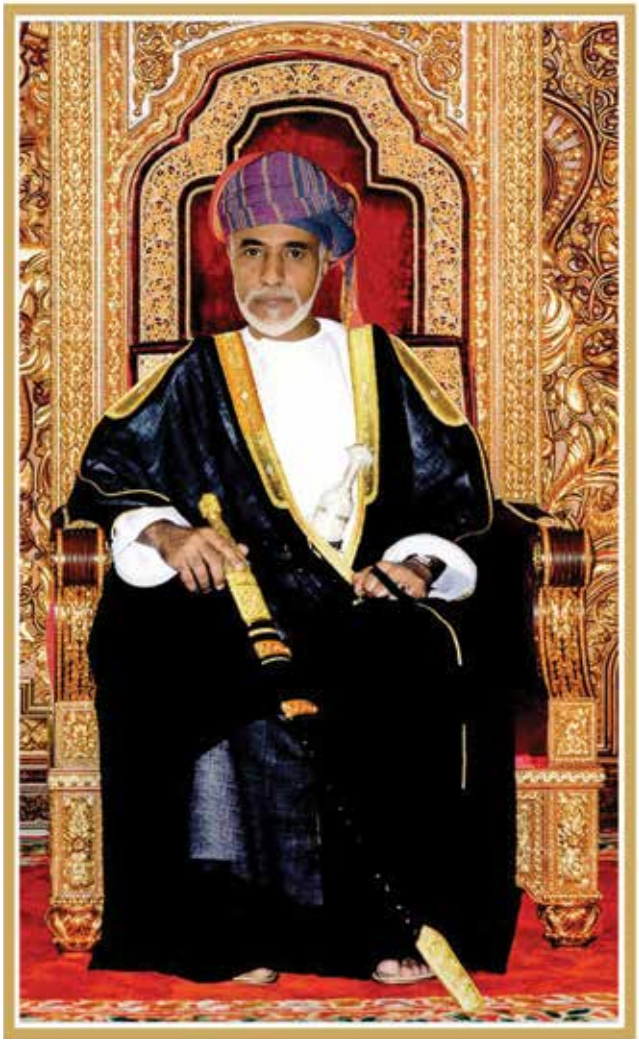
تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٣٠٢ / ٢٠١٩ واللجان المنبثقة عنه

محفوظة جميع الحقوق

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

**لا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزّأً أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**

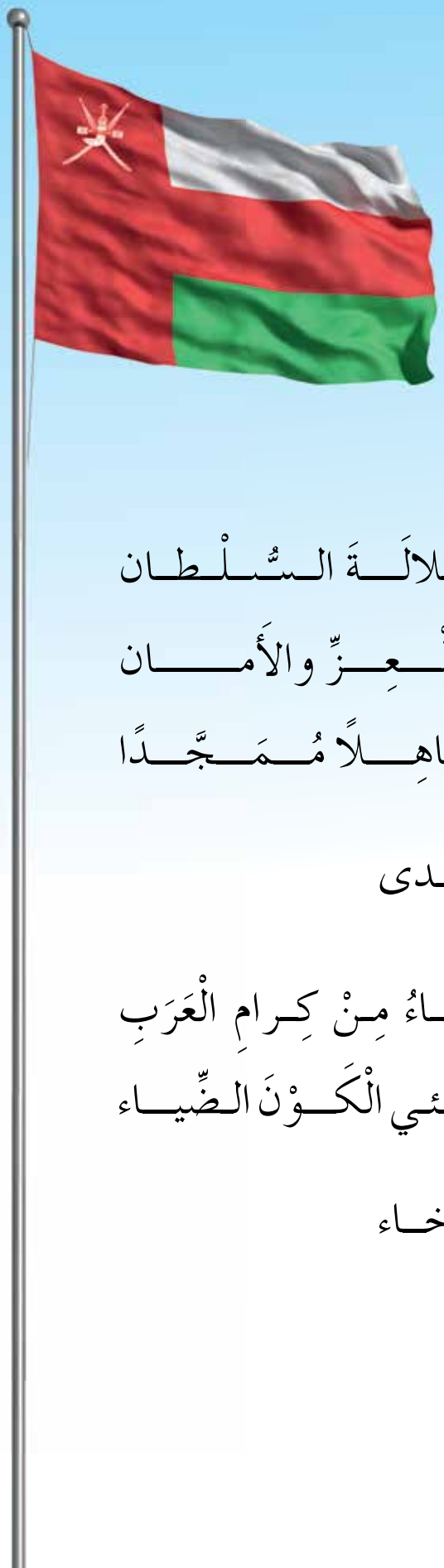


المغفور لـه
السلطان قابوس بن سعيد
– طيّب اللّه ثراه –

حضـرة صـاحـب الجـلالـة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
–حفظه اللّه ورعاه–

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)



النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يـا رَبَّنـا احْفَـظْ لنـا جَـلالَـةَ الـسُّـلْـطـان
وَالشَّـعْبَ فـي الأَوْطـان بِـالْـعِـزِّ والأَمـان
وَلْـيَـدُمْ مـؤَيَّـدًا عـاهِـلاً مُـمَـجَّـدًا
بِـالـنُّـفـوسِ يُـفْـتَـدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِـيـاءُ مِـنْ كِـرامِ الْعَرَبِ
فـارْتَقـي هـامَ السَّمـاء وَامْلَئي الْكَـوْنَ الـضِّيـاء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخـاء

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًّا من مُكوّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقررات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المُتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلاب، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيَم واتجاهات، جاء مُحقِّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمَّنه من أنشطة وصور ورسومات. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

مُتمنّية لأبنائنا الطلاب النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذا الكتاب xii

الوحدة الأولى: الخلايا

١–١ خصائص الكائنات الحية ١٥

١–٢ الخلايا ١٧

١–٣ الخلايا والكائنات الحية ٢٣

الوحدة الثانية: انتقال الموادّ من الخلايا وإليها

٢–١ الانتشار ٢٨

٢–٢ الأسموزية ٣٢

الوحدة الثالثة: الجُزيئات الحيوية

٣–١ ممّ يتكون جسمك؟ ٤٢

٣–٢ الكربوهيدرات ٤٣

٣–٣ الدهون ٤٦

٣–٤ البروتينات ٤٨

٣–٥ الأنزيمات ٥٠

الوحدة الرابعة: التغذية في الإنسان

٤–١ النظام الغذائي ٦١

٤–٢ السُّمنة وسوء التغذية ٦٧

الوحدة الخامسة: التنفُّس

٥–١ التنفُّس ٧٣

٥–٢ التمارين الرياضيّة ومُعدَّل التنفُّس ٧٦

الوحدة السادسة: التنظيم والاتِّزان الداخلي في الإنسان

٦–١ التنظيم في الإنسان ٨٢

٦–٢ الجهاز العصبي في الإنسان ٨٣

٦–٣ العين ٨٧

٦–٤ الهرمونات ٩٢

٦–٥ الاتِّزان الداخلي ٩٣

مصطلحات علمية ١٠٤

المقدمة

سوف تتعلَّم من خلال هذا المُقرَّر الكثير من الحقائق والمعلومات، كما ستكتسب مهارة التفكير مثل العُلماء. وقد تمَّت مواءمة كتاب الطالب – الأحياء للصف التاسع – وفق سلسلة كامبريدج للعلوم المُتكامِلة IGCSE.

تتضمَّن وحدات كتاب الطالب البنود الآتية:

الأسئلة

تتضمَّن كل وحدة مجموعات مُتعدِّدة من الأسئلة تأتي ضمن سياق فقراتها لتعزيز الفهم، وبعضها يحتاج إلى إجابات قصيرة. كما ترد في نهاية الوحدة أسئلة تُهيِّئك لخوض الاختبارات.

الأنشطة

تحتوي كل وحدة على أنشطة مُتنوّعة تهدف إلى مُساعدتك على تطوير مهاراتك العملية.

مُلخَّص

وهو قائمة قصيرة تأتي في نهاية كل وحدة، وتحتوي على النقاط الرئيسية التي تمَّت تغطيتها في الوحدة. وسوف تحتاج إلى معرفة المزيد من التفاصيل عن هذه النقاط من خلال الرجوع إلى موضوعات الوحدة.

من المفيد أيضًا استخدام كتاب النشاط، الذي يُزوّدك بمجموعة من التمارين وأوراق العمل، تُساعدك على توظيف المعرفة التي اكتسبتها في تطوير مهاراتك في التعامل مع المعلومات وحل المشكلات، وكذلك صقل بعض مهاراتك العملية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

تتضمن كل وحدة مجموعة من الأقسام التي تُحدِّد الموضوعات الرئيسية التي تتناولها، وتساعدك على التنقُّل خلالها.

الوحدة الثانية

انتقال الموادّ من الخلايا وإليها

Movement of materials in and out of cells

تُغطّي هذه الوحدة:

- انتقال المواد بالانتشار.
- كيفية انتقال المواد من الخلايا وإليها عبر أغشيتها، عن طريق عملية الانتشار.
- تأثير الأسموزية في انتقال الماء من الخلية وإليها عبر أغشيتها.
- استقصاء تأثير مساحة السطح، ودرجة الحرارة، ومُنحدَر التركيز، ومسافة الانتشار، على مُعدّل الانتشار.
- انتقال الماء بالأسموزية (نوع متخصّص من أنواع الانتشار).
- كيفية تأثير الأسموزية على أنسجة النبات.

مصطلحات علمية

تحتوي المُربَّعات على تعريفات واضحة للمُصطلحات العلمية الرئيسية في كل وحدة.

مصطلحات علمية

الانتشار Diffusion: صافي انتقال الجُزيئات بسبب حركتها العشوائيّة من المنطقة ذات التركيز الأعلى إلى المنطقة ذات التركيز الأقل بناءً على مُنحدَر التركيز.

تذكّر مُربَّعات تحتوي على نصائح موجَّهة إلى الطلاب ليتجنبوا المفاهيم الخاطئة الشائعة وتقدِّم إليهم الدعم للإجابة عن الأسئلة.

تذكَّر

أنَّ الانتشار ينتج ببساطة من الحركة العشوائية للجُزيئات، ولا تحتاج الخلايا إلى فعل شيء من أجل حدوثه.

نشاط

ترد الأنشطة في جميع أقسام الوحدة وتوفِّر إرشادات وتوجيهات لإجراء استقصاءات عملية.

نشاط ٢-١

توضيح عملية الانتشار في محلول

المهارة:

- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ • **احرص دائمًا على الأخذ باحتياطات الأمن والسلامة المطلوبة عند التعامُل مع الموادّ الكيميائية لمنع ملامستها الجلد.**

١ املأ كأسًا زجاجية كبيرة بالماء. ودعها لعدَّة ساعات، كي تسكن تمامًا.

٢ استخدم الملقط بحذر لتضع بلّورة صغيرة من برمنجنات البوتاسيوم (منجنات البوتاسيوم VII) في الماء وتجنّب أن يلامس جلدك.

٣ ارسم الكأس الزجاجية الكبيرة، وضع تسميات الأجزاء، كي توضِّح كيف توزّع اللون في بداية تجربتك.

٤ دع الكأس الزجاجية الكبيرة من دون تحريك بشكل تام لعدّة أيام.

٥ ارسم الكأس مرَّة ثانية، كي تُوضِّح كيف توزّع اللون.

يمكنك أن تجري هذه التجربة باستخدام أملاح ملوّنة أخرى، مثل كبريتات النحاس أو ثاني كرومات البوتاسيوم.

أسئلة

١ لماذا كان مهمًّا ترك الماء ليسكن تمامًا قبل وضع البلَّورة فيه؟

٢ لماذا انتشر اللون في الماء في نهاية تجربتك؟

٣ اقترح **ثلاثة** أمور كان يمكنك إجراؤها لجعل اللون ينتشر بسرعة أكبر.

أسئلة

ترد في كل وحدة لتقييم معرفة الطلاب واستيعابهم للعلوم.

أسئلة

١-٢ عرِّف الانتشار.

٢-٢ اذكرْ **ثلاثة** أمثلة على الانتشار في الكائنات الحية.

٣-٢ يلزمك أن تتذكَّر ما تعرفه عن نظرية الحركة الجُزيئية كي تجيب عن هذا السؤال.

أ. ما تأثير ارتفاع درجة الحرارة على الطاقة الحركية للجُزيئات في غاز، أو لمادة مُذابة في محلول؟

ب. تنبّأ وفسِّر كيف سيؤثِّر ارتفاع درجة الحرارة على مُعدَّل سرعة الانتشار لمادة مُذابة.

يرد **ملخّص** في نهاية كل وحدة ويتضمَّن تلخيصًا للموضوعات الرئيسية.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- كيف ينتج الانتشار عن الحركة العشوائية للجُسيمات.
- العوامل التي تؤثِّر على سرعة الانتشار.
- لماذا يُعدُّ الانتشار مهمًّا للخلايا والكائنات الحيَّة.
- أهميَّة الماء كمادَّة مذيبة.
- الأسموزية هي نوع خاص من الانتشار يتعلَّق بجُزيئات الماء.
- كيف تؤثِّر الأسموزية على الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية.

تلي فقرة مُلخّص مجموعة مختارة من **أسئلة نهاية الوحدة** لمساعدة الطلاب على مراجعة الوحدة.

أسئلة نهاية الوحدة

١ يقوم بائع شاورما بطهوها في محلّه الذي يقع عند طرف الشارع.

أ. وضِّح كيف يمكن لشخص يقف عند الطرف المقابل من الشارع أن يشتم رائحة طهو الشاورما.

ب. وضِّح كيف يمكن ليوم حار أن يؤثِّر على العملية التي وصفتها في الجزئية (أ).

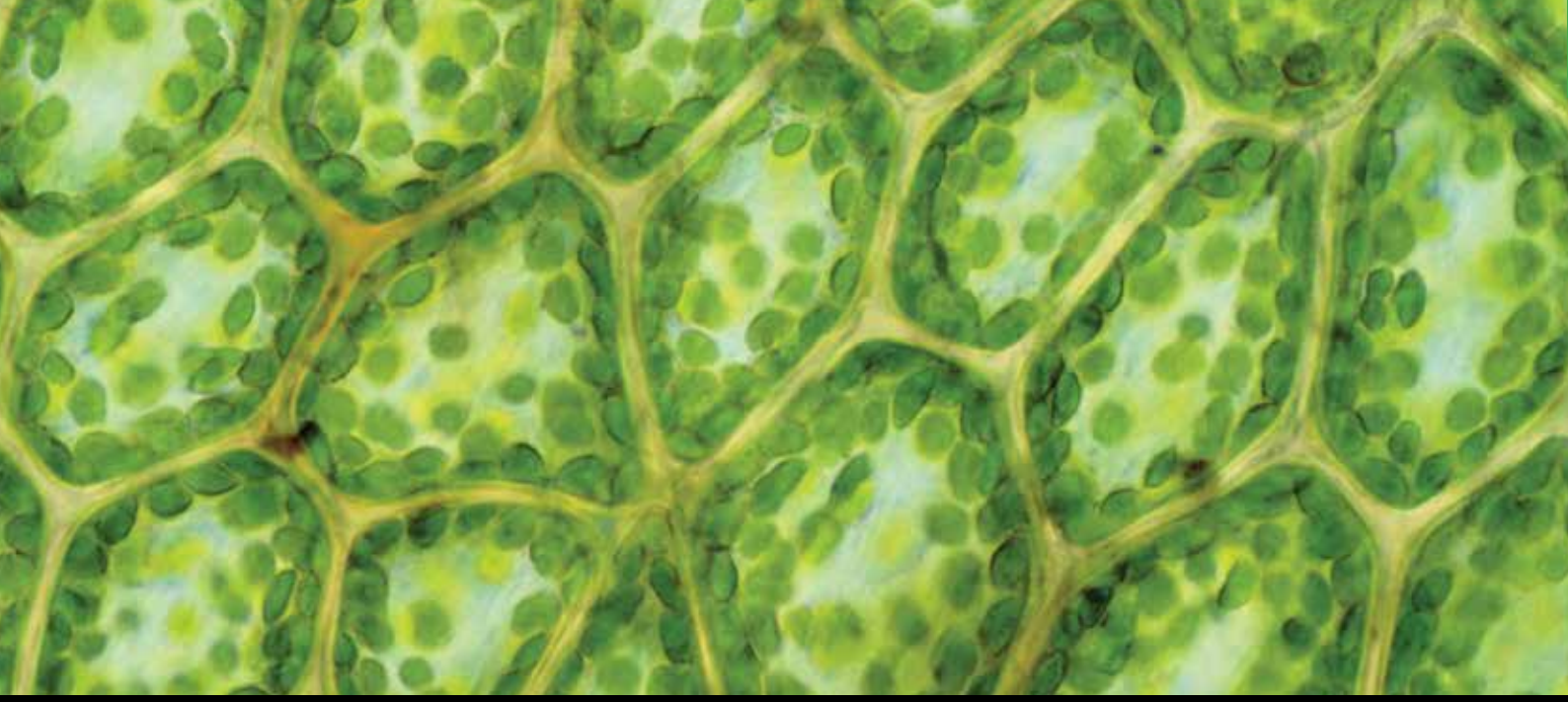
٢ غالبًا ما يخضع الذين يعانون من الفشل الكلوي لغسيل الكلى أو الديلسة التي يتم خلالها تمرير دماء المرضى داخل جهاز الديلسة، الذي يُزيل الفضلات والتي تعرف باليوريا من دمهم قبل إعادته إلى أجسامهم. ينتقل الدم في جهاز الديلسة داخل أنابيب مُحاطة بسائل الديلسة.

أ. يكون غشاء أنبوبة غسيل الكلى (الديلسة) شبه مُنفِذ. وضِّح معنى ذلك.

ب. يتم أثناء غسيل الكلى (الديلسة)، انتقال اليوريا من الدم عبر غشاء شبه مُنفذ إلى سائل الديلسة. صف الفرق بين تركيز مادة اليوريا في الدم وتركيزها في سائل الديلسة مُعتمِدًا على اتِّجاه الانتشار الموضَّح.

ج. يتم استبدال سائل الديلسة بانتظام. وضِّح سبب ذلك في ضوء مصطلح الانتشار.

قائمة روابط المواد الإثرائية لمادّة الأحياء			
النوع	الرابط	QR Code	رقم الترميز
المصطلحات العلمية	https://home.moe.gov.om/Institutions		55998919
أسئلة اختيار من متعدِّد	https://social.moe.gov.om/		55998926
الأنشطة الإثرائية	https://home.moe.gov.om/vote		55998929



الوحدة الأولى

الخلايا Cells

تغطّي هذه الوحدة:

- خصائص الكائنات الحية.
- تركيب الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية.
- وظائف أجزاء مختلفة من الخلية.
- كيفية حساب تكبير المجهر.

١-١ خصائص الكائنات الحية

يُعنى علم الأحياء بدراسة الكائنات الحية. تمتلك الكائنات الحية سبع ميّزات أو خصائص، تجعلها مختلفة عن «الأشياء غير الحية» (الصورة ١-١). وتجد تعريفات تلك الخصائص في صندوق المُصطلحات العلمية. وما يتوجب عليك الآن، هو أن تتعلَّم هذه التعريفات، وسوف تكتشف المزيد عنها لاحقًا في هذا الكتاب.

لا شكّ في أنَك تستطيع أن ترى بسهولة ما تُظهره مُعظم الكائنات الحيَّة من خصائص. فتَتَنَقَّل حيوان المها وتوجُّهه نحو طعامه في الصورة ١-١ مثلاً، يُظهِر خاصّيَّة القدرة على الحركة لديه. لكن من الصعب رؤية الخاصّية نفسها عند النبات أو الفطر، مع أنّهما يملكانها من خلال انحناء أوراق النبات باتّجاه الشمس أو دفع أبواغ التكاثُر إلى الخارج.

ترتبط العديد من خصائص الكائنات الحيّة ببعضها. فعلى سبيل المثال، ترتبط خاصّية التغذية ارتباطًا مُباشرًا بالقدرة على النمو والتكاثُر والتنفُّس؛ حيث تنطلق من خلال عملية التنفُّس طاقة تجعل الكائن الحَيّ قادرًا على الحركة والاستجابة لأي تغيُّرات في المُؤثِّرات (المُنبِّهات) التي يُمكنه أن يستشعرها. ويُمثِّل الإخراج الطريقة التي يتخلَّص بها الكائن الحَيّ من الفضلات الناتجة عن المواد الغذائية الزائدة، وعن عمليَّة التنفُّس والتفاعُلات الأيضية الأخرى (مثل عملية هضم المواد الغذائية أو بناء خلايا جديدة).

النمو Growth جميع الكائنات الحية تبدأ صغيرة الحجم وتكبر، من خلال نُموِّ خلاياها، وتزايد عددها في أجسامها.

الحركة Movement جميع الكائنات الحية قادرة على التحرُّك إلى حدٍّ ما. وتستطيعُ معظم الحيوانات أن تُحرِّك أجسامها من مكان إلى آخر، حتى النباتات يمكنها أن تُحرِّك ببطء بعض أجزائها حركة موضعية.

الإحساس Sensitivity تستطيع جميع الكائنات الحية أن تلتقط معلومات عمّا يحدث من تغيُّرات في بيئتها، وأن تتفاعل مع تلك التغيُّرات.

الإخراج Excretion تطرح جميع الكائنات الحية، جزّاء التفاعلات الأيضية في خلاياها، فضلات قد تكون غير مرغوبة، أو سامّة، مما يستوجب طرحها خارج الجسم.

التغذية Nutrition تحصل الكائنات الحية على المواد الغذائية من البيئة التي تعيش فيها، وتستخدمها للحصول على الطاقة، أو المواد اللازمة لإنتاج خلايا جديدة.

التنفُّس Respiration تقوم جميع الكائنات الحية بتفكيك الجلوكوز وسواه من المواد داخل خلاياها، لتحرير طاقة تقوم باستخدامها.

التكاثُر Reproduction تستطيع الكائنات الحية إنتاج كائنات حية جديدة من نوعها نفسه.

الصورة ١ـ١ خصائص الكائنات الحيَّة

مصطلحات علمية

الحركة Movement: هي عمل يقوم به الكائن الحيّ أو جزء من الكائن الحيّ، ويؤدّي إلى تغيّر وضعيّته أو مكانه.

التنفُّس Respiration: هو مجموعة التفاعُلات الكيميائيّة التي تحدث داخل الخلايا التي تعمل على تفكيك جُزيئات الموادّ الغذائيّة وتحرّر الطاقة المطلوبة لعمليات الأيض.

الإحساس Sensitivity: هو القدرة على استشعار المؤثِّرات (المُنبّهات) في البيئة الداخليّة أو الخارجيّة والاستجابة لها بشكلٍ مناسبٍ.

النموّ Growth: هو استمرار الزيادة في حجم الكائن الحي وكتلته الجافّة نتيجة زيادة عدد خلاياه أو حجمها أو كليهما.

التكاثُر Reproduction: إنتاج الكائنات الحية لكائنات جديدة من نفس النوع.

الإخراج Excretion: هو عمليّة تخلّص الكائنات الحيّة من فضلات عمليّة الأيض (كالتفاعُلات الكيميائيّة في الخلايا بما في ذلك التنفُّس)، والموادّ السامّة، والموادّ الزائدة عن احتياجاتها.

التغذية Nutrition: هي تناول الموادّ الغذائية للحصول على الطاقة اللازمة للنموّ والتطوّر.

تمتلك الكائنات الحية، فضلاً عن تلك الخصائص السبع، ميزة أخرى تشترك فيها.

فعندما نقوم بدراسة الكائنات الحيَّة تحت المجهر، نجد أنها جميعًا تتكوَّن من خلايا.

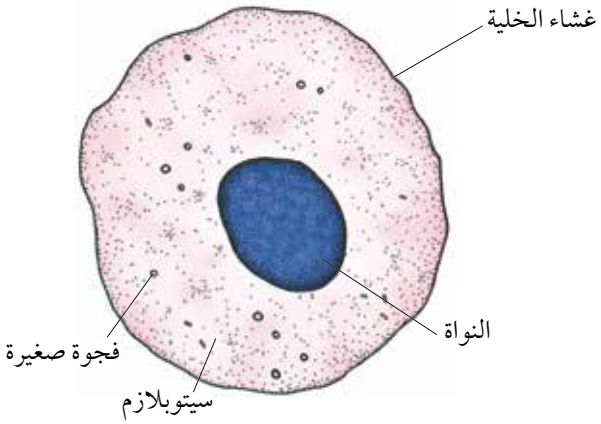
١-٢ الخلايا

تتكوَّن جميع الكائنات الحية من خلايا صغيرة جدًّا، وتُعدُّ بالملايين في الكائنات الحية الكبيرة الحجم، في حين تتكوَّن بعض الكائنات الحيَّة من خليَّة واحدة فقط، أي إنها وحيدة الخلية، ومن الأمثلة عليها البكتيريا والخميرة.

المجاهر

لا تستطيع أن ترى الخلايا بوضوح ما لم تستخدم المِجهر (الشكل ١-١). يُعرَف المجهر الذي يُستخدَم في مختبر المدرسة باسم المجهر الضوئي، لأنه يُسلِّط الضوء على عيِّنة الحيوان أو النبات التي تنظر إليها. وتُستخدَم في هذا المِجهر عدسات زُجاجية، لتكبير صورة العيّنة التي تنظر إليها، والتركيز عليها. يستطيع أي مجهر ضوئي جيّد تكبير صورة العيِّنة حتى 1 500 مرّة (1 500 ×)، كي تتمكّن من رؤية جميع التراكيب المُحدَّدة في الشكلين ١-٢ و ١-٣.

يمكنك أيضًا أن ترى صورًا فوتوغرافية مجهرية في الصورتين ١-٢ و١-٣. وتعرَّف الصورة المجهرية بأنّها الصورة التي يتمّ التقاطها باستخدام المجهر. أمّا الصورة المجهرية الضوئيّة، فهي الصورة التي يتم التقاطها باستخدام المجهر الضوئي.

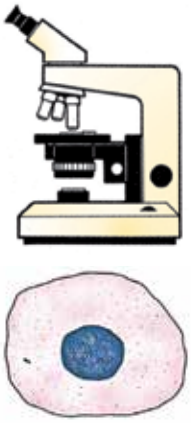


الشكل ١ـ٢ خلية حيوانيَّة -خليَّة كبد- كما تُرى باستخدام المجهر الضوئي

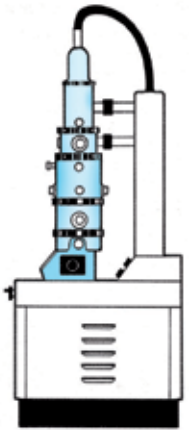
وللتمكُّن من رؤية الأجزاء الصغيرة داخل الخلية، يُستخدَم المجهر الإلكتروني. ففي هذا المجهر تُستخدَم حُزمٌ من الإلكترونات بدلًا من الضوء. وتستطيع تلك المجاهر أن تُكبِّر العيّنة حتى 10 ملايين مرّة (10 000 000 ×). وهذا يعني أنك تستطيع أن ترى كثيرًا من التفاصيل داخل الخلية، حيث ترى العديد من التراكيب والمُكوِّنات بوضوح أكبر، فضلاً عن رؤية بعض التراكيب التي لم تتمكَّن من رؤيتها باستخدام المجهر الضوئي. وتُسمّى الصور، التي تُلتقط باستخدام المجهر الإلكتروني، الصور المجهرية الإلكترونية.

لا يمكن لعين الإنسان أن ترى معظم الخلايا.

تستطيع العدسة المُكبِّرة اليدوية أن تُكبِّر الأشياء حتى عشر مرات (10 ×). وغالبًا ما نرى الخلايا من خلالها أشبه بنقاط.

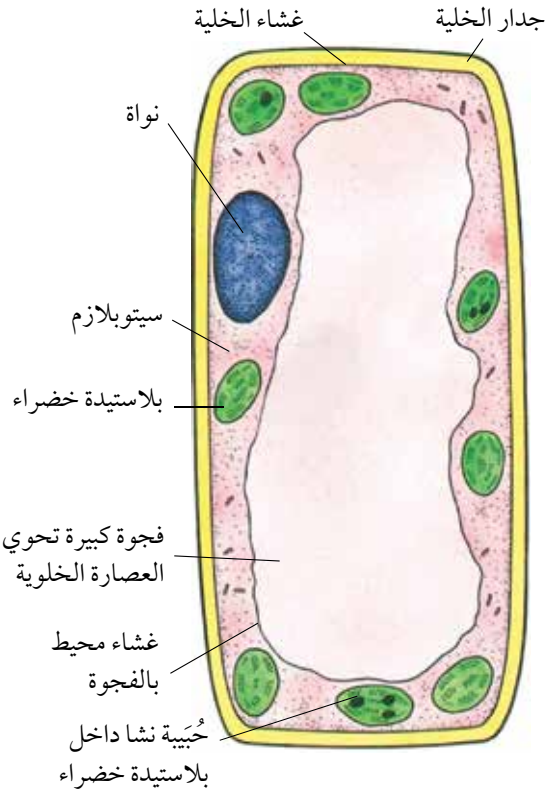


يمكن للمجهر الضوئي أن يكبِّر العيِّنة حتى 1 500 مرّة (1 500 ×). يمكنك باستخدام المجهر الضوئي أن ترى بعض التراكيب داخل الخلية، مثل النواة.

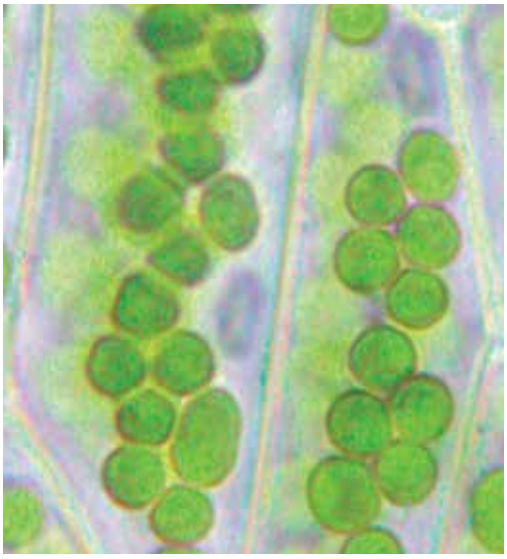


يستطيع المجهر الإلكتروني أن يكبِّر العيّنة حتى 10 ملايين مرّة (10 000 000 ×). وتستطيع باستخدامه أن ترى تفاصيل أكثر بكثير.

الشكل ١ـ١ المُعَدّات التي تُستخدَم في فحص العيّنات الأحيائيَّة



الشكل ١ـ٣ خلية نباتية ـ كما تظهر باستخدام المجهر الضوئي



الصورة ١ـ٢ مجموعة من الخلايا النباتية تحتوي على تراكيب خضراء، تسمّى البلاستيدات الخضراء. وحتى لو لم تمتلك الخلية النباتية بلاستيدات خضراء، فإنك تستطيع أن تُميِّزها، لأن لها جدارًا خلويًّا يحيط بها (300 ×)

الصورة ١ـ٣ خلايا مأخوذة من الطبقة الداخلية المُبطِّنة لخد الإنسان، كما تُرى باستخدام المجهر الضوئي (4 000 ×)

تذكَّر

هذه بعض النقاط التي يجب عليك مراعاتها، عندما تقوم بعملية الرسم:

- لكي يكون رسمك كبير الحجم، استخدم المساحة المتاحة له، واترك فراغات تكفي لكتابة بيانات الرسم.
- استخدم دائمًا قلم رصاص حادًّا من نوع (HB) واحتفظ بممحاة مناسبة.
- ارسم كلّ الخطوط منفردة وواضحة.
- لا تستخدم التظليل، إلا إذا كان ضروريًّا جدًّا.
- لا تستخدم الألوان.
- خصِّص وقتًا كافيًا للرسم، مراعيًا القياسات الصحيحة.

فيما يلي بعض النقاط التي يجب مراعاتها عند وضع بيانات رسم تخطيطي:

- استخدم المسطرة لرسم خط لكل بيان.
- تأكّد من ملامسة خط البيان للتركيب أو الجزء الذي تودّ تسميته.
- اكتب البيانات أفقيًّا.
- ضع البيانات بعيدًا عن جوانب الرسم.

نشاط ١-١

حساب التكبير

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

يكون عادة قياس الرسوم وصور العيّنات الأحيائية (البيولوجية) مختلفًا عن قياسها الحقيقي.

يدلّ مقدار التكبير لرسم تخطيطي أو لصورة كم مرّة يظهر قياسها أكبر من القياس الحقيقي.

$$\text{مقدار التكبير} = \frac{\text{قياس الرسم التخطيطي للشيء أو صورته}}{\text{قياسه الحقيقي}}$$

قسْ مثلاً طول جسم العنكبوت في الرسم التخطيطي الآتي. سوف تجده يساوي 40 mm.

يبلغ طول جسم العنكبوت الحقيقية 8 mm. لذا يمكننا حساب مقدار التكبير في الرسم كما يأتي:

$$\text{مقدار التكبير} = \frac{\text{الطول في الرسم}}{\text{الطول الحقيقي للعنكبوت}}$$

$$= \frac{40\ \text{mm}}{8\ \text{mm}}$$

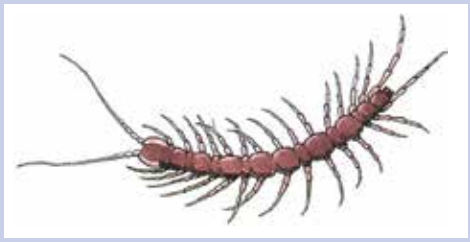
$$= 5 \times$$

فيما يلي أمران مهمّان يجب ملاحظتهما:

- ضرورة استخدام الوحدات نفسها لكل القياسات. وتعدُّ المليّمترات في العادة، أفضل الوحدات استخدامًا.
- عدم وضع أيّ وحدات في الإجابة النهائية. فالتكبير ليس له وحدة. لكن يجب أن تضع الرمز × الذي يعني «مرّة» أو «مرات». إذا قرأت الناتج في المثال السابق ستقول: «خمس مرات».

أسئلة

١ قس طول «الذيل» السفلي (المفصل الأخير) في جسم أم أربعة وأربعين (الحريشة) المُبيَّنة في الشكل الآتي. اكتب إجابتك بالمليمتر mm.



٢ الطول الحقيقي للذيل السفلي 10 mm. استخدم هذه المعلومة وإجابتك عن السؤال ١، لحساب تكبير رسم هذا الحيوان.

أسئلة

١-١ كم مرّة يستطيع مجهر ضوئي جيد أن يُكبِّر؟

٢-١ إذا كان عرض جسم مُعيَّن (1 mm)، فكم يصبح إذا تمَّ تكبيره عشر مرّات؟

تذكَّر

يجب أن تكون قادرًا على إعادة كتابة معادلة التكبير لحساب مقدار التكبير أو القياس الحقيقي للشيء، أو قياس الرسم التخطيطي للشيء أو صورته .

إذا كنت تُريد حساب القياس الحقيقي للشيء، فعليك إعادة كتابة المعادلة على النحو الآتي:

$$\text{قياس الشيء الحقيقي} = \frac{\text{قياس الرسم التخطيطي للشيء أو صورته}}{\text{مقدار التكبير}}$$

لحساب قياس الرسم التخطيطي للشيء أو صورته، يمكنك إعادة كتابة المعادلة كما يأتي:

$$\text{قياس الرسم التخطيطي للشيء أو صورته} = \text{مقدار التكبير} \times \text{قياس الشيء الحقيقي}$$

من الأسهل لك أن تعرف كيف تُعيد كتابة المعادلة وتتذكَّر صيغة واحدة لها بدلاً من محاولة تذكُّر الصيَغ الثلاث!

تركيب الخلية

غشاء الخلية

مهما يكُن مصدر الخلايا نباتيًّا كان أو حيوانيًّا، فإنَّها كلها تمتلك **غشاءً خلويًّا Cell membrane** يحيط بها من الخارج. وتوجد داخل الغشاء الخلوي مادة تشبه الهلام تُسمّى **السيتوبلازم Cytoplasm**، تحتوي على كثير من التراكيب الصغيرة تُسمّى **العُضّيات Organelles**. وتكون النواة أكثر تلك العُضيّات وضوحًا في العادة. لكن تصعب جدًّا رؤيتها في الخلية النباتية، لأنها تكون ملاصقة للجدار الخلوي.

يتكوَّن الغشاء الخلوي من طبقة رقيقة جدًّا من البروتين والدهون. وهو مهمّ جدًّا للخلية، لأنه يتحكَّم في كل ما يدخل إليها ويخرج منها. وهو **غشاء شبه مُنفِذ Partially permeable membrane**، ما يعني أنه يسمح لبعض المواد بعبوره، ويمنع بعضها الآخر.

الجدار الخلوي

يحيط بكل خليَّة من الخلايا النباتية **جدار خلوي Cell wall** يتكوَّن بشكل أساسي من **السليلوز Cellulose**. فالورق، الذي يُصنَع أصلًا من جُدران الخلايا النباتية، يتكوَّن أيضًا من سليلوز.

يحتوي السليلوز على ألياف تتقاطع وتتشابك لتكوين غطاء قويّ جدًّا للخلية (الصورة ١-٤)، يسهم في حمايتها ودعمها.

الصورة ١-٤ ألياف السليلوز من جدار خلوي نباتي. التُقطت هذه الصورة باستخدام مجهر إلكتروني (× 50 000)

فإذا امتصَّت الخلية كمّية كبيرة من الماء وانتفخت، يمنعها جدارها من الانفجار.

وتسمح الفراغات التي تتخلَّل الألياف، للجُزيئات وحتى الكبيرة منها، بعبور الجدار الخلوي السليلوزي. لذا يقال عنه إنه مُنفِذ بشكل تام.

السيتوبلازم

السيتوبلازم سائل هُلامي شبه شفّاف، يتكوَّن بمُجمله تقريبًا من الماء، الذي تبلغ نسبته حوالي 70% في كثير من الخلايا. تذوب في السيتوبلازم موادّ كثيرة، وخاصة البروتينات. ويحدث فيه الكثير من **التفاعُلات الأيضية Metabolic reactions**.

الفجوات العُصارية

الفجوة العُصارية Vacuole حيّز يقع داخل الخليّة محاط بغشاء، ويحتوي على محلول. وتكون الفجوات العُصارية في الخلايا النباتية كبيرة الحجم، وهي تحتوي على محلول من السكَّريات والموادّ الأخرى، يُسمّى **العُصارة الخلوية Cell sap**. تضغط الفجوة العُصارية الممتلئة نحو الخارج على باقي مكوِّنات الخلية، وتسهم في الحفاظ على شكل الخلية. وبالمقابل، فإن الخلايا الحيوانية تمتلك فراغات محاطة بغشاء أو فجوات صغيرة تُسمّى **الحُوَيْصلات Vesicles**، قد تحتوي على مواد غذائية وماء.

البلاستيدات الخضراء

لا تحتوي الخلايا الحيوانيَّة إطلاقًا على **البلاستيدات الخضراء Chloroplasts**؛ فهي توجد في خلايا الأجزاء الخضراء لمعظم النباتات، وتحتوي على صبغة خضراء اللون تُسمّى الكلوروفيل (اليخضور)، تمتصّ الطاقة من ضوء الشمس، لتستخدمها في صنع غذائها، من خلال عملية التمثيل الضوئي.

تحتوي البلاستيدات الخضراء غالبًا على حُبيبات من النشا، الذي يتم صنعه من خلال التمثيل الضوئي. ولا يمكن أبدًا أن تحتوي الخلايا الحيوانية على حُبَيبات النشا، بل إن بعضها يحتوي على حُبَيبات صغيرة من مادة أخرى شبيهة بالنشا، تُسمّى الجلايكوجين، وهي موجودة في السيتوبلازم، وليس داخل البلاستيدات الخضراء.

النواة

النواة Nucleus هي المكان الذي تخزّن فيه المعلومات الوراثية. وهذا ما يساعد الخلية على صُنع أنواع محدَّدة من البروتينات. تُحفَظ تلك المعلومات على هيئة **كروموسومات Chromosomes**، تتمّ وراثتها من أبوَي الكائن الحي، وهي مكوَّنة من مادة **الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA**.

يُبيِّن الجدول ١-١ مقارنة بين بعض خصائص الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية.

الخلايا النباتية	الخلايا الحيوانية
لها جدار خلوي من السليلوز خارج الغشاء الخلوي	ليس لها جدار خلوي
لها غشاء خلوي	لها غشاء خلوي
تحتوي على سيتوبلازم	تحتوي على سيتوبلازم
لها نواة	لها نواة
غالبًا ما تحتوي على البلاستيدات الخضراء التي تحتوي على اليخضور (الكلوروفيل)	لا تحتوي على بلاستيدات خضراء
غالبًا ما تمتلك فجوات عُصارية كبيرة الحجم تحتوي على عُصارة خلوية	تمتلك فقط فجوات صغيرة (حُويَصلات)
غالبًا ما تحتوي على حُبيبات نشا	ليس فيها نشا أبدًا؛ بل تحتوي أحيانًا على حُبيبات جلايكوجين
غالبًا ما تكون منتظمة الشكل	غالبًا ما تكون غير منتظمة الشكل

الجدول ١-١ مقارنة بين بعض خصائص الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية

نشاط ١-٢ (إثرائي)

استخدام المجهر

تدرَّب على استخدام المجهر لمشاهدة أشياء صغيرة الحجم من خلاله.

نشاط ١-٣

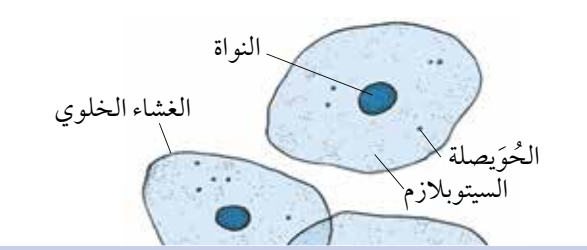
ملاحظة الخلايا الحيوانيَّة

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ • **اغسل يديك جيدًا بعد التعامُل مع القصبة الهوائية والخلايا.**

تبطِّن بعض الخلايا الحيوانية البسيطة الفم والقصبة الهوائية. إذا لوّنتها أو صبغتها، تسهل إلى حد ما رؤيتها باستخدام المجهر الضوئي. (انظر الصورة ١-٣ والرسم الآتي).



رسم لخلايا القصبة الهوائية، كما تُرى بالمجهر الضوئي بعد صبغها بصبغة أزرق الميثيلين

١ استخدم مكشطة خلايا، لتكشط بطرفها بلطف قليلًا من الطبقة المبطَّنة للقصبة الهوائية التي أُعطيتَ لك.

٢ ضع الخلايا على وسط شريحة مجهر نظيفة، وافردْها بلطف. لن تكون في الغالب قادرًا على رؤية شيء على الشريحة في هذه المرحلة.

٣ ضع على العيّنة بضع قطرات من محلول أزرق الميثيلين.

٤ ضع غطاء الشريحة بحذر فوق الخلايا المصبوغة، محاولًا عدم تكوين فقّاعات الهواء تحته.

٥ استخدم ورقة ترشيح، أو ورقة نشّاف، لتنظيف الشريحة، ثم انظر إليها من خلال مجهر ضوئي، مُستخدِمًا قوة التكبير الصغرى.

٦ ارسم بعض الخلايا التي شاهدتها وسمِّ الأجزاء عليها.

أسئلة

١ أي جزء من الخلية اكتسبَ اللون الأزرق الداكن أكثر من سواه؟

٢ هل الغشاء الخلوي مُنفذ أم غير مُنفذ لمحلول أزرق الميثيلين؟ بيِّن كيف توصَّلتَ إلى إجابتك.

نشاط ١-٤

ملاحظة الخلايا النباتية

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ • احذَر لدى استخدامك الشفرة الحادَّة في قطع البصل.

لتتمكَّن من رؤية الخلايا بوضوح تحت المجهر، تحتاج إلى طبقة رقيقة جدًّا منها. ويفضَّل أن يكون سُمك الطبقة خلية واحدة إن أمكن. يكون لب البصل عادةً المكان الذي يسهل الحصول منه على طبقة واحدة من الخلايا.

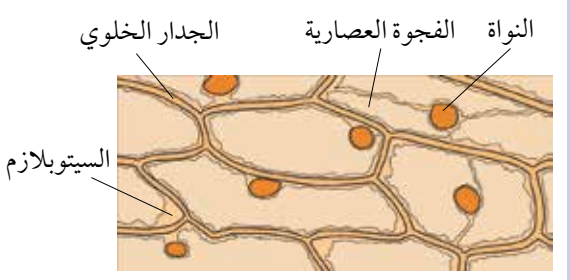
١ قُصّ قطعة صغيرة من بصلة، واستخدم الملقط كي تنزع عن سطحها الداخلي جزءًا صغيرًا من الغشاء (القشرة)، الذي يسمّى البشرة. لا تدعه يجفّ.

٢ ضع قطرة أو قطرتين من الماء في المركز على سطح شريحة مجهر نظيفة. وضع جُزء البشرة عليها، وافرده بشكل مسطَّح ليصبح ممتدًّا ومستويًا.

٣ ضع غطاء الشريحة بلطف عليها.

٤ استخدم ورقة ترشيح، أو ورقة نشّاف، لتنظيف الشريحة، ثم انظر إليها عبر مجهر ضوئي، مُستخدِمًا قوة التكبير الصغرى.

٥ ارسم بعض الخلايا التي شاهدتها وضع عليها تسميات الأجزاء. قد يساعدك الرسم الآتي، لكن لا تقم بنسخه. وتذكّر ألاّ تلوِّن رسمك.



رسم لخلايا بشرة (قشرة) البصل، كما تُرى بالمجهر الضوئي، بعد صبغها باليود

٦ استخدِمْ قطّارة، لتأخذ بعضًا من محلول اليود (محلول اليوديد). ضع بحذر، القليل منه قرب حافة غطاء الشريحة. سوف يتسرّب تحت طرف غطاء الشريحة. لتسهيل ذلك، ضعْ قطعة صغيرة من ورق الترشيح قرب حافة الطرف المُقابِل من غطاء الشريحة، فتتشرَّب بعض السائل، وتسحب محلول اليود الداخل تحت غطاء الشريحة.

٧ انظر إلى الشريحة تحت المجهر باستخدام قوة التكبير الصغرى. لاحظ الفرق بين ما تستطيع رؤيته الآن، وما كان عليه شكل العيّنة قبل إضافة محلول اليود إليها.

أسئلة

١ سمِّ تركيبين يمكنك رؤيتهما في هذه الخلايا، ولم تتمكَّن من رؤيتهما في خلايا القصبة الهوائية.

٢ تمتلك معظم الخلايا النباتية بلاستيدات خضراء، ولكن خلايا البصل هذه لا تمتلكها. جِدْ سببًا لذلك.

٣ يتحوَّل محلول اليود إلى اللون الأزرق الداكن بوجود النشا. هل تحتوي أيّ خلية من خلايا البصل على النشا؟

أسئلة

١-٣ ما نوع الخلايا التي يُحيط بها غشاء الخلية؟

١-٤ ما الذي تتكوَّن منه جُدران الخلايا النباتية؟

١-٥ ماذا تعني نفاذية تامة؟

١-٦ ماذا يعني شبه منفِذ؟

١-٧ ما المُكوِّن الرئيسي للسيتوبلازم؟

١-٨ ما هي الفجوة العُصارية؟

١-٩ ما هي العُصارة الخلوية؟

١-١٠ تحتوي البلاستيدات الخضراء على الكلوروفيل. ما هي وظيفته؟

١-١١ ما الذي يتمّ تخزينه في النواة؟

١-١٢ لماذا يمكن رؤية الكروموسومات فقط أثناء انقسام الخلية؟

١-٣ الخلايا والكائنات الحية

يمتلك الكائن الحيّ الكبير الحجم، مثل الإنسان، ملايين الخلايا، ولكن لا تكون جميعها مُتشابهة. صحيح أنها كلّها تقريبًا تؤدّي الوظائف التي تتميّز بها الكائنات الحية، إلاّ أن الكثير منها يتخصّص في تأدية تلك الوظائف بصورة أفضل من الخلايا الأخرى. فالخلايا العضلية، مثلاً، تتكيَّف مع الحركة. ومعظم الخلايا في ورقة النبات تتكيَّف من أجل صنع الغذاء، في عملية التمثيل الضوئي.

يبيِّن الجدول ١-٢ أمثلة على خلايا مُتخصِّصة ومواقعها ووظائفها.

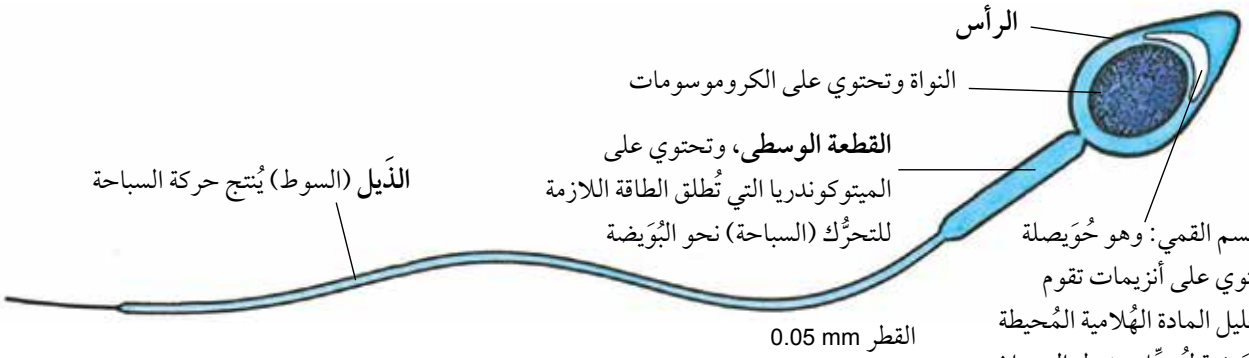
نوع الخلية	موقعها	تراكيب مُتخصِّصة	وظيفتها	للمزيد من المعلومات
خلايا الشُّعيرات الجذرية	قرب أطراف جذور النبات	مساحة سطحية كبيرة	امتصاص الماء والأملاح المعدنية	الصف التاسع، الفصل الثاني
خلايا الطبقة الوسطى العمادية لورقة النبات	تحت بشرة ورقة النبات	الكثير من البلاستيدات الخضراء	التمثيل الضوئي	الصف التاسع، الفصل الثاني
خلايا الدم الحمراء	في دم الثدييات	غياب النواة جعل لها شكل ثنائي التقعُّر ليوفِّر مساحة سطحية كبيرة؛ تحتوي على صبغة يمكنها الارتباط بالأكسجين هي الهيموجلوبين	نقل الأكسجين	الصف العاشر، الفصل الأول
خلايا الحيوانات المنوية والبُوَيضات	في الخصيّ والمبايض	لدى البويضة الكثير من المواد الغذائية المختزنة، ولدى الحيوان المنوي الكثير من الميتوكوندريا للتنفُّس	الاندماج معًا لتشكيل اللاقحة (الزايجوت)	الصف العاشر، الفصل الأول
الخلايا الهدبية	في بطانة القصبة الهوائية والشُّعَب الهوائية	امتدادات خلوية يمكنها أن تضرب أو تتحرَّك بشكل موجي	التخلُّص من الإفرازات المُخاطية	الصف العاشر، الفصل الأول

الجدول ١ـ٢ أمثلة على خلايا مُتخصِّصة

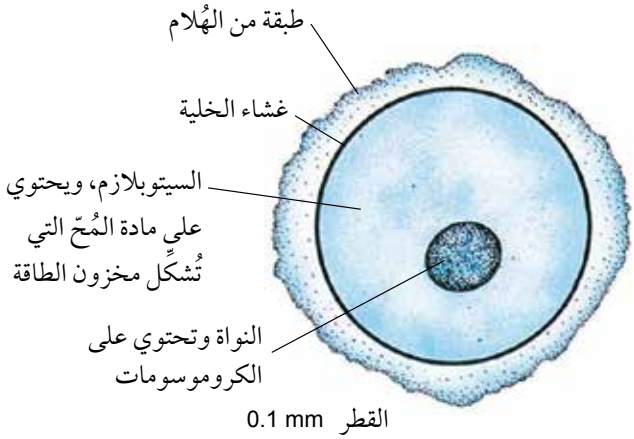
تتكيَّف **خلايا الدم الحمراء Red blood cells** في دم الإنسان مع وظيفتها المُتمثِّلة بحمل الأكسجين ونقله عبر مجرى الدم، الشكل ١-٤. يُسهم عدم وجود نواة في خلية الدم الحمراء في منحها حيّزًا كبيرًا يُمكِّنها من حمل المزيد من بروتين الهيموجلوبين الذي ترتبط جُزيئاته بالأكسجين. كذلك يُسهِم شكل الخلية القرصي المُقعَّر الوجهين في زيادة مساحة سطحها، فيزداد انتشار الأكسجين عبرها.

خلية دم حمراء في الإنسان لها شكل قرصي يشبه الدونات (قرصية مُقعَّرة الوجهَين) وتخلو من النواة

الشكل ١ـ٤ خلية دم حمراء في الإنسان



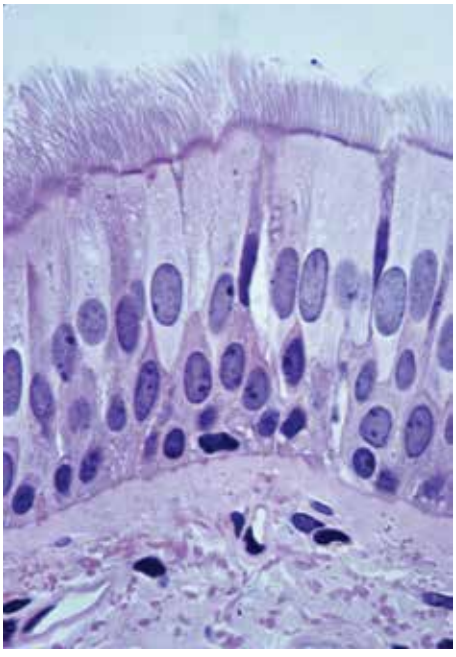
الشكل ١ـ٥ خلية حيوان مَنَوي



الشكل ١ـ٦ خلية بُوَيضة

تُمثِّل **خلايا الحيوانات المَنَوية Sperm cells** و**خلايا البُوَيضات Egg cells** الخلايا التناسُليَّة (الأمشاج) التي تُنتجها الذكور والإناث على التوالي (انظر الشكلين ١-٥ و ١-٦). تمتلك كلّ من خلايا الحيوانات المَنَوية ذيلًا طويلًا والكثير من الميتوكوندريا، وهي تراكيب (عُضيّات) صغيرة جدًّا توجد في الخلايا، وتُمثِّل المواقع التي تحدث فيها عملية التنفُّس الهوائي لإنتاج الطاقة. توفِّر الميتوكوندريا الطاقة من التنفُّس الهوائي لكي تُستَخدَم في تحريك الذيل ودفع الحيوانات المَنَوية نحو البُوَيضة. تكون خليّة البُوَيضة (بالمُقارنة مع خلية الحيوان المَنَوي) كبيرة الحجم وتحتوي على مخزون من مواد غذائية غنية بالطاقة. لذلك حين يتمّ تخصيبها بواسطة حيوان مَنَوي، تتوفّر طاقة كافية للخلية الناتجة عن الإخصاب، لكي تبدأ بالنمو.

توجد الخلايا الهُدبية، كما توضِّح الصورة ١-٥، في الجهاز التّنفُّسي. تمتلك تلك الخلايا **أهدابًا Cilia**، وهي عبارة عن امتدادات سيتوبلازمية دقيقة جدًّا (تُشبه الشعر) تمتد على سطح بطانة القصبة الهوائية والشُعَب الهوائية. تتحرَّك الأهداب وتضرب بحركة موجية مُنتظِمة، فتُحرِّك

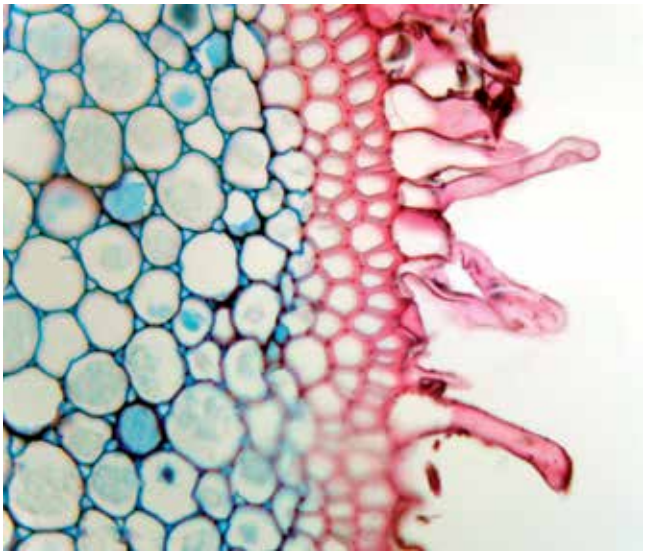


الصورة ١ـ٥ خلايا هُدبية في نسيج بطانة القصبة الهوائية في الإنسان

الإفرازات المُخاطية صُعودًا، لتخرج من القصبة الهوائية حيث يُمكن ابتلاعها.

تحتوي النباتات أيضًا على خلايا ذات امتدادات سيتوبلازمية، مثل **خلايا الشُعَيرات الجذرية Root hair cells** التي توجد في الجذور (الصورة ١-٦). تُساعد الشُعَيرات الجذرية على زيادة مساحة سطح الجذر، وبالتالي توفِّر مساحة كبيرة لانتشار الماء والأملاح المعدنية عبرها إلى داخل خلايا النبات.

يمتلك النبات خلايا مُتخصِّصة هي **خلايا الطبقة الوسطى العمادية Palisade mesophyll cells** في أوراق النبات (الشكل ١-٣ والصورة ١-٢). تترتَّب هذه الخلايا في طبقات قُرب السطح العلوي للورقة، وتتميَّز بأنها تحتوي على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء، مما يُمَكِّن الكلوروفيل الموجود في البلاستيدات الخضراء من امتصاص الكمّية القصوى من الضوء الذي يُستخدم في عملية التمثيل الضوئي.



الصورة ١-٦ جزء من قطاع عرضي في الجذر يُبيِّن الشُعَيرات الجذرية (100 ×)

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- خصائص الكائنات الحيَّة.
- تركيب الخلية الحيوانيَّة والخلية النباتيَّة، كما تُرى بواسطة المجهر، وتكون قادرًا على مُقارنتها.
- وظائف الأجزاء المختلفة للخلايا الحيوانيَّة والخلايا النباتيَّة.
- كيفيَّة حساب التكبير باستخدام الملّيمتر (mm).
- بعض الأمثلة على الخلايا المُتخصِّصة.

أسئلة نهاية الوحدة

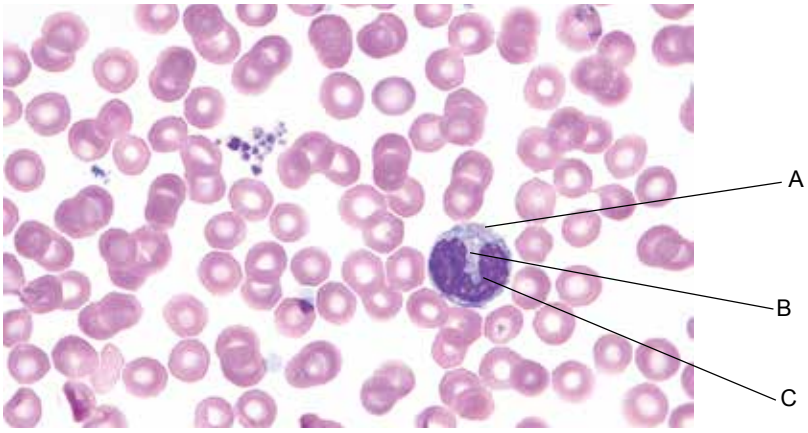
١ تشترك جميع الكائنات الحية في سبع خصائص للحياة.

أ. اذكر ما يمتلكه كلٌّ من الآتي من خصائص الحياة. قد يمتلك بعضها أكثر من خاصيّة.

١. ورقة نبات تبّاع الشمس
٢. يطرح حيوان المها فضلات الجهاز الهضمي
٣. تضع الدجاجة بيضة
٤. تقوم شجرة الليمون بالتمثيل الضوئي
٥. تتطوَّر يرقة الفراشة الملكة الأفريقية إلى حورية
٦. يقفز ضفدع ظفار في بركة

ب. أيٌّ من خصائص الكائنات الحية لم تذكرْها في الجُزئية (أ).

٢ توضِّح الصورة المجهرية الآتية بعض خلايا الدم الحمراء، وخلية دم بيضاء.



أ. ما أسماء العُضيّات المُشار إليها بالأحرف A ، B، C.

ب. أيُّ عُضيَّة توجد في معظم الخلايا وتفتقر إليها خلايا الدم الحمراء؟

ج. قام حمد بقياس أبعاد صورة خلية دم بيضاء، ووجد أن قطرها يبلغ 30 mm. أشار النص إلى أن مقدار التكبير يبلغ 1 500 x. ما القُطر الحقيقي لخلية الدم البيضاء؟

٣ كتب راشد عن الخلايا ما يلي:

«جميع الكائنات الحية مكوَّنة من خلايا. يحيط بكل خلية حيوانية أو نباتية جدار خلوي سليلوزي يتحكَّم بالمواد التي تدخل إلى الخلية وتخرج منها. لدى النباتات أيضًا غشاء خلوي يدعم الخلية ويحميها. السيتوبلازم هو المكان الذي تتم فيه عمليات الأيض في فجوات الخلايا النباتية. وبالمقابل يقتصر وجود النواة على الخلايا الحيوانية، وهي تحتوي على المعلومات الوراثية. وفي النباتات، تحتوي العُضيّات التي تُسمّى الكلوروفيل على مادة خضراء تُسمّى البلاستيدات الخضراء التي تمتصّ الضوء في عملية التمثيل الضوئي».

ارتكب راشد ستّة أخطاء. ضع خطًّا تحت كل من الأخطاء الستة، ثم أعد كتابة الفقرة بشكل صحيح.

٤ قامت عالِمة أحياء بدراسة بعض الخلايا النباتية مُستخدِمة المجهر الضوئي.

أ. استخدم أسماء المواد والأدوات الآتية، كي تصف كيف تمكَّنت العالِمة من تحضير عيّنة مصبوغة لمشاهدتها بالمجهر.

غطاء شريحة **ملقط** **محلول اليود**

شريحة مجهر **ماصّة أو قطّارة** **مِشرط**

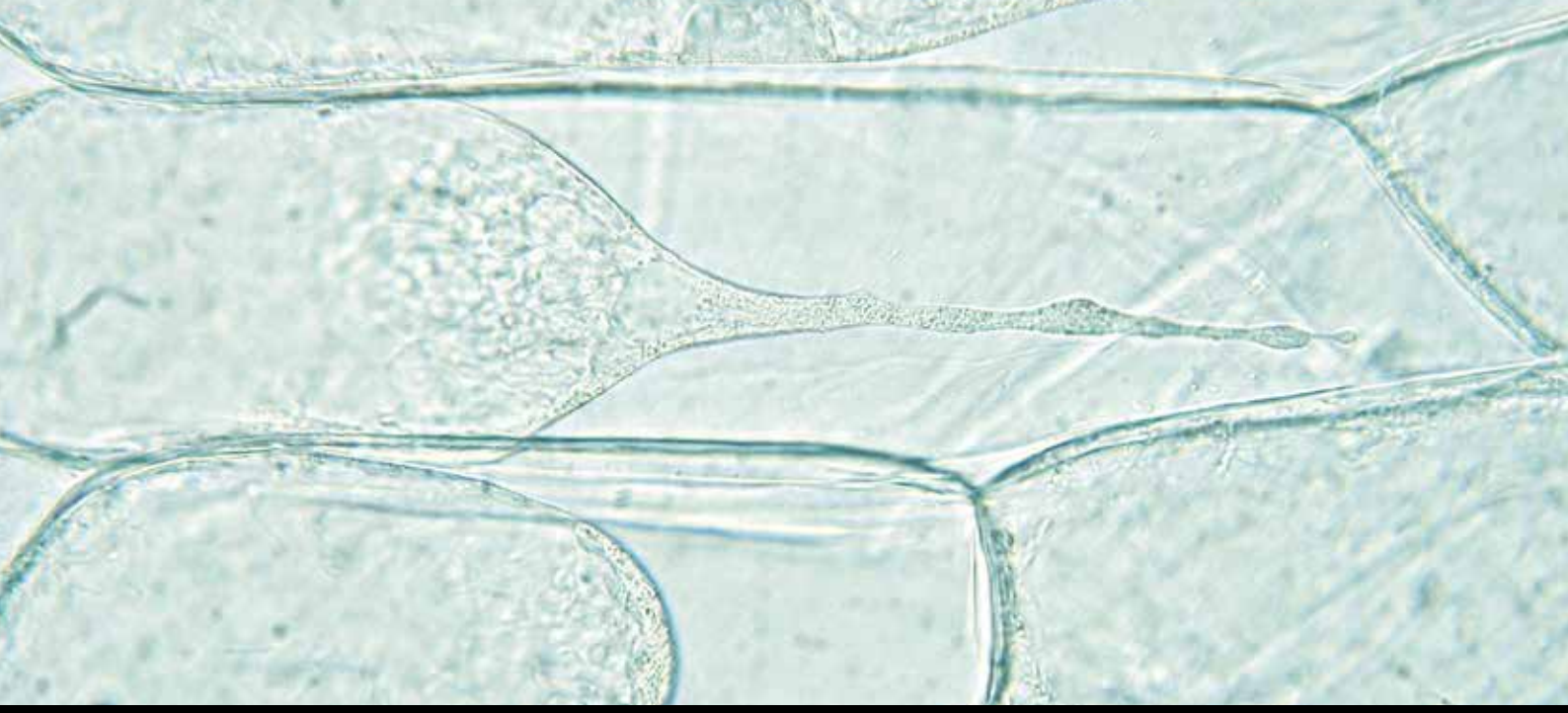
ب. وجدت العالِمة أن الخلايا النباتية التي كانت تدرسها تحتوي على بلاستيدات خضراء. اقترح جزء النبات الذي أُخِذَتْ منه عيّنتها.

ج. فسِّر إجابتك عن الجُزئية (ب).

د. أرادت العالِمة رؤية تفاصيل أكثر بكثير مما تستطيع رؤيته بالمجهر الضوئي. أيٌّ من الأدوات التي تستخدم لفحص العيّنات الأحيائية تستطيع العالِمة استخدامه؟

٥ تفحَّص الجدول ١-٢ الذي يُقدِّم أمثلة على الخلايا المُتخصِّصة. انسخ الجدول التالي وأكمله.

الخلية	التركيب	كيف يساعد هذا التركيب على أداء الوظيفة؟
خلية الشَّعَيْرة الجذرية	مساحة سطح كبيرة	
خليتا البُوَيْضة والحيوان المنوي	بويضة فيها مخزون كبير من المواد الغذائية، وللحيوان المَنَوي ذيل، والخليتان قادرتان على إنتاج الكثير من الطاقة من خلال التنفُّس	
خلية دم حمراء	تفتقر إلى نواة وشكلها مُقعَّر من جانبين لتكوين مساحة سطحية كبيرة، وتحتوي على صبغة ترتبط بالأكسجين تُسمّى الهيموجلوبين	
خلية هُدبية	تبرز منها امتدادات قادرة على إحداث حركة موجية	
خلية النسيج الوسطي العمادي	تحتوي على بلاستيدات خضراء كثيرة	



الوحدة الثانية

انتقال الموادّ من الخلايا وإليها

Movement of materials in and out of cells

تُغطّي هذه الوحدة:

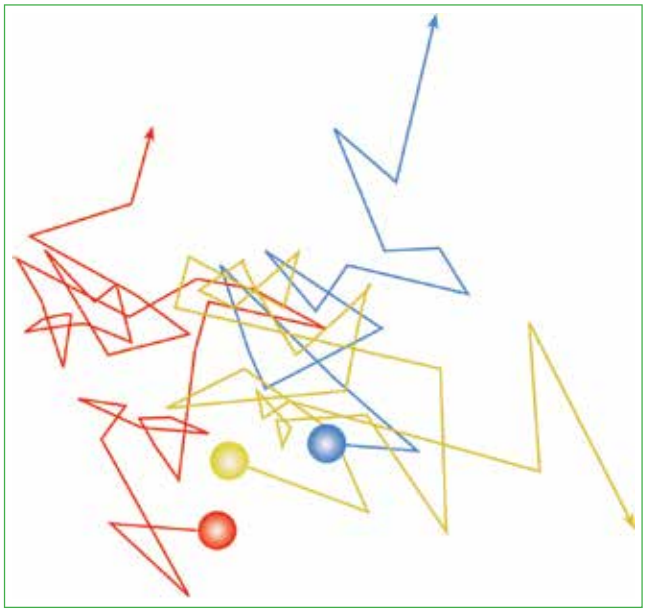
- انتقال المواد بالانتشار.
- كيفية انتقال المواد من الخلايا وإليها عبر أغشيتها، عن طريق عملية الانتشار.
- تأثير الأسموزية في انتقال الماء من الخلية وإليها عبر أغشيتها.
- استقصاء تأثير مساحة السطح، ودرجة الحرارة، ومُنحدَر التركيز، ومسافة الانتشار، على مُعدّل الانتشار.
- انتقال الماء بالأسموزية (نوع متخصّص من أنواع الانتشار).
- كيفية تأثير الأسموزية على أنسجة النبات.

٢-١ الانتشار

لا تتوقَّف الجُسيمات (الذرّات والجُزيئات والأيونات) عن الحركة والتنقُّل. وكلما كانت درجة الحرارة أعلى، كانت حركتها أسرع. وفي حين أن الجُسيمات في المادّة الصلبة لا تستطيع الانتقال بعيدًا، لأنها مُترابِطة بقوى جذب تبقيها معًا، فإن تلك الجُسَيْمات تتحرَّك في السائل بحُرّية أكبر، وتتصادم وترتدّ. وتكون الجُسَيْمات في الغاز أكثر تحرُّرًا، لضعف قوى التجاذُب بين الجُزيئات أو الذرّات.

كذلك تتحرّك الجُزيئات والأيونات بحُرّية عندما تكون في المحلول.

عندما تتمكَّن الجُسَيْمات من التحرُّك بحُرية، تميل إلى الانتشار وتتباعَد بانتظام (الشكل ٢-١). وينطبق ذلك على الغازات والمحاليل ومخاليط السوائل.



الشكل ٢ـ١ الانتشار هو نتيجة الحركة العشوائية للجُسيمات

افترضْ أنّ هناك بيضة فاسدة في إحدى زوايا الغرفة، تُصدِر غاز كبريتيد الهيدروجين. في البداية، يكون تركيز الغاز قرب البيضة مُرتفعًا، ولا يكون مُنتشرًا في باقي أنحاء الغرفة. ولكن سرعان ما تنتشر جُزيئات غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء لتعمّ أنحاء الغرفة؛ ممّا يفقدك القدرة على تحديد موقع المصدر الأول للرائحة.

مصطلحات علمية

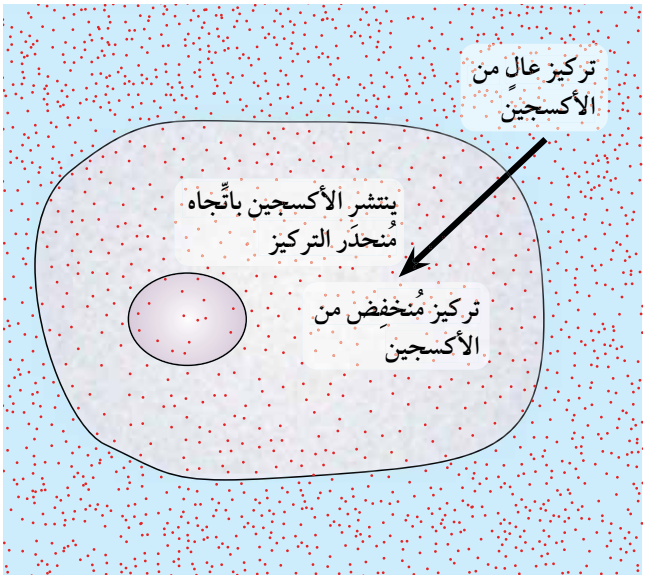
الانتشار Diffusion: صافي انتقال الجُزيئات بسبب حركتها العشوائيّة من المنطقة ذات التركيز الأعلى إلى المنطقة ذات التركيز الأقل بناءً على مُنحدَر التركيز.

الانتشار والكائنات الحية

تحصل الكائنات الحية على كثير من احتياجاتها عن طريق **الانتشار Diffusion**. وتطرح بهذه الطريقة أيضًا كثيرًا من الفضلات التي تنتجها. حتى تقوم النباتات بعملية التمثيل الضوئي، فإنها تحتاج إلى ثاني أكسيد الكربون، الذي ينتشر من الهواء إلى داخل الأوراق، عبر الثغور. وبما أنَّ خلايا الورقة تستهلكه، نجد أن تركيزه يكون مُنخفِضًا داخل الورقة، في حين أنّ تركيزه خارج الورقة في الهواء يكون مُرتفِعًا. لذلك تنتشر جُزيئات ثاني أكسيد الكربون إلى داخل الورقة مُتَّبعة مُنحدَر التركيز، من التركيز العالي إلى التركيز المُنخفِض. تُنتِج النباتات أيضًا ثاني أكسيد الكربون عند التنفُّس، ولكنَّها لكي تقوم بعملية التمثيل الضوئي، فإنها تحتاج إلى كمّية أكبر مما تنتجه منه خلال النهار.

ينتشر الأكسجين الذي يُعدّ من نواتج عملية التمثيل الضوئي إلى الخارج بالطريقة نفسها. إذ يكون تركيز الأكسجين مرتفعًا داخل الورقة حيث يتم إنتاجه. وينتشر نتيجة لذلك عبر الثغور إلى الهواء المُحيط بالورقة.

يعدُّ الانتشار أيضًا مهمًّا لعملية التبادُل الغازي في التنفُّس لدى كلٍّ من الإنسان والحيوان والنبات (الشكل ٢-٢). وبما أنَّ أغشية الخلايا تتميَّز بأنها ذات نفاذية عالية للأكسجين ولثاني أكسيد الكربون، فإنهما يستطيعان الانتشار بسهولة من الخلية وإليها.



الشكل ٢ـ٢ انتشار الأكسجين إلى داخل خلية. تمثِّل النقاط الحمراء جُزيئات الأكسجين

تتكيَّف تراكيب العديد من أنواع الخلايا مع وظائفها، مثل خلايا الشُعَيرات الجذرية في النباتات، التي تُسهم مساحتها السطحية الكبيرة في زيادة مُعدَّل انتشار المواد المختلفة عبرها. فالمساحة السطحية الكبيرة للخلية تزيد احتمال الحركة العشوائية للجُزيئات بجعلها تُلامِس ذلك السطح وتنتشر عبره. وتُساعِد تراكيب العديد من الكائنات الحيّة أيضًا على جعل مسافة الانتشار أقلّ ما يُمكن، مثل جدران خلايا الشُّعيرات الجذرية التي تكون بسماكة خلية واحدة فقط، أي مسافة قليلة للانتشار. فكلّما كانت المسافة التي يتوجَّب أن تقطعها الجُزيئات خلال انتشارها أقلّ، زادت حركتها العشوائية العابرة. وهذا بالطبع سيؤدّي إلى زيادة مُعدَّل الانتشار.

تذكَّر

أنَّ الانتشار ينتج ببساطة من الحركة العشوائية للجُزيئات، ولا تحتاج الخلايا إلى فعل شيء من أجل حدوثه.

أسئلة

٢-١ عرِّف الانتشار.

٢-٢ اذكرْ **ثلاثة** أمثلة على الانتشار في الكائنات الحية.

٢-٣ يلزمك أن تتذكَّر ما تعرفه عن نظرية الحركة الجُزيئية كي تجيب عن هذا السؤال.

أ. ما تأثير ارتفاع درجة الحرارة على الطاقة الحركية للجُزيئات في غاز، أو لمادة مُذابة في محلول؟

ب. تنبّأ وفسِّر كيف سيؤثِّر ارتفاع درجة الحرارة على مُعدَّل سرعة الانتشار لمادة مُذابة.

نشاط ٢-١

توضيح عملية الانتشار في محلول

المهارة:

- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ • **احرص دائمًا على الأخذ باحتياطات الأمن والسلامة المطلوبة عند التعامُل مع الموادّ الكيميائية لمنع ملامستها الجلد.**

١ املأ كأسًا زجاجية كبيرة بالماء. ودعها لعدَّة ساعات، كي تسكن تمامًا.

٢ استخدم الملقط بحذر لتضع بلّورة صغيرة من برمنجنات البوتاسيوم (منجنات البوتاسيوم VII) في الماء وتجنّب أن يلامس جلدك.

٣ ارسم الكأس الزجاجية الكبيرة، وضع تسميات الأجزاء، كي توضِّح كيف توزّع اللون في بداية تجربتك.

٤ دع الكأس الزجاجية الكبيرة من دون تحريك بشكل تام لعدّة أيام.

٥ ارسم الكأس مرَّة ثانية، كي تُوضِّح كيف توزّع اللون. يمكنك أن تجري هذه التجربة باستخدام أملاح ملوّنة أخرى، مثل كبريتات النحاس أو ثاني كرومات البوتاسيوم.

أسئلة

١ لماذا كان مهمًّا ترك الماء ليسكن تمامًا قبل وضع البلّورة فيه؟

٢ لماذا انتشر اللون في الماء في نهاية تجربتك؟

٣ اقترح **ثلاثة** أمور كان يمكنك إجراؤها لجعل اللون ينتشر بسرعة أكبر.

تذكَّر

عند تنفيذ أي استقصاء ضع فرضية بناءً على فهمك ومعرفتك. والفرضية هي عبارة يمكنك اختبارها، مثل افتراضك أن «ارتفاع درجة الحرارة سيزيد من مُعدَّل الانتشار».

نشاط ٢-٢

استقصاء العوامل التي تؤثِّر على مُعدَّل الانتشار

المهارات:

- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

- ⚠ **احترس عند استخدام المحاليل الحمضية والقلوية (القاعدية).**
- **ارتدِ المُعدّات الواقية حسب الضرورة وتخلَّص من المحاليل بطريقة آمنة.**
- **في حال استخدام حمّام مائي، تأكَّد من عدم تركه يجفّ، وتجنَّب التعامُل مع الماء قرب المقابس الكهربائية.**

يتميَّز هلام الأجار بأنه هلام شفَّاف مصنوع من مُستخلَص الأعشاب البحرية. وإذا قمت بتحضيره مستخدمًا ماء يحتوي على قليل من الكاشف العام (للكشف عن درجة الحموضة pH)، فإن لون الهلام سيتغيَّر، لأن الأحماض أو القلويات (القواعد) قادرة أن تنتشر فيه.

إذا استخدمت على سبيل المثال ماء يميل قليلاً إلى الحموضة لتحضير هلام يحتوي على الكاشف العام، سوف يكون لون الهلام أحمر. وإذا وضعت مُكعَّبًا من هذا الهلام في طبق بتري، وسكبت حول الهلام محلولاً قلويًّا (قاعديًّا) مخفَّفًا (محلول هيدروكسيد الصوديوم مثلاً)، سوف ترى لون الهلام يتغيّر مع انتشار جُزيئات المادة القلوية (القاعدية) فيه.

سيزوِّدك مُعلِّمك بهلام الأجار المصبوغ باللون الأحمر عن طريق تحضيره من ماء قليل الحمضية يحتوي على كاشف عام.

- ⚠ **اتِّخذ احتياطات الأمن والسلامة اللازمة لتبقى آمنًا طوال الوقت.**

- **قبل مُتابعة التجربة اقرأ إرشادات وتعليمات السلامة المتوفرة على عبوات المواد الكيميائية التي ستستخدمها في التجربة.**

١ باستخدام بلاطة بيضاء وسكين أو مشرط، قطِّع الهلام إلى مُكعّبات بحجم $1\ cm^3$.

٢ باستخدام الملقط، ضع الهلام في وسط طبق بتري.

٣ استخدم ماصّات أو محاقن لقياس 20 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم المُخفَّف أو محلول بيكربونات الصوديوم، وإضافتها حول مُكعّبات الهلام في طبق بتري. شغِّل ساعة الإيقاف وسجِّل الزمن الذي استغرقته إزالة لون الهلام تمامًا.

٤ يمكنك أيضًا أن تشغِّل ساعة الإيقاف وبعد مرور دقيقتين، اغسل مكعَّب الأجار في الماء المُقطَّر لإيقاف التفاعل. اقطع المُكعَّب بسرعة وعناية إلى النصف وقس المسافة بالمليمترات التي تسبَّبت فيها المحاليل القلوية (القاعدية) في تغيير لون الأجار.

٥ استخدم محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) المُخفَّف أو محلول بيكربونات الصوديوم الذي وُضِع في حمّامات مائية بدرجات حرارة متفاوتة، من درجة حرارة الماء المثلج إلى حوالي 50 درجة مئوية.

٦ استخدم تركيزات مختلفة من المحلول القلوي (القاعدي) الخاص بك، على سبيل المثال 0.25 M، 0.2 M، 0.15 M، 0.1 M، 0 M.

استخدم هذه التقنية لاستقصاء تأثير أحد العوامل التالية على مُعدَّل الانتشار:

- درجة الحرارة
- مساحة سطح قطعة الهلام
- مُنحدَر التركيز

أسئلة

١ مثِّل نتائجك تمثيلاً بيانيًّا.

٢ ما هو تأثير تغيير العامل الذي قمت باختياره أو العامل المُتغيّر على مُعدَّل الانتشار؟

٣ اشرح إجابتك عن السؤال رقم ٢.

٤ ماذا كنت ستُغيّر إذا كرَّرت التجربة؟ كيف سيؤدّي ذلك إلى مزيد من الدِّقة في نتائجك؟

نشاط ٢-٣

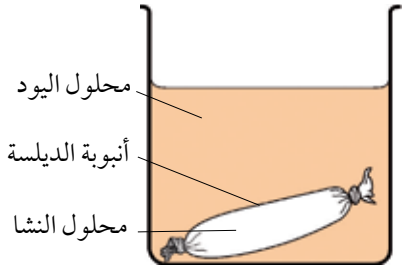
انتشار الموادّ من خلال غشاء

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

ستقوم باستقصاء عملية انتشار مادّتين مُذابتين في الماء (Solutes). عندما تذوب المادة، تصبح جُزيئاتها حُرّة الحركة والتنقُّل في المادة المُذيبة.

في هذا الاستقصاء، سوف تستخدِم محلول النشا ومحلول اليود. سيتم الفصل بين المحلولَين بواسطة غشاء مصنوع من أنابيب الديلسة. تتخلّل غشاء هذه الأنابيب ثقوب مجهرية. وتكون هذه الثقوب كبيرة بدرجة كافية كي تسمح لجُزيئات الماء وجُزيئات اليود بالمرور عبرها، ولكنّها لا تسمح بذلك لجُزيئات النشا لأنها أكبر حجمًا من الثقوب.



١ أحضر قطعة من أنبوبة الديلسة. بلِّلها بالماء، وافركها حتى تفتح.

٢ اربط عقدة بأحد طرفَي الأنبوبة.

٣ استخدم ماصّة، واملأ الأنبوبة بحذر ببعض من محلول النشا.

٤ اربط بإحكام الطرف الآخر المفتوح للأنبوبة مُستخدِمًا خيطًا.

٥ اغسل الأنبوبة من الخارج بالماء، للتخلُّص من أي نشا ربّما علق بها بالخطأ.

٦ ضع كمّية مناسبة من محلول اليود في كأس زجاجية كبيرة.

٧ ضع بهدوء وحذر أنبوبة الديلسة في محلول اليود داخل الكأس، حيث تنغمر فيه كليًا، كما في الصورة أعلاه.

٨ اترك الأنبوبة داخل الكأس الكبيرة لحوالي 10 دقائق.

أسئلة

١ ما لون كل من المحلولَين داخل الأنبوبة وخارجها في بداية التجربة؟

٢ ما لون كل من المحلولَين داخل الأنبوبة وخارجها في نهاية الاستقصاء؟

٣ عندما يمتزج كل من النشا واليود معًا، ينتج لون أزرق مائل إلى السواد. أين حدث الامتزاج بين النشا واليود في تجربتك؟

٤ هل انتشر أي من جُزيئات النشا أو جُزيئات اليود من خلال أنبوبة الديلسة؟ كيف تعرف ذلك؟

٥ أكمل هذه الجُمل:

في بداية التجربة، كانت جُزيئات من النشا داخل الأنبوبة، ولم يكن أي جُزيء منها خارجه. جُزيئات النشا ..... الحجم، لا تستطيع المرور عبر أنبوبة الديلسة.

في بداية التجربة، كانت جُزيئات من اليود ..... الأنبوبة، ولكن لم يكن أي منها ..... الأنبوبة. انتشرت جُزيئات اليود إلى داخل الأنبوبة بناء على مُنحدَر ..... .

عندما امتزجت جُزيئات النشا وجُزيئات اليود، نتج لون ..... .

٢-٢ الأسموزية

يعدُّ الماء واحدًا من أهم المُركّبات في أجسام الكائنات الحية. وهو يُشكِّل حوالي 80% من أجسام بعض الكائنات الحية. وللماء وظائف كثيرة، منها عمله مُذيبًا لكثير من المواد المختلفة. فعلى سبيل المثال، تنتقل المواد في الجسم، وهي مُذابة في الماء المُكوِّن لبلازما الدم.

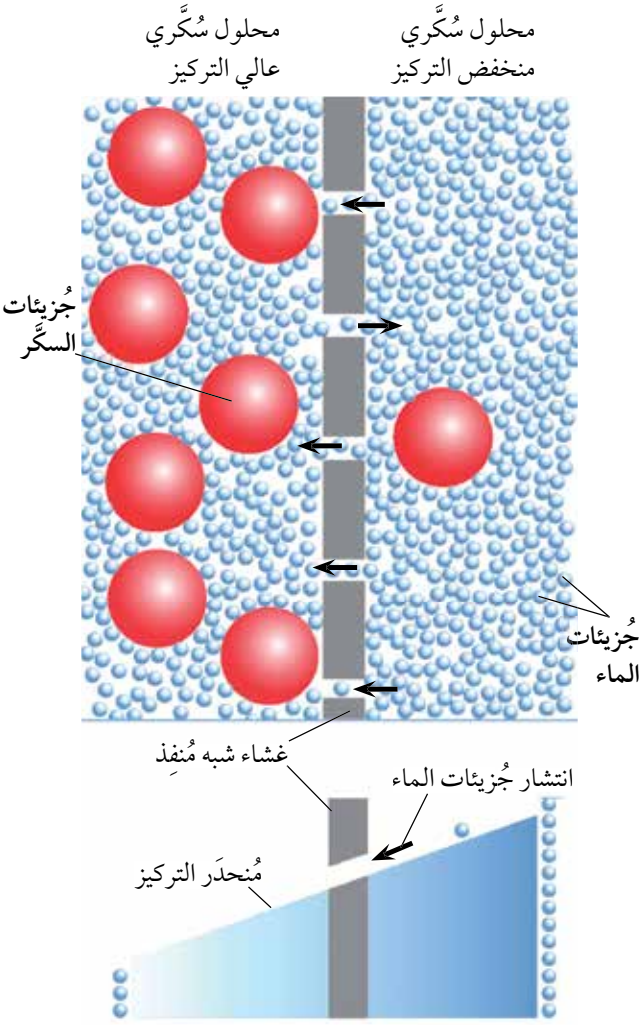
يوجد الماء داخل كل خلية من خلايا جسم الكائن الحي، وخارجها. إذ تذوب مختلف المواد في هذا الماء، بتراكيز مختلفة، داخل الخلايا وخارجها. وينتج عن هذا مُنحدَر تركيز، تنتشر باتِّجاهه جُزيئات الماء والمواد المذابة فيه، إذا استطاعت المرور عبر أغشية الخلايا.

تذكَّر

يمكنك أن تفكِّر في مُنحدَر التركيز، على أنه «انحدار» وهميّ يتَّجه من التركيز العالي إلى التركيز المنخفض. وتكون الحركة النهائية للجُسيمات باتِّجاه أسفل المُنحدَر.

من الأسهل التفكير بذلك إذا وضعنا في الاعتبار محلولاً بسيطًا يتضمَّن مادة ذائبة واحدة.

يُظهِر الشكل ٢-٣ محلولاً مُركّزًا من السكّر، مفصولاً بغشاء عن محلول آخر من السكّر أقلّ تركيزًا. تتخلّل الغشاء ثقوب صغيرة جدًّا. ومن الأمثلة على غشاء كهذا أنبوبة الديلسة.



الشكل ٢-٣ الأسموزية

يتكوّن كل جُزيء من جُزيئات الماء الصغيرة الحجم جدًّا من ذرَّتَيْ هيدروجين وذرّة أكسجين. أما جُزيئات السكّر، فهي أكبر كثيرًا من ذلك. وتكون الثقوب في أنبوبة الديلسة كبيرة الحجم، ممّا يسمح لجُزيئات الماء بالمرور عبرها، ولا يُسمح لجُزيئات السكَّر بفعل ذلك. تُعرَف أنبوبة الديلسة بأنها **غشاء شبه مُنفِذ Partially permeable membrane**، لأنّها تسمح بمرور بعض الجُزيئات عبرها، ولا تسمح لبعضها الآخر.

مصطلحات علمية

الغشاء شبه المُنفِذ Partially permeable membrane: غشاء يسمح بمرور بعض الجُزيئات من خلاله، ولا يسمح لبعضها الآخر.

يتضمّن الجانب الأيسر من الغشاء في الشكل ٢-٣ تركيزًا عاليًا من السكّر، في حين أنّ الجانب الأيمن يتضمّن تركيزًا مُنخفِضًا منه. ولو لم يكن الغشاء موجودًا، لانتشرت جُزيئات السكّر من المحلول العالي التركيز إلى المحلول المُنخفِض التركيز، ليصبح توزيعها منتظمًا ومتساويًا. لكنّها، في أي حال، لا تستطيع فعل ذلك، لأن الثقوب في الغشاء صغيرة جدًّا، لا تسمح لها بالعبور.

تكون جُزيئات الماء الحُرَّة صغيرة الحجم إلى درجة تُمكِّنها من الانتشار عبر غشاء شبه مُنفِذ. يحتوي المحلول المُنخفِض التركيز على عددٍ كبيرٍ من جُزيئات الماء الحُرَّة (تركيز عالٍ من جُزيئات الماء الحُرَّة) أي التي يمكنها من التحرُّك بحُرّية داخل المحلول. ومن خلال حركتها العشوائية، سوف يصطدم عدد كبير من جُزيئات الماء بالغشاء، فتنتقِل بشكل عشوائي عبر مسامات الغشاء إلى المحلول العالي التركيز، أي من اليمين إلى اليسار (الشكل ٢-٣). بينما تكون جُزيئات الماء في المحلول العالي التركيز، مُرتبِطة بجُزيئات السُّكَّر (فهي تنجذب إليها وترتبط معها) ويكون هناك حيّز كبير تشغله جُزيئات السكَّر. وهذا يعني أن المحلول العالي التركيز يحتوي على عدد قليل من جُزيئات الماء «الحرَّة» التي تنتقل داخله بشكل حُرّ. لكن في المحلول العالي التركيز، يكون عدد جُزيئات الماء «الحُرَّة» قليلاً، ممّا يعني أن عددًا قليلاً منها سوف يتمكَّن من العبور من الجانب الأيسر إلى الجانب الأيمن. بمرور الوقت، سوف تكون هناك حركة انتقال كلّية، أو نهائية، للماء من اليمين إلى اليسار. تُسمّى هذه العملية **بالأسموزية Osmosis**.

مصطلحات علمية

الأسموزية Osmosis: هي صافي حركة انتقال جُزيئات الماء من منطقة ذات جهد ماء مُرتفِع (محلول مُنخفض التركيز) إلى منطقة ذات جهد ماء مُنخفِض (محلول مُرتفِع التركيز) عبر غشاء شبه مُنفِذ.

لاحظ أن الأسموزية هي في الحقيقة نوع من الانتشار. فهي عملية تكون فيها جُزيئات الماء، وليس جُزيئات المادة المذابة، قادرة على المرور عبر غشاء شبه منفِذ.

جهد الماء

يُشار إلى المحاليل المُخفَّفة (المُنخفِضة التركيز)، التي تحتوي على جُزيئات ماء بأعداد كبيرة تتحرَّك بِحُرّية، بأنّها ذات جهد ماء عالٍ. أمّا المحلول المُركَّز، الذي يحتوي على جُزيئات ماء قليلة العدد تتحرَّك بِحُرّية، فلديه جهد ماء مُنخفِض. ولتجنُّب الخلط في المعنى يُفضَّل استخدام مصطلح آخر بدلًا من ذلك. يمكننا القول إن المحلول ذا التركيز المنخفّض (حيث يوجد الكثير من جُزيئات الماء الحُرَّة) يمتلك **جهد ماء Water potential** مرتفعًا، في حين يكون للمحلول العالي التركيز (حيث يوجد ماء أقلّ) جهد ماء مُنخفِض.

نجد في الشكل ٢-٣، أن هناك جهد ماء مرتفعًا في الجانب الأيمن، ومنخفضًا في الجانب الأيسر. وهذا يشكِّل **مُنحدَر تركيز Concentration gradient** لجهد الماء بين الجانبَين. تنتشر جُزيئات الماء بسبب هذا المُنحدَر من جهد الماء المُرتفِع إلى جهد الماء المُنخفِض.

أسئلة

٢-٤ أيُّهما أكبر حجمًا: جُزيء الماء أم جُزيء السكَّر؟

٢-٥ ما المقصود بالغشاء شبه المُنفذ؟

٢-٦ أعطِ **مثالَين** على أغشية شبه مُنفِذة.

٢-٧ كيف تصف محلولاً عالي التركيز من جُزيئات الماء؟

أغشية الخلية

تتّبع أغشية الخلية سلوكًا يشبه كثيرًا سلوك غشاء أنبوبة الديلسة. فهي تسمح لبعض المواد بالمرور عبرها وتمنع مواد أخرى من المرور. فهي أغشية شبه مُنفِذة.

يشغل السيتوبلازم دائمًا إحدى جهتَي غشاء الخلية. والسيتوبلازم محلول من البروتينات والموادّ الأخرى في الماء. ويكون هناك أيضًا محلول آخر في الجهة الأخرى من الغشاء. فخلايا أجسام الحيوانات الكبيرة محاطة بالسائل النسيجي، وغالبًا ما تكون جذور النباتات في التربة مُحاطة بطبقة رقيقة من الماء.

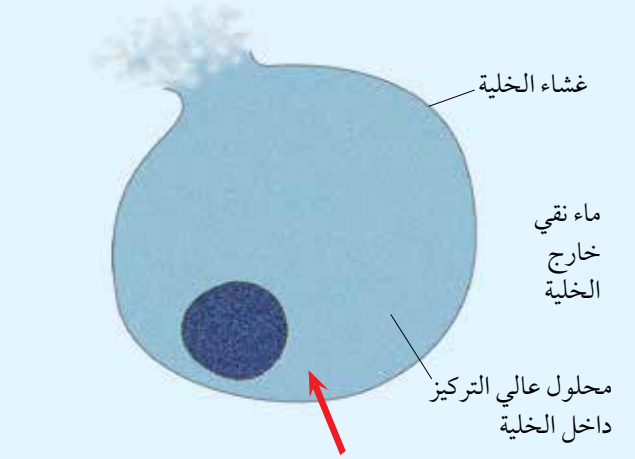
لذلك تفصل أغشية الخلية غالبًا بين محلولَين مختلفَين، هما: السيتوبلازم والمحلول المحيط بالخلية. إذا كان للمحلولَين تركيزان مختلفان، فسوف يؤدّي ذلك إلى حدوث الأسموزية.

الأسموزية والخلايا الحيوانية

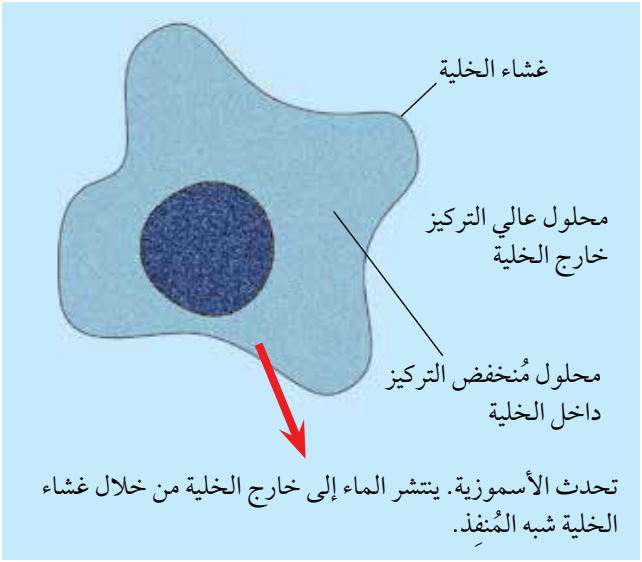
يظهر الشكل ٢-٤ خلية حيوانية في ماء نقي. يشكِّل السيتوبلازم داخل الخلية محلولاً عالي التركيز إلى حد ما. وتكون حجوم جُزيئات البروتينات والمواد الأخرى الذائبة فيه كبيرة جدًّا تجعلها غير قادرة على عبور غشاء الخلية، ولكن يمكن لجُزيئات الماء العبور خلاله.

إذا قارنت الحالة هنا مع الحالة في الشكل ٢-٣، فسوف ترى أنهما مُتشابهتان. ففي الحالتين يوجد غشاء شبه مُنفِذ يفصل بين محلول عالي التركيز وكل من المحلول المُنخفِض التركيز في الشكل ٢-٣ والماء النقي في الشكل ٢-٤. ففي الشكل ٢-٤ يكون المحلول العالي التركيز هو السيتوبلازم والغشاء شبه المُنفِذ هو غشاء الخلية. لهذا السبب تحدث الأسموزية.

سوف تنتشر جُزيئات الماء (بالأسموزية) من المحلول المُنخفِض التركيز إلى المحلول العالي التركيز. ما الذي سيحدث للخلية؟ مع دخول المزيد من جُزيئات الماء إليها، سوف تنتفخ، مما يسبِّب تمدُّد غشاء الخلية مع ازدياد حجمها، حتى يصبح الشدّ أكثر مما ينبغي في النهاية، فتنفجر الخلية، وتصبح غير قادرة على القيام بوظائفها.



الشكل ٢ـ٤ تنفجر الخلية الحيوانيَّة في الماء النقي



الشكل ٢ـ٥ تنكمش الخلايا الحيوانية في محلول عالي التركيز

ويمكن أن يؤدّي ذلك إلى موت الكائنات الحية الكبيرة في حال حدوث الانفجار لعدد كبير من خلايا جسمها. فعلى سبيل المثال، تنفجر خلايا الدم الحمراء بهذه الطريقة عندما تكون في محلول مُنخفِض التركيز. وإذا تأثَّرت أعداد كبيرة منها، فلن تحصل خلايا جسم الحيوان على كمّية كافية من الأكسجين.

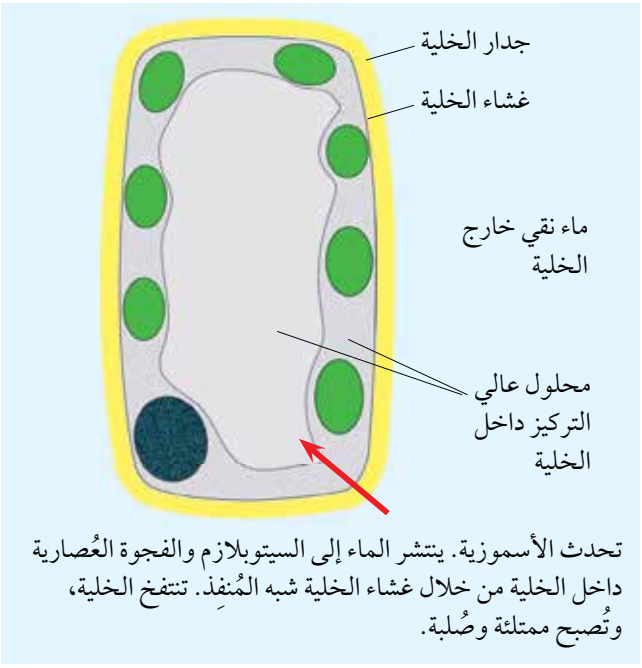
يظهر الشكل ٢-٥ خلية حيوانية في محلول عالي التركيز. إذا كان تركيز هذا المحلول أعلى من تركيز السيتوبلازم، فسوف تنتشر جُزيئات الماء إلى خارج الخلية. انظر الشكل ٢-٣ لتعرف السبب.

عندما تمرّ جُزيئات الماء إلى خارج الخلية عبر غشائها، ينكمش السيتوبلازم. ونتيجة لفقدان الخلية الماء فإنها تجفّ وتنكمش. وعند توفُّر كمّية قليلة من الماء لها، لا تعود تفاعُلات الأيض في الخلايا ممكنة، مما يؤدِّي إلى احتمال وصول الكائن الحي إلى حالة مميتة.

يمكن للعديد من الخلايا الحيوانية أن تنظِّم تركيز السيتوبلازم في داخلها، لتجنُّب الانفجار أو الانكماش. فمثلًا تستطيع الخلايا في الثدييات تنظيم تركيز السائل الذي يحيط بخلاياها أيضًا، مثل بلازما الدم الذي يُحيط بخلايا الدم الحمراء والبيضاء.

الأسموزية والخلايا النباتية

لا تنفجر الخلايا النباتية في الماء النقي. يُظهِر الشكل ٢-٦ خلية نباتية في ماء نقي. يُحيط بالخلية النباتية جدار الخلية، وهو مُنفِذ كلّيًا، ما يعني أنه يسمح لأي جُزيء بعبوره.



الشكل ٢ـ٦ تُصبح الخلايا النباتيَّة مُنتفِخة وصُلبة عند وضعها في الماء النقي

تصعب رؤية غشاء الخلية النباتية، لكنّنا نعرف أنه يُشبه تمامًا غشاء الخلية الحيوانية. وهو شبه مُنفِذ أيضًا. عند وضع الخلية النباتية في ماء نقي، يدخل إليها الماء بالأسموزية عبر غشاء الخلية شبه المُنفِذ، تمامًا كما يحدث في الخلية الحيوانية. وعندما يدخل الماء إلى الخلية يبدأ السيتوبلازم والفجوة العصارية بالانتفاخ .

ولكن الخلية النباتية مُحاطة بجدار قوّي جدًا. وهو أقوى بكثير من غشائها، ويمنع الخلية النباتية من الانفجار. يضغط السيتوبلازم على جدار الخلية، ولكن الجدار يُقاوِم ويضغط بالمُقابل باتِّجاه محتويات الخلية.

وتكون الخلية النباتية في وضع كهذا أشبه بعجلة سيارة مُنتفِخة مشدودة وصُلبة. يقال عنها إنها **ممتلئة Turgid**. يُسمّى الضغط باتِّجاه خارج الخلية الذي يُسبِّبه السيتوبلازم **ضغط الامتلاء Turgor pressure**. يُساعد امتلاء خلايا النبات الذي لا خشب فيه على بقاء النبات مُنتصِبًا، ويُبقي أوراقه مشدودة وصُلبة. وتكون خلاياه في العادة مُمتلئة.

تُظهر الصورة ٢-١ والشكل ٢-٧ خلايا نباتية موضوعة في محلول عالي التركيز. ستفقد هذه الخلايا الماء من خلال الأسموزية، شأنها شأن الخلية الحيوانية في الشكل ٢-٥. ينكمش السيتوبلازم ويتوقَّف عن الدفع نحو الخارج على جدار الخلية. وكما هي الحال عندما يتسرَّب بعض الهواء من عجلة السيّارة نحو الخارج، تصبح الخلية ليّنة. ويقال عنها حينئذٍ إنها رخوة **Flaccid**. ومتى أصبحت خلايا النبات رخوة، يفقد النبات صلابته ويبدأ بالذبول.

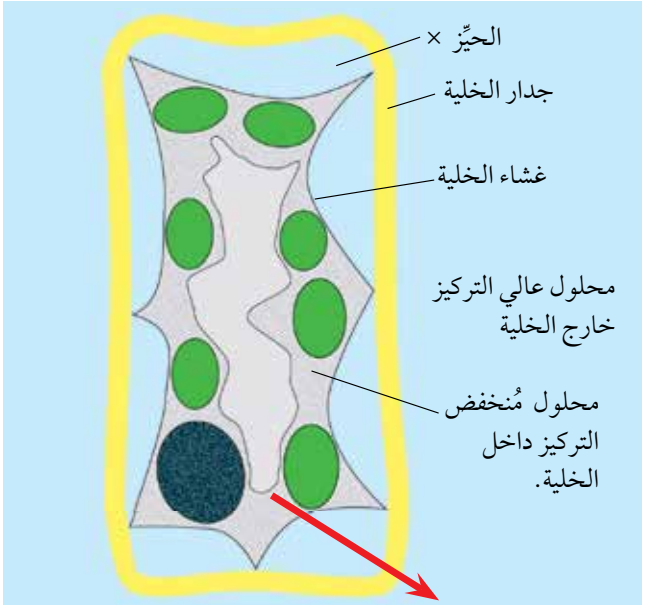
تنتشر كمّيات كبيرة من الماء خارج الخلية إذا كان المحلول خارج الخلية عالي التركيز. ويستمرّ السيتوبلازم والفجوة العصارية في الانكماش. بينما لا ينكمش جدار الخلية كثيرًا بالنظر إلى صلابته الشديدة. تسمى حالة انكماش محتويات الخلية النباتية نتيجة فقدانها الماء **بالبلزمة Plasmolysis**.

وكلما انكمش السيتوبلازم أكثر فأكثر باتِّجاه مركز الخلية، ينفصل تاركًا جدار الخلية وراءه.

ينسحب غشاء الخلية، المُحيط بالسيتوبلازم إلى الداخل، بعيدًا عن جدار الخلية. ويقال عن خلية كهذه إنها **مُتبلزِمة Plasmolysed**.

لا يحدث هذا الأمر في العادة، لأن خلايا النبات لا تكون محاطة بمحاليل عالية التركيز. وفي أي حال، يمكنك جعل الخلايا مُتبلزِمة بإجرائك النشاط ٢-٤. وغالبًا ما يُسبِّب التبلزُم موت الخلية النباتية، لأن غشاءها يتعرَّض للتلف أثناء انفصاله وابتعاده عن جدار الخلية.

الصورة ٢-١ وُضعت خلايا البصل المُبيَّنة هنا في محلول عالي التركيز. انكمش السيتوبلازم نحو الداخل، تاركًا فراغًا بين الغشاء الخلوي والجدار الخلوي (300 ×)



تحدث الأسموزية. ينتشر الماء من السيتوبلازم والفجوة العُصارية داخل الخلية عبر غشاء الخلية شبه المُنفِذ إلى الخارج. تنكمش الخلية قليلًا وتصبح رخوة. ينسحب غشاء الخلية بعيدًا عن جدارها، وتصبح الخلية مُتبلزِمة.

الشكل ٢-٧ تنكمش الخلايا النباتية، وقد تتبلزم عند وضعها في محلول عالي التركيز

نشاط ٢-٤

استقصاء ووصف تأثير تركيز المحاليل المختلفة على الأنسجة النباتية

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **كن حذرًا عند استخدام السكّين أو الشفرة الحادّة لقطع الأنسجة النباتية.**

يستقصي هذا النشاط تأثير تركيز المحاليل المختلفة على الأنسجة النباتية. قبل البدء بالتجربة، اكتب فرضية يتم اختبارها من خلال تنفيذ هذه التجربة. اشرح فرضيتك في ضوء فهمك للأسموزية.

١ قم بتجهيز المجهر.

٢ خذ ثلاث شرائح مجهرية نظيفة وسمّها (أ)، (ب)، (ج).

٣ ضع قطرة من الماء المُقطَّر على مركز الشريحة (أ).

٤ ضع قطرة من محلول السكَّر المتوسِّط التركيز على الشريحة (ب).

٥ ضع قطرة من محلول السكَّر العالي التركيز على الشريحة (ج).

٦ انزع طبقة رقيقة جدًّا من البشرة الملوَّنة من بصلة، أو من عنق ورقة نبات مناسب، بحسب ما يتوافر. ولكي تحصل على نتائج جيدة يجب أن تكون تلك الطبقة رقيقة قدر الإمكان (بسمك خلية واحدة فقط).

٧ اقتطع من تلك البشرة ثلاثة مُربَّعات، يساوي طول ضلع كل منها حوالي 5 mm.

٨ ضعْ مربَّعًا واحدًا في كل قطرة على كل شريحة من الشرائح الثلاث.

٩ غطِّ كلّ عيّنة منها، بعناية وحذر، بغطاء شريحة. وأزل السائل الزائد من الشرائح (على محيط أغطية الشرائح) باستخدام ورق الترشيح أو ورق النشّاف.

١٠ افحص كلاً من الشرائح الثلاث تحت المجهر. وارسم بعض الخلايا من كل شريحة وضعْ عليها البيانات.

أسئلة

١ أي جزء من أجزاء الخلية يظهر مُلوَّنًا؟

٢ ماذا حدث للخلايا في الماء النقي؟ اشرح إجابتك.

٣ ماذا حدث للخلايا في محلول السكَّر المُتوسِّط التركيز؟ اشرح إجابتك.

٤ ماذا حدث للخلايا في محلول السكَّر العالي التركيز؟ اشرح إجابتك.

أسئلة

٢-٨ ماذا يحدث لخلية حيوانية لدى وضعها في ماء نقي؟

٢-٩ اشرح لماذا لا يحدث ذلك لخلية نباتية عند وضعها في ماء نقي.

٢-١٠ أي جزء من الخلية النباتية:

أ. مُنفِذ تمامًا؟

ب. شبه مُنفِذ؟

٢-١١ ما المقصود بـ «خلية مُمتلئة»؟

٢-١٢ ما المقصود بالتبلزُم؟

٢-١٣ كيف يمكن إحداث التبلزُم؟

٢-١٤ ما الذي يملأ الحيِّز المشار إليه بالحرف x في الشكل ٢-٧؟ وضِّح إجابتك.

٢-١٥ صِف الأحداث المُبيَّنة في الشكلين ٢-٤ و٢-٥، من حيث جهد الماء.

نشاط ٢-٥

قياس معدَّل الأسموزية

المهارات:

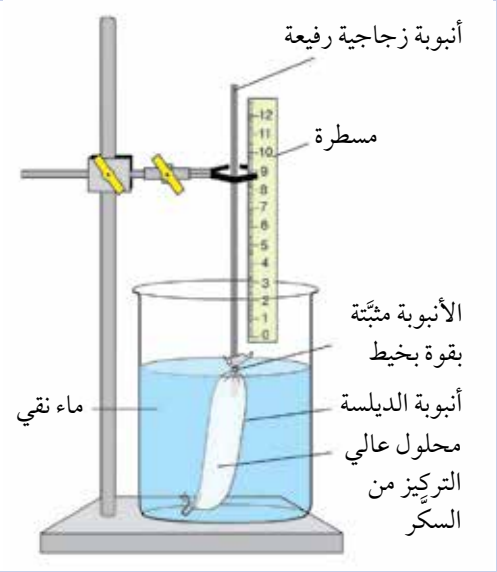
- استخدام التقنيات العلمية والأجهزة والمعدات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

١ أحضرْ قطعة من أنبوبة الديلسة. بلِّلها بالماء، وافركها بين أصابعك حتى تفتح. أحكم ربط عقدة بأحد طرفَي الأنبوبة.

٢ استخدم ماصَّة أو قطّارة لوضع كمّية من محلول السكَّر العالي التركيز في الأنبوبة.

٣ ضع أنبوبة زجاجية طويلة ورفيعة داخل أنبوبة الديلسة، كما هو مُبيَّن في الرسم التخطيطي. أحكم ربطها باستخدام خيط.

٤ ضع أنبوبة الديلسة في كأس زجاجية كبيرة تحتوي على الماء النقي، كما هو مبيَّن في الرسم التخطيطي.



٥ ضع علامة لتحديد مستوى السائل في الأنبوبة الزجاجية.

٦ قم بإعداد نسخة من جدول النتائج الآتي:

الزمن/ (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
ارتفاع السائل (mm)									

سجِّل في جدول النتائج مستوى السائل في الأنبوبة الزجاجية كل دقيقتين.

٧ أحضرْ ورقة رسم بياني. ارسم تمثيلاً بيانيًّا لنتائجك، ضع الزمن بالدقائق على محور السينات، والارتفاع بـ mm على محور الصادات.

أسئلة

١ صف ما حدث لمستوى السائل داخل الأنبوبة الزجاجية.

٢ لِمَ حدث ذلك؟

٣ استخدم تمثيلك البياني لإيجاد المُتوسِّط الحسابي لسرعة انتقال السائل إلى الأعلى في الأنبوبة، مستخدمًا وحدة mm/s. (اطلب إلى مُعلّمك مُساعدتك، إذا لم تكن مُتأكّدًا من كيفية عمل ذلك).

٤ تنبّأ بما يحدث لمُعدَّل سرعة الأسموزية في هذه التجربة إذا استخدمت نوعًا من أنابيب الديلسة ذات نتوءات بارزة ما تمنحها مساحة سطحية كبيرة. وضِّح إجابتك.

٥ عندما ترتفع درجة الحرارة، تتحرَّك الجُسيمات بسرعة أكبر. وضِّح كيف تستخدم هذا الجهاز لتنفيذ تجربة لاستقصاء تأثير درجة الحرارة على معدَّل الأسموزية. فكِّر في الأمور الآتية:

- ما الذي ستغيّره في تجربتك؟
- ما الذي ستبقيه كما هو؟
- ما الذي ستقيسه؟ ومتى؟ وكيف؟
- كيف ستقوم بتسجيل النتائج وعرضها؟
- تنبأ بالنتائج التي تتوقَّعها.

نشاط ٢-٦

الأسموزية وشرائح البطاطس

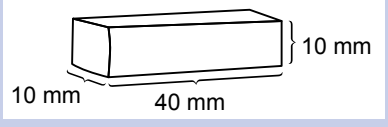
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمعدّات
- المُلاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **كن حذرًا عند استخدام السكّين أو الشفرة الحادّة وأنت تُقطِّع البطاطس.**

يستقصي هذا النشاط تأثير تركيز المحاليل المختلفة على شرائح البطاطس. قبل البدء بالتجربة، اكتب فرضية يتم اختبارها من خلال هذه التجربة، ثم اشرح فرضيتك في ضوء فهمك للأسموزية.

١ قشِّر حبة بطاطس أو درنة أو جذر أي نبات آخر بحسب ما يتوافر. واقطع بعناية ممّا اخترته خمس شرائح، أبعاد كل منها تحديدًا: الطول 40 mm؛ والعرض 10 mm؛ والارتفاع 10 mm.

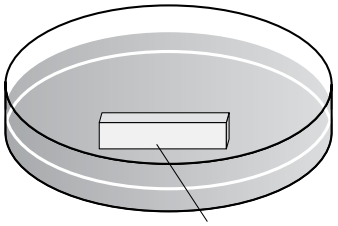


٢ انسخ جدول النتائج أدناه.

الوعاء	أ	ب	ج	د	هـ
تركيز المحلول					
طول الشريحة في بداية التجربة					
طول الشريحة في نهاية التجربة					
التغيُّر في طول الشريحة					

٣ خذ خمسة أوعية مناسبة وسمِّها (أ)، (ب)، (ج)، (د)، (هـ). ضع في كل منها كمّية مُحدَّدة من كل محلول من أحد المحاليل المختلفة على النحو الذي قدَّمه إليك مُعلِّمك. اكتب تركيز كل محلول في جدول النتائج.

٤ ضع شريحة بطاطس واحدة في كل وعاء واغمرها بالمحلول، كما في الشكل الآتي. دع جميع الشرائح في أوعيتها لمدة نصف ساعة على الأقل.



شريحة بطاطس مغمورة في محلول

٥ أزل الشريحة من الوعاء (أ) وقس طولها. اكتب النتيجة في الجدول.

٦ كرِّر ذلك مع جميع الشرائح الأخرى.

٧ احسب الآن التغيُّر الذي طرأ على طول كل شريحة. إذا أصبح طولها أصغر من الطول الأصلي، أظهر هذا التغيُّر بوضع إشارة «سالب» قبل قيمة الفرق بين الطولَين.

أسئلة

١ أي الشرائح، إن وجدت، أصبحت أقصر؟

٢ انسخ هذه الجُمَل وأكملها لتوضِّح سبب قصر تلك الشرائح.

تتكوَّن شرائح البطاطس من خلايا نباتية. كل خلية منها محاطة بـ ..... خلية شبه مُنفذ. عندما تكون الشريحة في محلول تركيزه أعلى مِن تركيز السيتوبلازم في داخل الخلايا، ينتقل الماء ..... خلايا البطاطس بالأسموزية. الأمر الذي يجعل الخلايا ..... . وهذا يجعل الشريحة أقصر.

٣ أي الشرائح، إن وجدت، أصبحت أطول؟

٤ اكتب جُمَلاً كالتي وردت في السؤال رقم ٢، تشرح فيها لماذا أصبحت تلك الشرائح أطول.

٥ صف كيف تستخدم هذه التقنية لتعرف تركيز محتويات الخلية في شريحة بطاطس.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- كيف ينتج الانتشار عن الحركة العشوائية للجُسيمات.
- العوامل التي تؤثِّر على سرعة الانتشار.
- لماذا يُعدُّ الانتشار مُهمًّا للخلايا والكائنات الحيَّة.
- أهميَّة الماء كمادَّة مذيبة.
- الأسموزية هي نوع خاص من الانتشار يتعلَّق بجُزيئات الماء.
- كيف تؤثِّر الأسموزية على الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية.

أسئلة نهاية الوحدة

١ يقوم بائع شاورما بطهوها في محلّه الذي يقع عند طرف الشارع.

أ. وضِّح كيف يمكن لشخص يقف عند الطرف المقابل من الشارع أن يشتم رائحة طهو الشاورما.

ب. وضِّح كيف يمكن ليوم حار أن يؤثِّر على العملية التي وصفتها في الجزئية (أ).

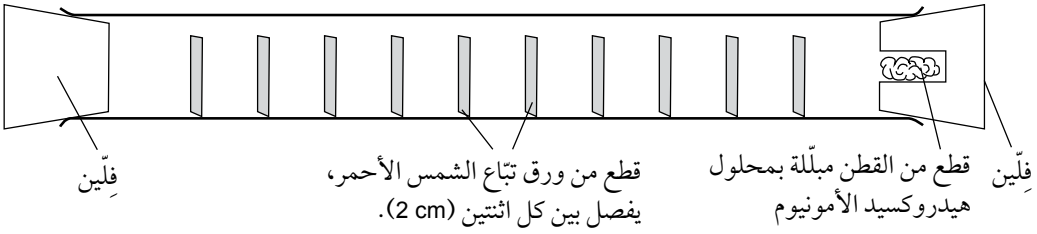
٢ غالبًا ما يخضع الذين يعانون من الفشل الكلوي لغسيل الكلى أو الديلسة التي يتم خلالها تمرير دماء المرضى داخل جهاز الديلسة، الذي يُزيل الفضلات والتي تعرف باليوريا من دمهم قبل إعادته إلى أجسامهم. ينتقل الدم في جهاز الديلسة داخل أنابيب مُحاطة بسائل الديلسة.

أ. يكون غشاء أنبوبة غسيل الكلى (الديلسة) شبه مُنفِذ. وضِّح معنى ذلك.

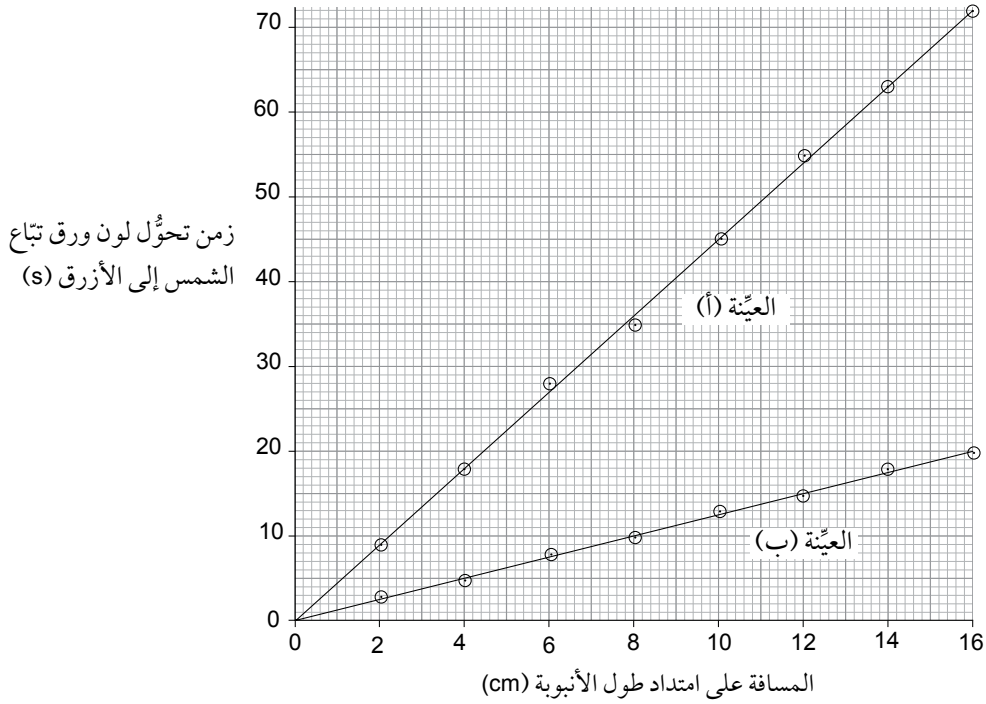
ب. يتم أثناء غسيل الكلى (الديلسة)، انتقال اليوريا من الدم عبر غشاء شبه مُنفِذ إلى سائل الديلسة. صف الفرق بين تركيز مادة اليوريا في الدم وتركيزها في سائل الديلسة مُعتمِدًا على اتِّجاه الانتشار الموضَّح.

ج. يتم استبدال سائل الديلسة بانتظام. وضِّح سبب ذلك في ضوء مصطلح الانتشار.

٣ أجرى سعيد استقصاء عن الانتشار وصنع جهازًا لذلك. يحتوي الجهاز على هيدروكسيد الأمونيوم الذي يحوِّل لون ورق تبّاع الشمس (كاشف الحمض والقواعد) من الأحمر إلى الأزرق.



مثّل بياناته في التمثيل البياني الآتي:



أ. ما مقدار الزمن الذي استغرقته العيّنة (أ) لتنتقل مسافة (10 cm).

ب. استند إلى التمثيل البياني، لتقدِّر الزمن الذي ستستغرقه العيّنة (أ) لتصل إلى مسافة (20 cm)

ج. أي عيّنة من هيدروكسيد الأمونيوم (أ) أم (ب)، كانت الأكثر تركيزًا؟ فسِّر إجابتك.

٤ تمتصّ خلية شُعَيرة جذرية الماء من التربة المحيطة عن طريق الخاصّية الأسموزية.

أ. إذا كانت خلية الشُّعيرة الجذرية هي التي تمتص الماء من التربة، فعلامَ يدلُّك ذلك بخصوص جهد الماء في التربة، مُقارنة بجهده داخل خلية الشُّعَيرة الجذرية؟

ب. ما تأثير تساقط أمطار غزيرة فجأة على خلايا الشُّعَيرات الجذرية؟

ج. ماذا يحدث لخلية شُعَيْرة جذرية أثناء الجفاف الخفيف؟

د. فسِّرْ لماذا لا تنتشر السكَّريات الموجودة داخل خلية الشعيرة الجذرية في التربة.

٥ عند صنع رقائق البطاطس، يغمرها الطاهي في ماء مالح قبل طهيها.

أ. صف ما يحدث للمحتوى المائي لرقائق البطاطس.

ب. هل سيزداد جهد الماء داخل رقائق البطاطس أم سينخفض؟

ج. خمِّن ما سيحدث لحجم كل شريحة بطاطس.

د. تخضع الخلايا النباتية في المحاليل المركَّزة للتبلزُم. صف تأثير ذلك على النبات.

هـ. نسيَ طاهٍ آخر إضافة الملح إلى الماء الذي سيغمر به البطاطس. صف ما سيحدث للمُحتوى المائي في تلك الرقائق.

الوحدة الثالثة

الجُزيئات الحيوية Biological molecules

تغطّي هذه الوحدة:

- أسباب أهمّية الماء للكائنات الحيّة.
- مُكوِّنات كل من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.
- كيفية الكشف عن الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.
- الأنزيمات وكيفيَّة عملها كعوامل حفّازة.
- كيفيَّة تأثُّر الأنزيمات بدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH).
- كيفية إجراء تجارب لاستقصاء تأثير التغيُّر الذي يطرأ على درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH) على نشاط الأنزيم.
- أسباب تأثُّر الأنزيمات بدرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني (pH).
- تخطيط تجاربك حول نشاط الأنزيم وتنفيذها وتقييمها.

٣-١ ممَّ يتكوَّن جسمك؟

تتكوَّن أجسام جميع الكائنات الحية من العديد من المواد الكيميائية المتنوِّعة. ويتكوّن الجزء الأكبر من أجسامنا من الماء، إضافة إلى الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، وهي المواد التي تتكوَّن منها خلايا أجسامنا، والتي يؤدّي كلٌّ منها دورًا حيويًّا في حياتنا.

في هذه الوحدة سوف نتناول تلك المواد تباعًا. وأنت خلال دراستك لمنهج الأحياء، سوف تصادفك تلك المواد مرارًا وتكرارًا. وسوف يكون فهمك لمعاني المصطلحات مثل: الذرَّة والعُنصر والجُزيء مساعدًا لك خلال دراستك. وإذا لم تكن مُتأكّدًا من فهمك لتلك المصطلحات، اسأل معلِّم الأحياء أو الكيمياء كي يوضِّحها لك.

الماء

قال الله تعالى: ﴿أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ﴾ سورة الأنبياء الآية ٣٠

يشكِّل **الماء Water** حوالي 80% من أجسام معظم الكائنات الحيّة. وقد سبق لك أن تعلَّمت أن السيتوبلازم محلول يتكوَّن من مواد كثيرة مختلفة مُذابة في الماء. حتى الحيِّز الذي يفصل بين خلايا الجسم ممتلئ بسائل مائي.

تحدث التفاعُلات الكيميائية داخل جسم كل كائن حي باستمرار. وتُعرف مجموعة التفاعُلات تلك باسم الأيض. تحدث **التفاعلات الأيضية Metabolic reactions** فقط إذا كانت المواد الكيميائية التي تتفاعل مُذابة في الماء. لذلك يُعدُّ الماء **مُذيبًا Solvent** مهمًّا وهو واحد من الأسباب التي تجعله مهمًّا للكائنات الحية. فإذا فقدت خلايا جسم الكائن الحي الماء وجفّت، تتوقَّف التفاعُلات الكيميائية فيها ويموت الكائن الحي.

كذلك يُعدُّ الماء ضروريًّا لأسباب أخرى عديدة. فالبلازما وهي الجزء السائل من الدم تحتوي على كمّيات كبيرة من الماء الذي يتيحُ لموادّ مختلفة مثل الجلوكوز أن تذوب فيها وأن تُنقَل إلى مختلف أنحاء الجسم. يُعدُّ الماء أيضًا مُذيبًا للأنزيمات والمواد الغذائية في القناة الهضمية كي تحدث عملية الهضم.

تذكَّرْ

عندما يُسأل الطلاب: ما أهمّيَّة الماء للكائنات الحيَّة؟ يجيب كثيرون منهم: حتى لا تجفّ «أجسامنا»؛ وهذه ليست إجابة جيدة؛ وعليك أن تتأكَّد من توضيح أسباب حاجة الكائنات الحيَّة إلى الماء.

٣-٢ الكربوهيدرات

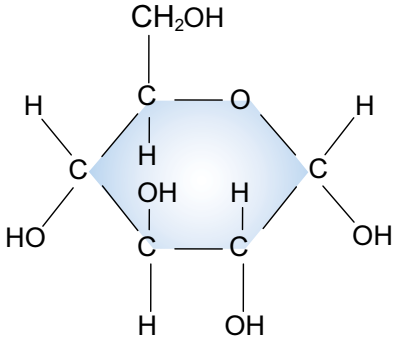
تشتمل **الكربوهيدرات Carbohydrates** على النشويات والسكَّريات. وتحتوي جُزيئاتها على ثلاثة أنواع من الذرّات هي: الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O). ففي كل جُزيء كربوهيدرات عدد من ذرّات الهيدروجين يُعادل تقريبًا ضعف عدد ذرّات الكربون والأكسجين.

السكّريات

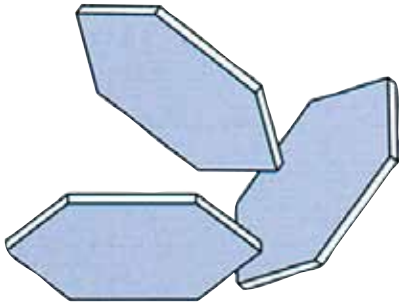
تعدّ السكُّريات البسيطة أو **السكَّريات الأحادية Monosaccharides** أبسط أنواع الكربوهيدرات. وسُكَّر الجلوكوز هو سُكَّر أحادي يتكوَّن من ستّ ذرّات كربون ترتبط معًا على شكل حلقة، وترتبط بها ذرّات الهيدروجين وذرّات الأكسجين، وتتَّجه إلى خارج الحلقة وإلى داخلها الشكل ٣-١ (لست في حاجة إلى معرفة ذلك التركيب بالتفصيل، وقد يفيدك ذلك إذا كنت مُهتمًّا بالاطلاع على كيفية تنظيم الذرّات).

يحتوي جُزيء الجلوكوز على ستّ ذرّات من الكربون واثنتَي عشرة ذرّة من الهيدروجين وستّ ذرّات من الأكسجين. وللتعبير عن ذلك تُكتَب صيغته الجُزيئيَّة على صورة $C_6H_{12}O_6$. تُمثِّل هذه الصيغة جُزيئًا واحدًا من هذا السكَّر البسيط ونوع ذرّاته وعددها.

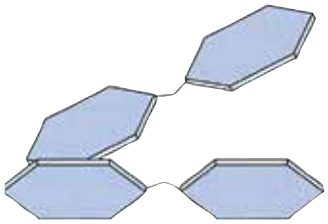
تحتوي جُزيئات السكَّر الأحادي على كثير من الذرّات، إلا أن حجمها صغير جدًّا (الشكل ٣-٢). وهي تذوب في الماء ولها مذاق حلو.



الشكل ٣ـ ١ تركيب جُزيء الجلوكوز



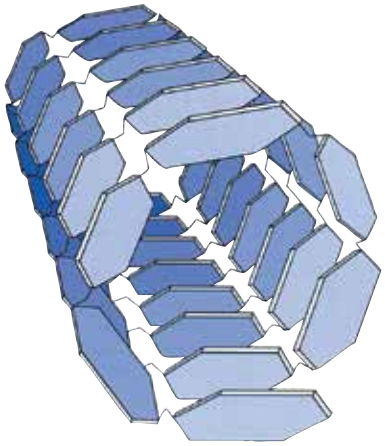
الشكل ٣ـ ٢ تتميَّز السكّريات البسيطة بأن جُزيئاتها صغيرة الحجم، وأنّها تذوب في الماء



الشكل ٣ـ ٣ يتركَّب جُزيء السكَّر الثنائي، كسُكَّر المالتوز، من جُزيئَين سُكَّريّين أُحاديَّين مُرتبطَين معًا

ترتبط جُزيئات السُّكَّريّات الأحادية معًا في سلاسل. ويُعدّ السكّروز والمالتوز نوعَين من الكربوهيدرات (السكَّريات) الثنائية Disaccharides القصيرة السلسلة التي تنتج عن ارتباط جُزيئَين من السكَّريات الأحادية (الشكل ٣-٣)، وتُعدّ جُزيئاتها صغيرة الحجم أيضًا حيث تكون قابلة للذوبان في الماء.

ينتج عن ارتباط العديد من جُزيئات السكَّريات الأحادية جُزيء كبير الحجم جدًّا يُسمّى **السكَّر المُتعدِّد Polysaccharide**. تحتوي الجُزيئات في بعض السكَّريات المُتعدِّدة على الآلاف من جُزيئات السكَّر الأحادي، وترتبط معًا في سلسلة طويلة. ومن أمثلتها **السليلوز Cellulose** الذي يتكوَّن منه جدار الخلية النباتية، وكذلك **النشا Starch** الذي غالبًا ما يوجد داخل الخلايا النباتية (الشكل ٣-٤). أمّا الخلايا الحيوانية، فتحتوي على سُكَّر مُتعدِّد يُسمّى **الجلايكوجين Glycogen**. وما يُميِّز الكثير من السكَّريات المتعدِّدة أنَّها لا تذوب في الماء وليس لها مذاق حلو.



الشكل ٣ـ ٤ جزء من كربوهيدرات طويل السلسلة، مُعقَّد مثل النشا

وظائف الكربوهيدرات

تستمدُّ الكائنات الحية الطاقة من الكربوهيدرات التي يُحرِّر الغرام الواحد منها طاقة مقدارها 17 kJ/g خلال عملية التنفُّس.

والجلوكوز هو نوع الكربوهيدرات يتم استخدامه خلال عملية التنفُّس لتحرير الطاقة، ويتم نقله عبر جسم الإنسان والحيوان. تحتوي بلازما دم الإنسان على جلوكوز ذائب ينتقل إلى مختلف الخلايا التي تستخدمه لتحرير الطاقة اللازمة لأداء الوظائف الحيوية.

غالبًا ما تكون جُزيئات السكَّريات الأحادية مثل **الجلوكوز Glucose** مُتفاعِلة (نشطة كيميائيًّا)، وتُشارك بسهولة في التفاعُلات الكيميائية التي تُسمّى تفاعُلات الاختزال. إذا كان السكَّر مُتفاعِلاً سُمّي **سُكَّرًا مُختَزِلاً Reducing sugar**. ولمنع جُزيئات هذا النوع من السكَّريات من التفاعُل، تقوم الكائنات الحية بتحويلها إلى كربوهيدرات طويلة السلسلة مُعقَّدة أكثر ثباتًا مثل الجلايكوجين والنشا.

تستخدم النباتات سُكَّر الجلوكوز في عملية التنفُّس لتزويدها بالطاقة. وهي تصنع الجلوكوز بواسطة عملية التمثيل الضوئي. ونظرًا لأنّه سُكَّر أحادي، فإنّ جُزيئات الجلوكوز تكون قابلة للذوبان وللتفاعُل، وبالتالي لا يكون من السهل تخزينه، لذا تقوم النباتات بتخزينه لديها على شكل نشا. وتُعَدُّ عملية تحويل الجلوكوز إلى نشا أو النشا إلى جلوكوز عملية سهلة وسريعة. تخزن بعض النباتات كمّيات كبيرة من النشا في بذورها أو في الدرنات، لتتغذّى عليه.

أما كلٌّ من الإنسان والحيوان فيُخَزِّن الكربوهيدرات على شكل مُركَّب سكَّري مُتعدِّد يُعرف بالجلايكوجين (النشا الحيواني)، ويكون أغلبها في خلايا الكبد والعضلات.

الكشف عن الكربوهيدرات

يمكننا إجراء اختبار الكشف عن السكَّريات في الطعام بإضافة محلول بندكت وتسخينه. فإذا كان الطعام يحتوي على سُكَّر مُختزِل (مثل الجلوكوز والمالتوز)، ينتج لون أحمر قرميدي. حيث يتحوَّل لون المزيج تدريجيًّا من اللون الأزرق إلى الأخضر ثم الأصفر فالبرتقالي وأخيرًا الأحمر

القرميدي (الصورة ٣-١). وإذا لم يكن في الطعام سُكَّر مختزِل يبقى لون محلول بندكت أزرق.

الصورة ٣ـ ١ اختبار بندكت للكشف عن السكَّريات الأحادية وبعض السكَّريات الثنائية (السُكَّريات المُختزِلة)

نشاط ٣-١

اختبار الكشف عن السكَّريات في الطعام

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ • **احرص على حماية عينيك بوضع النظارة الواقية. ويُفضَّل، إن أمكن، تسخين الأنابيب بواسطة حمّام مائي.**

- **إذا كان لا بد من التسخين بلهب بنزن مباشرة، فاستخدم ماسك أنابيب الاختبار، ووجِّه فتحة أنبوبة الاختبار بعيدًا عنك وعن الآخرين.**
- **كن حذرًا إذا اضطررت إلى استخدام شفرة حادَّة للتقطيع.**
- **كن حذرًا عند استخدامك محلول بندكت لأنه يؤذي الجلد فتجنَّب لمسه.**

جميع السكَّريات الأحادية وبعض السكَّريات الثنائية، مثل المالتوز، هي سكَّريات مُختزِلة أي إنها ستتفاعل مع سائل أزرق اللون يُسمّى محلول بندكت. يُمكننا استخدام هذا التفاعُل لنعرف إن كان الطعام أو أي مادة أخرى يحتويان على سُكَّر مختزِل.

١ ارسم جدولاً للنتائج:

الطعام	اللون الناتج مع محلول بندكت	يتضمَّن سكَّرًا أُحاديًّا (أو سكَّرًا مُختزِلاً)

٢ اطحن جُزءًا صغيرًا من الطعام أو قطّعه إلى قطع صغيرة. ضعْ تلك القطع في أنبوبة اختبار. أضف بعض الماء، ثم رجّ الأنبوبة مُحاولاً إذابة القطع.

٣ أضف كمّية قليلة من محلول بندكت الأزرق اللون، لاحتوائه على أملاح النحاس. أضف لكل 10 mL من الماء 10 قطرات (2 mL) من محلول بندكت.

٤ سخِّن الأنبوبة حتى درجة 80°C في حمّام مائي. فإذا كان الطعام يحتوي على سُكَّر مُختزِل فسوف يتكوَّن راسب أحمر قرميدي.

٥ سجِّلْ نتائجك في جدول النتائج. إذا لم يتغيَّر لون محلول بندكت لا تكتب في الجدول «لا تغيير» بل اكتب اللون الحقيقي الذي تراه، كأن تكتب أزرق. سجِّل استنتاجك بناء على نتيجة الاختبار.

يتمثَّل مبدأ عمل هذا الاختبار في أن السكَّر المُختزِل يختزل أملاح النحاس الزرقاء إلى مُركَّب أحمر.

يُعدُّ اختبار الكشف عن النشا أسهل، لأنه لا يتضمَّن استخدام التسخين. حيث تقتصر مُهمّتك على إضافة محلول اليود إلى عيِّنة الطعام. فإذا كانت تحتوي على نشا يتحوّل اللون إلى أزرق مائل إلى الأسود (الصورة ٣-٢). وإذا كانت خالية من النشا يبقى لون محلول اليود برتقاليًّا إلى بُنّي.

الصورة ٣ـ ٢ يدلّ اللون الأزرق المائل إلى الأسْود على أن البطاطس تحتوي على النشا

نشاط ٣-٢

اختبار الكشف عن النشا في الطعام

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

لا داعي إلى إذابة الطعام لإجراء هذا الاختبار.

⚠ • **احرص على حماية عينيك من محلول اليود بوضع النظّارة الواقية.**

١ ارسم جدولاً للنتائج.

٢ ضع قطعة صغيرة من الطعام على بلاطة بيضاء اللون.

٣ أضف إليها قطرة أو قطرتَين من محلول اليود. يتميَّز محلول اليود بلون بني، ولكنَّه يتحوَّل إلى اللون الأزرق المائل إلى الأسود إذا احتوى الطعام على النشا. سجِّلْ كل واحدة من النتائج التي حصلت عليها، إضافة إلى استنتاجاتك.

أسئلة

١ كيف يمكنك اختبار محلول للكشف عن وجود اليود فيه؟

أسئلة

٣-١ ما المقصود بالأيض؟

٣-٢ لماذا تموت الكائنات الحية إذا لم تكن فيها كمّية كافية من الماء؟

٣-٣ ما العناصر الثلاثة التي تحتوي عليها جميع الكربوهيدرات؟

٣-٤ الصيغة الجُزيئية لسكَّر الجلوكوز هي $C_6H_{12}O_6$. على ماذا يدلّك ذلك عن جُزيء الجلوكوز؟

٣-٥ إلى أي مجموعة من الكربوهيدرات تنتمي كل من المواد الآتية: **(أ)** الجلوكوز، **(ب)** النشا، **(ج)** الجلايكوجين؟

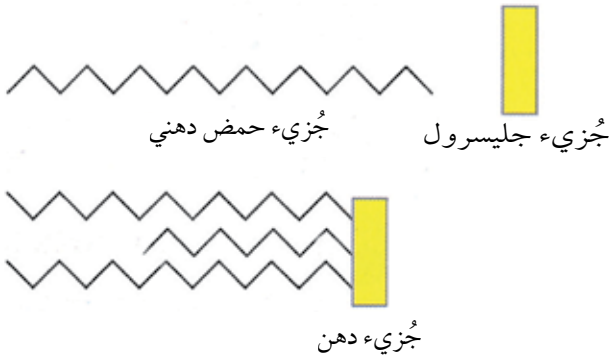
٣-٦ في أي شكل:

أ. تستخدم معظم الكائنات الحية الكربوهيدرات في التنفُّس؟

ب. ينقل كل من الإنسان والحيوان الكربوهيدرات في دمه؟

ج. يخزِّن كل من الإنسان والحيوان الكربوهيدرات في خلاياه؟

د. تخزن النباتات الكربوهيدرات في خلاياها؟



الشكل ٣-٥ تركيب جُزيء من الدهون

٣-٣ الدهون

تُشبه **الدهون Fats (Lipids)** الكربوهيدرات من حيث احتواؤها على ثلاثة أنواع من الذرّات فقط هي الكربون والهيدروجين والأكسجين. يتكوَّن جُزيء الدهن الواحد من أربعة جُزيئات صغيرة مرتبطة معًا، واحد منها يُسمّى الجليسرول، والثلاثة الباقية هي جُزيئات طويلة تُسمّى الأحماض الدهنية الشكل ٣-٥.

لا تذوب الدهون في الماء. ويُطلق على الدهون التي تكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة اسم الزيوت.

وظائف الدهون

كما تحصل الخلايا على الطاقة من الكربوهيدرات كذلك تحصل عليها من الدهون والزيوت، حيث يُطلق غرام واحد من الدهون حوالي 39 kJ/g من الطاقة، أي ما يعادل أكثر من ضعفَي الطاقة التي يُطلقها غرام واحد من الكربوهيدرات. غير أن معظم الخلايا، عند حاجتها إلى الطاقة، تستخدم الكربوهيدرات أوّلاً كمصدر للطاقة ثم الدهون بعد استهلاك جميع الكربوهيدرات لديها.

وممّا يجعل الدهون مفيدة جدًّا قدرتها على تخزين الطاقة الزائدة. فالثدييات، مثلاً، لديها خلايا، وخاصة الخلايا التي تقع تحت الجلد، تمتلئ بقطرات كبيرة من الدهون أو الزيوت، تستخدمها عند الحاجة في تحرير الطاقة. كذلك تُسهم طبقة الدهون في الحفاظ على الحرارة داخل الجسم، أي إنها تعزل الجسم حراريًّا؛ فحيوان الفظ الذي يعيش في المناطق الشديدة البرودة يُخزِّن في جسمه

الصورة ٣ـ ٣ (أ) حيوان الفظ على الجزيرة القطبية سبيتسبرجين Spitzbergen

الصورة ٣ـ ٣ (ب) يُخزِّن الجمل الدهن في سنامه

طبقات سميكة من الدهن تُسمّى شحم الحوت (الصورة ٣-٣ (أ)). وكذلك يُخزِّن الجمل الذي يعيش في الصحراء كمّية كبيرة من الدهن في سنامه تُساعده على عزل جسمه عن حرارة شمس الصحراء الحارقة (الصورة ٣-٣ (ب)). وبالمقابل، تُخزِّن نباتات كثيرة الزيوت في بذورها، كالفول السوداني، وجوز الهند والخرّوع. وقد تخزنها في ثمارها مثل الزيتون إذ توفِّر الزيوت للبذور مخزونًا جيّدًا من الطاقة اللازمة لعملية الإنبات.

الكشف عن الدهون والزيوت

تتوافر اختبارات مُتعدِّدة للكشف عن الدهون، أفضلها اختبار مُستحلب الإيثانول ذلك أن الدهون لا تذوب في الماء بل في الإيثانول.

أوّلًا قطِّع الطعام ورجّ القطع مع الإيثانول. بعد ذلك اسكب الإيثانول في الماء. فإذا كان الطعام يحتوي على دهن، فإنَّ خليط الدهون-الإيثانول سيتفكَّك إلى ملايين القطرات الصغيرة جدًّا، عند مزجه مع الماء. يُسمّى هذا الخليط باسم المُستحلب، ويكون لونه أبيض وغير شفّاف كالحليب (الشكل ٣-٤). وإذا لم يكن هناك دهون في الطعام، يبقى مزيج الماء والإيثانول شفّافًا.

الشكل ٣ـ ٤ نتيجة إيجابيَّة لاختبار المُستحلَب الدهني

نشاط ٣-٣

الكشف عن الدهون في الطعام

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ **• احرص على حماية عينيك من محلول اليود بوضع النظّارة الواقية.**
- **الإيثانول مادة قابلة للاشتعال، لذلك تجنَّب وضعه بالقرب من اللهب.**
- **توخَّ الحذر عند استخدام السكّين الحاد.**
- **يجب عدم تذوّق أيّ من أنواع الطعام المُستخدَمة في التجربة.**

١ ارسُمْ جدولًا للنتائج.

٢ قطِّع أو اطحن كمّية ضئيلة من الطعام. ضع قليلاً منها في أنبوبة اختبار نظيفة جدًّا وجافّة. ثم أضف بعض الإيثانول، ورجّ أنبوبة الاختبار لمزج الخليط جيدًا.

٣ ضع قليلاً من الماء المُقطَّر في أنبوبة اختبار أخرى.

٤ اسكب كمّية قليلة من الجزء السائل من الأنبوبة الأولى إلى الأنبوبة الثانية التي تحتوي على الماء.

٥ يدلّ الخليط الشبيه بالحليب على أن هناك دهونًا في الطعام.

أسئلة

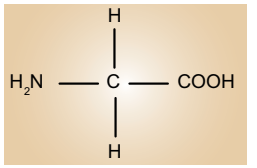
٣-٧ ما العناصر الثلاثة الموجودة في جميع الدهون والزيوت؟

٣-٨ اذكُر **استخدامَين** للدهون في الكائنات الحيّة.

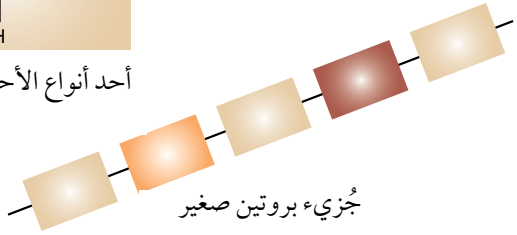
٣-٩ غالبًا ما نحصل على زيوت الطهي من بذور النباتات. لماذا تحتوي بذور النباتات على الزيوت؟

٣-٤ البروتينات

تحتوي جُزيئات **البروتين Protein** على أنواع من الذرّات لا تحتوي عليها الكربوهيدرات والدهون (الشكل ٣-٦). فهي بالإضافة إلى احتوائها على الكربون والهيدروجين والأكسجين، تحتوي أيضًا على النيتروجين (N)، وأحيانًا على كمّيّات قليلة من الكبريت (S) في بعض أنواع البروتينات.



أحد أنواع الأحماض الأمينية



الشكل ٣-٦ تركيب جُزيء بروتين

تتكوَّن جُزيئات البروتين، مثلها مثل السُّكَّريّات المُتعدِّدة، من سلاسل طويلة من جُزيئات صغيرة، تُسمّى **الأحماض الأمينية Amino acids** ترتبط نهاياتها معًا. هناك عشرون نوعًا مختلفًا من الأحماض الأمينية يمكن أن تترابط بأي ترتيب، لتكوين جُزيء بروتيني. يعني ذلك أن كل بروتين يتكوَّن من جُزيئات من أحماض أمينية بترتيب مختلف ودقيق جدًا. ذلك أن اختلافًا صغيرًا في ترتيب الأحماض الأمينية ينتج عنه بروتين مختلف. لذلك يمكن تكوُّن ملايين الأنواع المختلفة من البروتينات.

وظائف البروتينات

تذوب بعض البروتينات في الماء، منها بروتين الهيموجلوبين الذي يمثِّل صبغة الدم الحمراء. ولا يذوب بعضها الآخر كبروتين الكيراتين، الذي يتركَّب منه الشعر والأظافر.

وبخلاف الكربوهيدرات، لا تُستخدَم البروتينات عادة لإنتاج الطاقة؛ بل إن الكثير من البروتينات الموجودة في الأطعمة تُستخدَم لصنع خلايا جديدة نحتاج إليها للنموّ، ولترميم الأجزاء التالفة من الجسم وإصلاحها. تحتوي أغشية الخلايا والسيتوبلازم بشكل خاص على كمّيات كبيرة من البروتينات. كما أن الأنزيمات عبارة عن بروتينات ستتعلّم الكثير عنها في الموضوع القادم.

يمكن للسلاسل الطويلة من الأحماض الأمينية التي تتكوَّن منها جُزيئات البروتين أن تلتفّ وتلتوي لتتّخذ أشكالاً ثلاثية الأبعاد مُتعدِّدة ومُختلفة. ويُحدِّد تتابع الأحماض الأمينية في السلسلة الطريقة التي ستلتفّ بها السلاسل؛ وبالتالي يتحدَّد الشكل الثلاثي الأبعاد لجُزيء البروتين. ينتج عن اختلاف تتابُع الأحماض الأمينية أشكال مختلفة من جُزيئات البروتين.

وجدير بالذكر أن معظم جُزيئات البروتين يؤثِّر شكلها على وظيفتها تأثيرًا مباشرًا. ومن الأمثلة على ذلك ما سوف تراه في القسم ٣-٥، وهو أن شكل جُزيء الأنزيم يُحدِّد التفاعُلات الكيميائية التي يُحفِّزها.

أسئلة

٣-١٠ اذكر **عُنصرَين** يوجدان في البروتينات، ولا يوجدان في الكربوهيدرات.

٣-١١ كم نوعًا من الأحماض الأمينية في البروتينات؟

٣-١٢ ما وجه الشبه بين جُزيئات البروتينات وجُزيئات السُّكَّريّات المتعدِّدة؟

٣-١٣ أعطِ **مثالَين** على البروتينات.

٣-١٤ اذكر **ثلاث** وظائف للبروتينات في الكائنات الحية.

الكشف عن البروتينات

يُسمّى اختبار الكشف عن البروتينات **اختبار بيوريت Biuret test** (الصورة ٣-٥). وهو يتضمَّن مزج الطعام بالماء، ثم إضافة محلول كبريتات النحاس المُخفَّف. بعد ذلك يُضاف إلى المزيج بلطف محلول مُخفَّف من هيدروكسيد البوتاسيوم. فيدلّ ظهور لون بنفسجي على وجود البروتين. وإذا بقي لون المزيج أزرق كان الطعام خاليًا من البروتينات.

الصورة ٣ـ ٥ تظهر الأنبوبة اليُمنى نتيجة سلبية لاختبار بيوريت. وتظهر الأنبوبة اليُسرى نتيجة إيجابية

نشاط ٣-٤

الكشف عن البروتينات في الطعام

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

⚠ **احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**

- **يُعدُّ هيدروكسيد البوتاسيوم ومحلول كبريتات النحاس أو البيوريت مواد قوية، فإذا لامست جلدك، اغسلْه بكمّيات كبيرة من الماء البارد.**
- **توخَّ الحذر عند استخدامك شفرة حادّة لتقطيع الطعام.**

يُستخدَم في اختبار بيوريت محلول هيدروكسيد البوتاسيوم ومحلول كبريتات النحاس. ويمكنك أيضًا استخدام مزيج جاهز لكاشف بيوريت، الذي يحتوي على هاتَين المادتَين ممزوجتَين معًا بصورة مُسبقة.

١ ارسم جدولًا للنتائج.

٢ ضع الطعام في أنبوبة اختبار، وأضف إليها قليلًا من الماء.

٣ أضف كمّية قليلة (1 mL) من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

٤ أضف قطرتَين من محلول كبريتات النحاس.

٥ رُجّ الأنبوبة بلطف. إذا ظهر لون بنفسجي، فهذا يدلّ على وجود البروتين.

يُبيِّن الجدول ٣-١ مُقارنة بعض خصائص الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.

	الكربوهيدرات	الدهون	البروتينات
العناصر التي تحتوي عليها	C, H, O	C, H, O	C, H, O, N, S
الجُزيئات الصغيرة التي تتكوَّن منها	السكَّريات الأحادية	الأحماض الدهنية والجليسرول	الأحماض الأمينية
قابلية ذوبانها في الماء	السُّكريات البسيطة (الأحادية والثنائية) قصيرة السلسلة تذوب والسكَّريات المُتعدِّدة طويلة السلسلة لا تذوب	لا تذوب	بعضها يذوب وبعضها الآخر لا يذوب
سبب حاجة الكائنات إليها	مصدر سهل ومباشر للطاقة (17 kJ/g)	مخزن للطاقة (39 kJ/g)؛ عازلة للحرارة؛ تدخل في تركيب أغشية الخلايا	مُكوِّن أساسي للخلايا والأنزيمات والهيموجلوبين، تُستخدَم مصدرًا للطاقة أيضًا.

الجدول ٣ـ ١ مُقارنة بين الكربوهيدرات والدهون والبروتينات

٣-٥ الأنزيمات

يمكن تسريع كثير من التفاعُلات الكيميائية باستخدام مواد تُسمّى **العوامل الحفّازة Catalysts**. يُغيِّر العامل الحفّاز سرعة التفاعُل الكيميائي من دون أن يتغيَّر هو نفسه.

تجري التفاعُلات الكيميائية داخل جسم الكائن الحي باستمرار وتُسمّى هذه التفاعُلات أحيانًا بتفاعُلات الأيض، التي تتحكَّم بها عوامل حفّازة بروتينية تُسمّى **الأنزيمات Enzymes**. وبغياب الأنزيمات، تحدُث التفاعُلات الأيضية ببطء، أو لا تحدُث أبدًا. فالأنزيمات توفِّر حدوث التفاعُلات الأيضية بسرعة كافية للحفاظ على حياة الكائن الحي.

مصطلحات علمية

العامل الحفّاز Catalyst: مادة تزيد من سرعة تفاعُل كيميائي من دون أن تتغيَّر أثناء التفاعل.

الأنزيمات Enzymes: بروتينات تعمل كعوامِل حفّازة حيوية.

يتمُّ داخل القناة الهضمية مثلاً تفكيك الجُزيئات الكبيرة إلى جُزيئات صغيرة خلال عملية **الهضم Digestion** حيث تقوم الأنزيمات بتسريع هذه التفاعُلات. ويحتاج كل نوع من الطعام إلى أنزيم مختلف ليتم هضمه.

توجد هذه الأنزيمات في النباتات أيضًا. ففي البذور النابتة تهضم الأنزيمات الغذاء المخزون من أجل نمو البادرة. وتحتوي الكثير من البذور على مخزون من النشا. وعندما تتشرَّب البذرة الماء ينشط أنزيم الأميليز ويبدأ بتفكيك النشا إلى سُكَّر بسيط. يذوب السُّكَّر البسيط في الماء ويُنقل إلى الجنين في البذرة. فيقوم الجنين باستخدامه للحصول على الطاقة اللازمة للنموِّ.

وهناك مثال آخر على أنزيم يزيد من سرعة تفكيك المادَّة وهو **الكتاليز Catalase**. يعمل أنزيم الكتاليز داخل خلايا الإنسان ومعظم الكائنات الحية، من حيوانات ونباتات. فهو على سبيل المثال يعمل في خلايا الكبد وخلايا البطاطس ويُفكِّك بيروكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسجين. ولهذا التفاعُل أهميَّة بالغة، لأن بيروكسيد الهيدروجين هو مادّة تنتج عن العديد من التفاعُلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا. وهي مادة خطرة جدًّا ويجب تفكيكها على الفور.

ليست كلّ الأنزيمات تعمل على تفكيك جُزيئات المواد، بل إن الكثير منها يُسهم في تكوُّن جُزيئات كبيرة من الجُزيئات الصغيرة. ومن الأمثلة على هذا النوع من الأنزيمات أنزيم **فوسفوريليز phosphorylase** النشا الذي يقوم بتحفيز عملية بناء جُزيئات النشا من جُزيئات الجلوكوز داخل الخلايا النباتية.

تسمية الأنزيمات

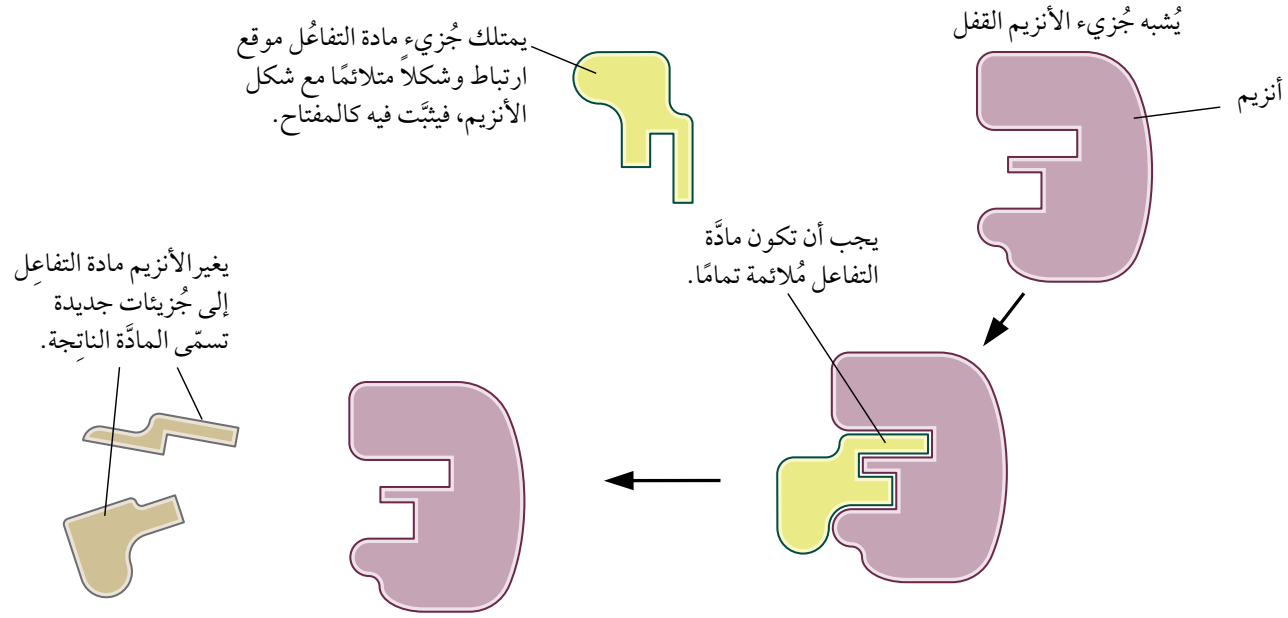
تُسمّى الأنزيمات بحسب التفاعُل الذي تُحفِّزه. فالأنزيمات التي تحفِّز تفكيك الكربوهيدرات مثلاً تُسمّى **الكربوهيدريز Carbohydrases**. وإذا كانت وظيفتها تفكيك البروتينات تُسمّى **البروتييز Proteases**. وتُسمّى **الليبيز Lipases** إذا كانت وظيفتها تفكيك الدهون. ويُطلق على الأنزيمات أحيانًا أسماء أكثر تحديدًا من ذلك. فأنزيم الكربوهيدريز الذي يُفكِّك النشا يُسمّى الأميليز، وأنزيم الكربوهيدريز الذي يُفكِّك المالتوز يُسمّى المالتيز. وأخيرًا يُطلق على الكربوهيدريز الذي يُفكِّك السكَّروز اسم السكَّريز. سوف تعرف المزيد عنها عندما تدرس الهضم.

كيف تعمل الأنزيمات

تتضمَّن دائمًا عملية التفاعُل الكيميائي تحوُّل مادَّة إلى مادة أخرى. وعندما تكون الأنزيمات هي المُتحكِّمة في هذا التفاعُل، فإنَّ المادة الموجودة في بداية التفاعُل تُسمّى **مادة التفاعُل Substrate**. أمّا المادة التي تنتج عن التفاعُل فتُسمّى **المادة الناتجة Product**. فمادّة التفاعُل في تفاعُل يحفِّزه أنزيم الكتاليز هي بيروكسيد الهيدروجين، والمادّتان الناتِجتان هما الأكسجين والماء.

$$\text{بيروكسيد الهيدروجين} \xrightarrow{\text{كتاليز}} \text{أكسجين} + \text{ماء}$$

يُبيِّن الشكل ٣-٧ كيف يجعل الأنزيم مادة التفاعُل تتفاعل. إذ يحتوي كل جُزيء من الأنزيم على تجويف له شكل مُحدَّد يُسمّى **الموقع النشط (الفعّال) Active site**. ويكون شكل هذا الموقع مُتمّمًا لشكل مادة التفاعُل، ولكل مادة تفاعُل **موقع ارتباط Binding site** ترتبط من خلاله بالأنزيم ويكون مُتلائِمًا معه، الأمر الذي يسمح لمادة التفاعُل أن



الشكل ٣ـ٧ كيفية عمل الأنزيم. وغالبًا ما يطلق على كيفية عمل الأنزيم بآلية القفل والمفتاح

تثبت في الموقع النشط للأنزيم، مُكوِّنة ما يُسمّى مُعقَّد (الأنزيم–مادة التفاعُل). عندما تثبت مادة التفاعُل بالموقع النشط من خلال موقع الارتباط، يجعلها الأنزيم تتفاعَل، بتفكُّكها إلى جُزءين أو أكثر.

تحتوي كل الأنزيمات على مواقع نشطة. ويكون الموقع النشط لكل أنزيم متلائمًا تمامًا مع موادّ التفاعل. وهذا يعني أن كل أنزيم يعمل على نوع مُحدَّد من مواد التفاعُل. فأنزيم الكتاليز مثلاً يستطيع تفكيك جُزيئات بيروكسيد الهيدروجين؛ ولكنَّه لا يستطيع تفكيك جُزيئات البروتين لأنها لا تتلاءم مع موقعه النشط.

وغالبًا ما يُطلَق على هذه الميزة تسمية آلية القفل والمفتاح. فكِّر في الأنزيم كأنه قفل، وبمادة التفاعُل معه وكأنها مفتاحه الذي يجب أن يتلاءم كليًا معه قبل حدوث أي شيء.

أسئلة

٣-١٥ ما المقصود بالعامل الحفّاز؟

٣-١٦ ماذا تُسمّى العوامل الحفّازة في داخل أجسام الكائنات الحية؟

٣-١٧ أي أنواع من التفاعُلات الكيميائية تحدث في أجسام الكائنات الحية وتتحكَّم فيها الأنزيمات؟

٣-١٨ اذكر اسم مادة تفاعُل ومادة ناتجة في تفاعُل ما.

خصائص الأنزيمات

١. **جميع الأنزيمات عبارة عن بروتينات.** قد يبدو هذا الأمر غريبًا إلى حد ما، لأن بعض الأنزيمات في الحقيقة تهضم البروتينات.

٢. **تفقد الأنزيمات نشاطها بسبب درجات الحرارة المرتفعة**، لأنها جُزيئات بروتينية تتلفها الحرارة.

٣. **تعمل الأنزيمات بالشكل الأمثل عند درجة حرارة معيَّنة.** ففي جسم الإنسان مثلاً، تعمل الأنزيمات بالشكل الأمثل عند درجة حرارة 37 °C تقريبًا (الشكل ٣–٨).

٤. **تعمل الأنزيمات بالشكل الأمثل عادة عند رقم هيدروجيني مُعيَّن (pH)**، وهو مقياس لدرجة حموضة أو قلوية (قاعدية) محلول معيَّن. تعمل بعض الأنزيمات بالشكل الأمثل في الظروف الحمضية (أي عند رقم هيدروجيني pH منخفض)، ويعمل بعضها الآخر بالشكل الأمثل في ظروف مُتعادلة أو قلوية (أي عند رقم هيدروجيني pH مرتفع) (الشكل ٣–٩).

٥. **الأنزيمات هي عوامل حفّازة**، لذلك لا تتغيَّر في التفاعُلات الكيميائية التي تتحكَّم فيها ويمكن إعادة استخدامها عدّة مرّات. لذلك تستطيع كميَّة قليلة من الأنزيم أن تحوِّل كمّية كبيرة من المادة المُتفاعِلة إلى مادة ناتجة.

٦. **الأنزيمات مُتخصِّصة**، أي إن كل نوع منها يُحفِّز نوعًا واحدًا من التفاعُلات الكيميائية.

نشاط ٣-٥

استقصاء تأثير أنزيم الكتاليز على بيروكسيد الهيدروجين

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**
• **احذر بيروكسيد الهيدروجين، فهو مادّة قوية تغيِّر من لون الجلد؛ فإذا لامست جلدك، اغسله بكمّيات كبيرة من الماء.**

يوجد أنزيم الكتاليز في جميع الخلايا الحيَّة تقريبًا. وهو يحفِّز التفاعل الآتي:

بيروكسيد الهيدروجين ← (الكتاليز) ماء + أكسجين

١ اقرأ التعليمات. حدِّد ما سوف تُلاحظه، وما سوف تقيسه، وارسم جدول نتائج.

٢ ضع 10mL من بيروكسيد الهيدروجين في كل أنبوبة من أنابيب الاختبار أو التسخين الخمس.

٣ أضف إلى كل من أنابيب الاختبار الخمس واحدًا من الآتي:

أ. قليلاً من البطاطس الطازجة المُقطَّعة
ب. قليلاً من البطاطس المُقطَّعة المسلوقة
ج. قليلاً من عصير الفاكهة
د. قطعة صغيرة من الكبد
هـ. قليلاً من مزيج الخميرة والماء

٤ أشعل عود خشب، وانفخ عليه لينطفئ مع إبقائه مُتوهِّجًا. أدخل العود المُتوهِّج بلطف وهدوء داخل الفقّاعات التي تظهر في كل أنبوبة.

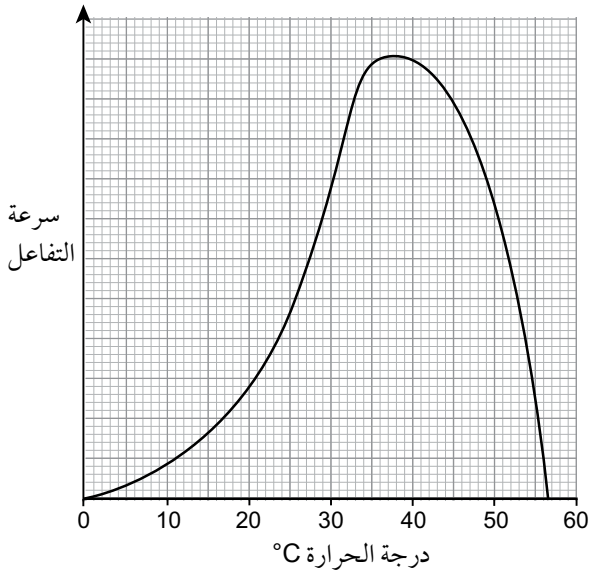
٥ سجِّل ملاحظاتك، واشرح كلًا منها بالتفصيل.

درجة الحرارة ونشاط الأنزيم

تزداد سرعة حدوث معظم التفاعُلات الكيميائية في ظل ارتفاع درجات الحرارة. ذلك أنّ الجُزيئات عند هذه الظروف تمتلك طاقة حركية أكبر، أي إنّها تتحرَّك بشكل أسرع، ما يؤدّي إلى تصادمها بصورة مُتكرِّرة. وهذا يعني أن درجات الحرارة المرتفعة تتيح فرصة أكبر لجُزيئات الأنزيم كي تصطدم بجُزيئات مادة التفاعُل، مما هي عليه في درجات الحرارة المُنخفضة. وبهذا تتصادم تلك الجُزيئات بقوَّة وطاقة أكبر ممّا يزيد من احتمالية حدوث التفاعُل.

ومن جهة أخرى، فإن درجات الحرارة المرتفعة تضرّ بالأنزيمات التي تبدأ بالتلف عند درجة حرارة 40 °C فما فوق. ومع ارتفاع درجة الحرارة أكثر، تبدأ جُزيئات الأنزيم بفقدان شكلها ولا يعود الموقع النشط مُتلائمًا مع مادة التفاعُل. ويقال آنذاك إن الأنزيم قد **أُتلف وتغيَّرت طبيعته** أي حدث له **مسخ Denatured**، ولا يعود قادرًا على تحفيز التفاعل الكيميائي.

يُطلق على درجة الحرارة التي يعمل عندها الأنزيم بأعلى سرعة اسم **درجة الحرارة المُثلى Optimum temperature**. وتتنوَّع درجات الحرارة المُثلى بتنوُّع الأنزيمات. فالأنزيمات التي تعمل في الجهاز الهضمي للإنسان تكون درجة الحرارة المثلى لها 37 °C (الشكل ٣-٨)؛ في حين أن الأنزيمات التي



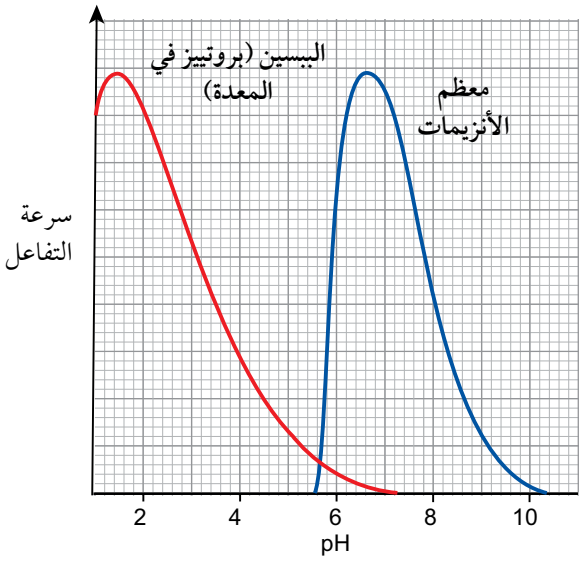
الشكل ٣-٨ تأثير درجة الحرارة على نشاط الأنزيم

تعمل في النباتات، تتراوح درجات الحرارة المثلى لها بين 28 °C و 30 °C. أمّا أنزيمات خلايا البكتيريا التي تعيش في الينابيع الحارّة، فتكون درجة الحرارة المثلى لها 75 °C.

الرقم الهيدروجيني (pH) ونشاط الأنزيم

يؤثّر الرقم الهيدروجيني لمحلول ما على شكل الأنزيم. وتكون معظم الأنزيمات في شكلها الطبيعي الصحيح عند pH = 7، أي عندما تكون مُتعادلة. وإذا أصبحت قيمة pH حامضية أو قاعدية إلى حد بعيد، تتغيَّر طبيعة تلك الأنزيمات وتتلف. هذا يعني أن الموقع النشط في الأنزيم لا يعود مُلائِمًا لمادة التفاعُل، ولا يستطيع بالتالي تحفيز حدوث هذا التفاعُل.

هناك أنزيمات لديها درجة pH مثلى غير درجة التعادُل. فأنزيم البروتييز الذي يعمل في معدة الإنسان له درجة pH مثلى قيمتها حوالى 2. ويرجع ذلك إلى وجود حمض الهيدروكلوريك في المعدة، وإن كان لهذا الأنزيم أن يعمل بصورة جيّدة، فلابدَّ أن يعمل عند درجات حموضة شديدة كهذه (الشكل ٣-٩).



الشكل ٣-٩ تأثير الرقم الهيدروجيني pH على نشاط الأنزيم

تذكَّرْ

لا تقل إن الأنزيمات «تقتلها» درجات الحرارة المُرتفعة، فهي مواد كيميائية وليست كائنات حية.

أسئلة

٣-١٩ ما المقصود بدرجة الحرارة المُثلى؟

٣-٢٠ ما درجة الحرارة المُثلى للأنزيم في الشكل ٣-٨؟

٣-٢١ لماذا تتلف جُزيئات الأنزيمات عند درجات الحرارة المرتفعة؟

نشاط ٣-٦

استقصاء تأثير الرقم الهيدروجيني pH على نشاط أنزيم الكتاليز

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- المُلاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

- **احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**
- **كُن حذرًا في التعامُل مع بيروكسيد الهيدروجين، فهو مادَّة قوية فإذا لامست جلدك، اغسله بكمّيات وفيرة من الماء.**

معروف أن الكتاليز أنزيم شائع يعمل على تحفيز تفاعل تفكيك مادّة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 التي توجد في جميع الخلايا الحيّة تقريبًا. وتعدُّ مادة بيروكسيد الهيدروجين مادة سامّة تتكوَّن في الخلايا. معادلة تفكيك تلك المادة هي كالآتي:

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

يتم تحديد سرعة حدوث هذا التفاعُل بحساب سرعة إنتاج غاز الأكسجين.

هناك طريقة بسيطة وغير مباشرة لقياس سرعة إنتاج غاز الأكسجين، هي غمر ورقة ترشيح صغيرة مُربَّعة الشكل بمحلول أنزيم الكتاليز، ثم وضعها في كأس تحتوي على محلول H_2O_2. سوف تغوص الورقة في البداية. ولكن، حالما يحدث التفاعُل، تتجمَّع فقّاعات الأكسجين على سطح الورقة، فتطفو.

ويُعدُّ الزمن الذي يمرّ منذ وضع الورقة في الكأس وحتى اللحظة التي تطفو فيها على السطح مقياسًا لسرعة التفاعل الكيميائي.

سوف تقوم في هذا الاستقصاء باختبار الفرضية الآتية:

يعمل أنزيم الكتاليز بالشكل الأمثل عند الرقم الهيدروجيني pH = 7 (مُتعادِل).

١ أحضر خمس كؤوس سعة كل منها 50 mL، واكتب على كل منها قيمة pH من المحاليل الخمسة التي ستستخدمها: 5.6، 6.2، 6.8، 7.4 و 8.0.

٢ قِس 5 mL من محلول 3 % بيروكسيد الهيدروجين وضع هذه الكمّية في كلّ من الكؤوس الخمسة.

٣ أضف 10 mL إلى كل كأس من المحلول المُنظِّم، الموافق لقيمة التسمية على الكأس.

٤ قصّ 20 قطعة مربّعة من ورق الترشيح بُعْدا كل منها 5 mm x 5 mm بالضبط. يمكنك بدلًا من ذلك استخدام مثقب ورق لقطع دوائر من ورق الترشيح، يكون لها كلها القياس نفسه تمامًا. تجنّب التعامل مع الورق بأصابعك، فقد تنقل إليه بعض الزيت. استخدم ملقطًا صغيرًا بدلًا من ذلك.

٥ حضِّر مُستخلصًا من أوراق نبات بوضعها في هاون وسحقها بالمدقّة. أضف إليها 25 mL من الماء، وامزجها جيّدًا.

٦ دع بقايا الأوراق تترسَّب، ثم اسكب السائل (مُستخلص الأوراق) في كأس. يحتوي هذا السائل على أنزيم الكتاليز.

٧ ارسم جدولًا للنتائج، كالجدول المُبيّن أعلى الجهة اليُمنى من الصفحة التالية.

٨ التقط مُربّعًا من ورق الترشيح بالملقط واغمسه في مُستخلص أوراق النباتات.

٩ تأكَّد من جاهزيتك لبدء التوقيت. ضع ورقة الترشيح المُربّعة، المُتشرِّبة بمستخلص أوراق النباتات، في قاع الكأس التي تحتوي على محلول H_2O_2 والمحلول المنظِّم ذي الرقم الهيدروجيني pH = 5.6. (لا تدعها تسقط إلى جانب الكأس) عند وضع الورقة المُربّعة في الكأس، ابدأ على الفور بتشغيل ساعة الإيقاف. وأوقفْها عندما تطفو الورقة بشكل أفقي على السطح.

١٠ سجِّل الزمن في جدولك، ثم كرِّر الخطوتين ٨ و٩ مرّتَين إضافيتَين.

١١ كرِّر الخطوات ٨–١٠ لكل قيمة من قيم pH الأخرى.

اسكب بعضًا من مُستخلَص أوراق النبات المُتبقّي في أنبوبة اختبار، واغلِه لمدة دقيقتين. ثمَّ برِّد الأنبوبة بماء الصنبور.

١٢ كرِّر الخطوات ٨–١٠ باستخدام المُستخلص المغلي.

احسب مُتوسِّط الزمن الذي قمت بقياسه لكل قيمة pH، وسجِّله في جدولك.

١٣ ارسم تمثيلاً بيانيًّا يُظهر الزمن الذي استغرقه الطفو لكل قيمة pH وقارنه بالتمثيل البياني في الشكل ٣–٩

	الزمن الذي استغرقته الورقة لتطفو، مقدّرًا (بالثواني/ S)				
pH	5.6	6.2	6.8	7.4	8.0
الاختبار ١					
الاختبار ٢					
الاختبار ٣					
المُتوسِّط					
المُستخلَص المغلي					

أسئلة

١ هل يمتلك أنزيم الكتاليز رقم pH أمثل؟ إذا كان كذلك، فما هي قيمته وفق نتائجك؟

٢ هل تدعم نتائج تجربتك الفرضية التي كنت تختبرها؟ فسِّر إجابتك.

٣ ما تأثير عملية الغلي على المُستخلَص؟

٤ لماذا يجب أن تكون أوراق الترشيح المُربّعة مُتساوية تمامًا في القياس؟

٥ عندما نجري تجارب في علم الأحياء، فإننا، وفي معظمها، لا نكون متأكّدين كثيرًا من أننا سنحصل على النتائج نفسها عندما نعيدها مرة أخرى. هناك دائمًا بعض المُحدِّدات بخصوص درجة موثوقية البيانات التي نقوم بجمعها. هل يمكنك التفكير في أي أسباب تفسِّر عدم التأكد من نتائجك؟ على سبيل المثال:

- هل يمكن أن تكون هناك أي مُتغيِّرات لم يتم ضبطها وربّما أثَّرت على النتائج؟
- هل كنت قادرًا على قياس الحجوم والأزمنة بالدقّة التي كنت تتوخّاها؟

نشاط ٣-٧

استقصاء تأثير درجة الحرارة على نشاط أنزيم الأميليز

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعَدّات
- المُلاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

الأميليز أنزيم موجود في اللعاب، ويقوم بهضم النشا (عن طريق ما يُسمّى التحلُّل المائي) إلى سُكَّر مُختزَل هو المالتوز.

١ خذ خمس أنابيب اختبار واكتب عليها التسميات من (أ) إلى (هـ)

٢ أضف إلى كل أنبوبة اختبار 5 mL من محلول النشا.

٣ خذ خمس أنابيب اختبار أخرى ورقِّمها من 1 إلى 5.

٤ أضف إلى كل أنبوبة اختبار من الأنابيب التي رقَّمتها 5 mL من محلول أنزيم الأميليز.

٥ ضع كل زوج من الأنابيب في بيئة مناسبة عند درجة حرارة مختلفة ودعْه لمُدّة 5 دقائق على الأقل. انسخ الجدول أدناه لتسجيل درجات الحرارة.

اللون مع اليود بعد مرور	أنبوبة الاختبار				
	أ / 1 (°C)	ب / 2 (°C)	ج / 3 (°C)	د / 4 (°C)	هـ / 5 (°C)
1 دقيقة					
2 دقيقة					
3 دقائق					
4 دقائق					
5 دقائق					
6 دقائق					
7 دقائق					
8 دقائق					
9 دقائق					
10 دقائق					

٦ أحضر 5 بلاطات بيضاء محفورة (ذات نقرة) وضع قطرة من محلول اليود في كل نقرة.

٧ اسكب محتويات الأنبوبة 1 في الأنبوبة (أ)، وهكذا لكل زوج من الأنابيب، واخلطها جيدًا. ابدأ بتشغيل ساعة الإيقاف.

٨ بعد دقيقة واحدة، اغمس ساقًا زجاجية في الأنبوبة (أ)، ثم اغمس طرف الساق الزجاجية في القطرة الأولى من محلول اليود. سجِّل اللون في الجدول. كرِّر مع الأنابيب الأربع الأخرى باستخدام ساق زجاجية نظيفة في كل مرّة.

٩ كرِّر الخطوة ٨ كل دقيقة ولمدة 10 دقائق.

أسئلة

١ اشرح سبب أهمّية أن تحتوي كل أنبوبة اختبار على الكمِّية نفسها من محلول النشا.

٢ وضِّح سبب ترك الأنابيب في درجة الحرارة الخاصّة بكل منها لمدة 5 دقائق على الأقلّ، قبل خلط أنبوبتَي الأميليز والنشا.

٣ **أ.** اشرح سبب تحوُّل محلول اليود إلى اللون الأسود أحيانًا.

ب. اشرح سبب بقاء لون محلول اليود في بعض الأحيان بُنّيًّا من دون أن يتغيَّر.

٤ في أي أنبوبة اختبار كان اختفاء النشا أسرع؟ لماذا حدث ذلك؟

٥ هل ظلّ النشا في إحدى الأنابيب حتى نهاية تجربتك؟ إذا كان الأمر كذلك، فلماذا حدث هذا؟

٦ يُحلِّل أنزيم الأميليز النشا لينتج سكَّر المالتوز. كيف تجري اختبارًا للكشف عن المالتوز؟

٧ صف بعض مصادر الخطأ في تجربتك، ثم اقترح إجراء تعديلات لكل منها لتحسين التجربة.

نشاط ٣-٨

استقصاء تأثير درجة الحرارة على نشاط أنزيم الكتاليز

المهارات

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم المُلاحظات والبيانات

⚠ **• احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**
• كُن حذرًا في التعامُل مع بيروكسيد الهيدروجين، فهو مادَّة قوية فإذا لامست جلدك، اغسله بكمّيات وفيرة من الماء.

سوف تقوم بالتخطيط لهذا الاستقصاء بنفسك.

يمكنك تغيير درجات الحرارة باستخدام حمّام مائي. قد يكون مُعلِّمك قادرًا على توفير حمّامات مائية يتمَّ التحكُّم بها كهربائيًّا. إذا لم تكن متوفرة، يمكنك إعداد حمام مائي بوضع كأس زجاجية كبيرة من الماء على حامل ثلاثي القوائم وشبكة تسخين فوق موقد بنزن. يمكنك إعداد حمّامات مائية بدرجات حرارة مُنخفضة باستخدام الثلج. سوف يرشدك مُعلِّمك كيف تقوم بذلك.

عند التخطيط للاستقصاء وقبل البدء بإجراء تجربتك، عليك مراعاة النقاط التالية والتفكير مليًّا بكل منها. فكِّر في كيفية إجراء تجربتك وخطواتها. وعند اكتمال الفكرة اكتبها على شكل نقاط كالنقاط التالية، ثم راجعها بدقّة، وإمعان، وأدخل عليها التعديلات المُناسبة لتحسينها. وعند اقتناعك بجاهزيتها للتطبيق أطلع مُعلِّمك عليها. لا تحاول إجراء تجربتك قبل مُوافقة مُعلِّمك على إجرائها.

- ما الفرضية التي ستختبرها؟
- ما المواد والأدوات والأجهزة التي ستحتاج إليها لإجراء تجربتك؟
- ما الذي ستقوم بتغييره في تجربتك؟ وكيف؟
- ما الذي ستُحافظ على ثباته في جميع الأنابيب أو الكؤوس في تجربتك؟ وكيف ستُحافظ على ثباته؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ وكيف؟ ومتى؟ هل ستقوم بأخذ عدد من القياسات وتحسب المتوسِّط الحسابي لها؟
- كيف ستقوم بتسجيل نتائجك؟ (يمكنك رسم جدول للنتائج مسبقًا ليكون جاهزًا لملئه).
- كيف ستعرض نتائجك؟ (يمكنك رسم محاور الرسم البياني الذي تخطِّط لرسمه مسبقًا).
- ماذا تتوقَّع أن تكون نتائجك إذا كانت الفرضية التي وضعتها صحيحة؟ (يمكنك رسم مُسودَّة لشكل التمثيل البياني الذي تعتقد أنك ستحصل عليه).

قم بتنفيذ تجربتك بعد موافقة مُعلِّمك على مُخطَّطك، وإذا ارتأيت عند بدء التنفيذ أنك مضطر إلى إجراء بعض التغييرات فلا تتردَّد. قم بذلك لأنه أمر جيد يعمد إليه معظم الباحثين العلميين. ولكن عليك أن تُسجِّل مُلاحظاتك على جميع التغييرات التي قد تجريها بعناية ودقّة. أخيرًا اكتب تجربتك بالطريقة المُعتادة مع ذكر الأمور الآتية:

- عنوان التجربة ونصّ الفرضية التي اختبرتها.
- رسم تخطيطي للجهاز الذي استخدمته ووصف كامل لطريقة إجراء التجربة.
- ما الذي ستقوم بتغييره في تجربتك؟ وكيف؟
- تصميم لجدول نتائج دقيق ومُرتَّب وُضعت عليه تسميات الأعمدة والصفوف بعناية ووضوح، بما في ذلك المتوسِّط الحسابي إذا قمتَ بأخذ عدة قياسات في التجربة.
- تمثيل بياني خطّي لنتائجك مُرتّب ودقيق، وُضعت عليه تسميات المحورَين السيني والصادي بوضوح.
- استنتاج تستخلص فيه إذا كانت النتائج التي حصلت عليها تدعم فرضيتك أو لا.
- تفسير نتائج التجربة.
- تقييم توضِّح فيه المصادر الرئيسية للخطأ التي تعتقد أنها ربما أثّرت على موثوقية البيانات التي قمت بجمعها وتدوينها.
- تقييم الطريقة التي استخدمتها لاختبار فرضيتك.

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- وظائف الماء في أجسام الكائنات الحية.
- تركيب الكربوهيدرات واستخداماتها وفوائدها، واختبار بندكت، واختبار اليود، للكشف عنها.
- تركيب الدهون واستخدامها وفوائدها، واختبار المُستحلَب الدهني بالإيثانول.
- تركيب البروتينات واستخدامها وفوائدها، واختبار بيوريت.
- كيف تعمل الأنزيمات كعوامل حفّازة حيوية.
- حول المواقع النشطة، ومواد التفاعُل والمواد الناتجة.
- لماذا تكون الأنزيمات مُتخصِّصة بنوع واحد من مواد التفاعُل لتتفاعل معها.
- كيف تُؤثِّر درجة الحرارة و pH على نشاط الأنزيم.
- لماذا تُؤثِّر درجة الحرارة و pH على نشاط الأنزيم.
- كيف يمكن استقصاء أثر درجة الحرارة و pH على نشاط الأنزيم.
- كيفية التخطيط والتنفيذ لاستقصاء حول نشاط الأنزيم.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أكمل الجدول الآتي:

الجُزيء الحيوي	العناصر التي يحتوي عليها	الوحدات الجُزيئية (أصغر جُزيء مُكوَّن)
كربوهيدرات		
دهون		
بروتينات		

٢ تحتاج الكائنات الحية إلى الماء.

أ. أعط ثلاثة أسباب تجعل الماء مُهمًّا للكائنات الحية.

ب. اكتب أمام كل من المواد الآتية إن كانت من الكربوهيدرات أو الدهون أو البروتينات. واكتب أيضًا إن كانت قابلة للذوبان أو غير قابلة للذوبان في الماء:

١. الجلوكوز

٢. زيت الفول السوداني

٣. الهيموجلوبين

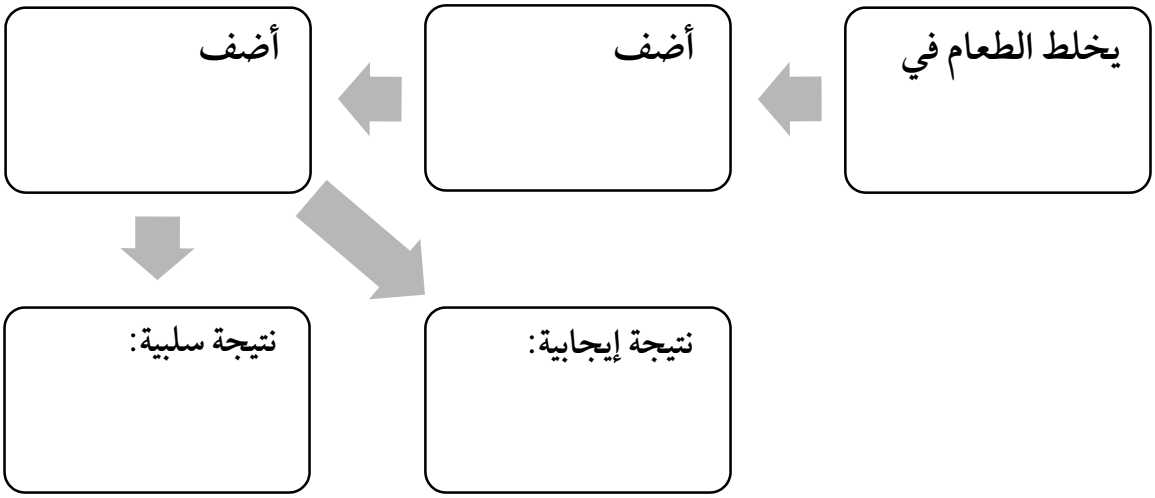
٣ أراد سلطان أن يعرف إن كان أحد المُنتجات الغذائية الجديدة يحتوي على الكربوهيدرات.

أ. اكتب طريقة لسلطان يتَّبعها لاختبار السكّريات المُختزَلة، وتأكَّد من إضافة إرشادات السلامة إليها.

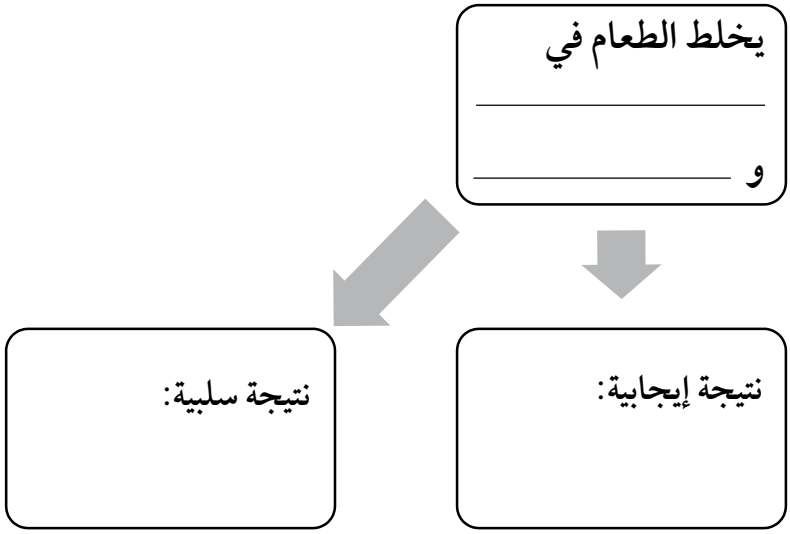
ب. وجد سلطان أن عيِّنة طعامه لا تحتوي على سُكَّريات مُختزَلة. هل يعني ذلك عدم وجود كربوهيدرات فيها؟ فسِّر إجابتك.

٤ انسخ المُخطَّطين الآتيَين لاختبار بيوريت واختبار المُستحلَب الدهني، ثمَّ أكملهما.

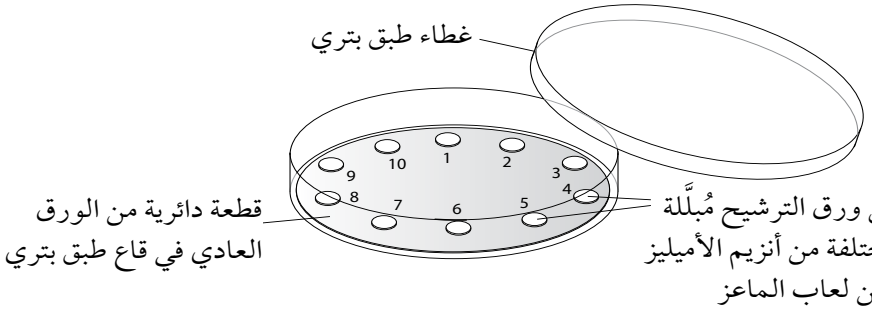
أ. اختبار البيوريت للكشف عن البروتين:



ب. اختبار المُستحلَب الدهني للكشف عن الدهون:



٥ أجرى بعض الطلاب تجربة على أنزيم الأميليز في لعاب الماعز. حيث بلَّلوا أقراصًا (قطعًا دائرية) صغيرة من قطع ورق الترشيح بعيّنات لُعاب الماعز المُستخلص من 100 ماعز. وضعوا قطعة دائرية من الورق العادي، صُبغت بمحلول اليود، في قاع طبق بتري، ثمَّ وضعوا عليها عشرة أقراص من ورق الترشيح المُبلَّل باللعاب كما هو موضَّح في الشكل أدناه. وكرّروا هذه التجربة عشر مرات.



أ. صبغ اليود الورقة العادية في قاع طبق بتري باللون الأزرق المائل إلى الأسود. على ماذا يدلّ ذلك؟
تحتوي أقراص ورق الترشيح على الأميليز المأخوذ من لعاب الماعز.

ب. ما نوعُ جُزيء الأميليز؟

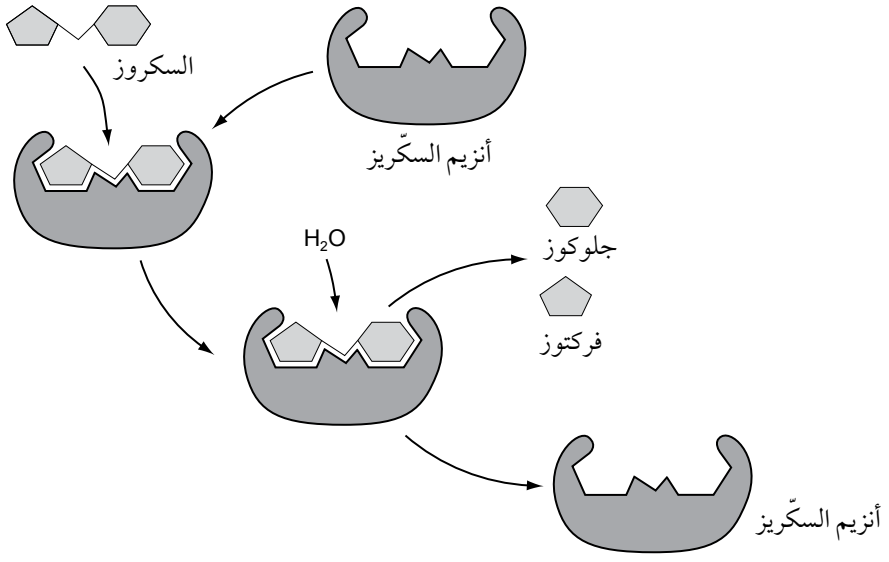
ج. فسِّر ما يحدث عندما يتلامس الأميليز مع الورقة.

استخدم الطلاب الملقط لرفع أقراص ورق الترشيح كل دقيقة، وسجّلوا إن كان اللون الأزرق المائل إلى الأسود قد اختفى. وتمَّ تسجيل نتائجهم في الجدول أدناه .

الزمن (دقيقة min)	عدد المساحات الجديدة التي حدث فيها تفاعل
1	14
2	28
3	18
4	12
5	6

د. استخدم بيانات الجدول ومثّلها بيانيًا لتُظهر الاختلافات في نشاط أنزيم الأميليز.

٦ يُوضِّح الرسم التخطيطي أدناه أنزيمًا يُفكِّك جُزيئًا.

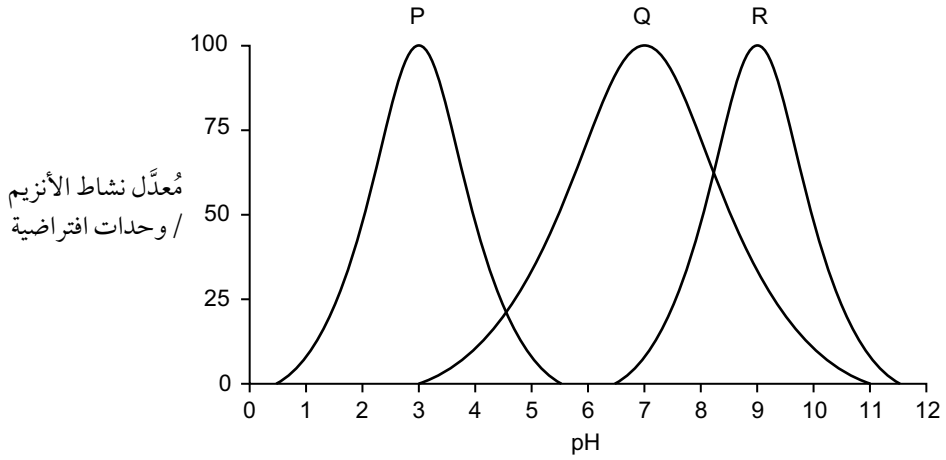


أ. صِل كلاً من الجُزيئات الآتية بنوع الجُزَيء الحيوي الذي يناسبه:

أنزيم السكّريز	مادة تفاعُل كربوهيدراتية
سكّروز	بروتين
فركتوز	مادة ناتجة كربوهيدراتية
جلوكوز	

ب. استخدم الرسم التخطيطي للأنزيم أعلاه لشرح ما يحدث خلال عمل الأنزيم. يتوجّب أن تستخدم مُصطلحات دقيقة علميًا.

ج. تم استخراج ثلاثة أنزيمات P، Q، R من القناة الهضمية لحيوان المها. وتم استقصاء تأثير الرقم الهيدروجيني على نشاط الأنزيمات عند درجة حرارة (40 °C)، ومُثّلت النتائج بيانيًا على الرسم أدناه.



١. تحتوي المعدة على أحماض يبلغ رقمها الهيدروجيني حوالي 3. اقترح أي أنزيم تم استخراجه من المعدة وفسِّر إجابتك.

٢. صف تأثير زيادة الرقم الهيدروجيني على معدَّل نشاط الأنزيم (R).

٣. اذكر ما سيحدث للأنزيم (R) إذا تم وضعه في أحماض المعدة.

٤. تستقصي التجربة السابقة الرقم الهيدروجيني ونشاط الأنزيم. ما الذي يؤثِّر أيضًا على نشاط الأنزيم؟

الوحدة الرابعة

التغذية في الإنسان Human nutrition

تغطّي هذه الوحدة:

- النظام الغذائي المُتوازِن.
- المواد الغذائية ومصادرها.
- احتياج الناس إلى كمّيات مختلفة من الطاقة في نظامهم الغذائي.

٤-١ النظام الغذائي

لا يستطيع الإنسان صنع غذائه بنفسه كما تفعل النباتات، فهو يتغذّى على الكائنات الحية الأخرى من نباتات وحيوانات.

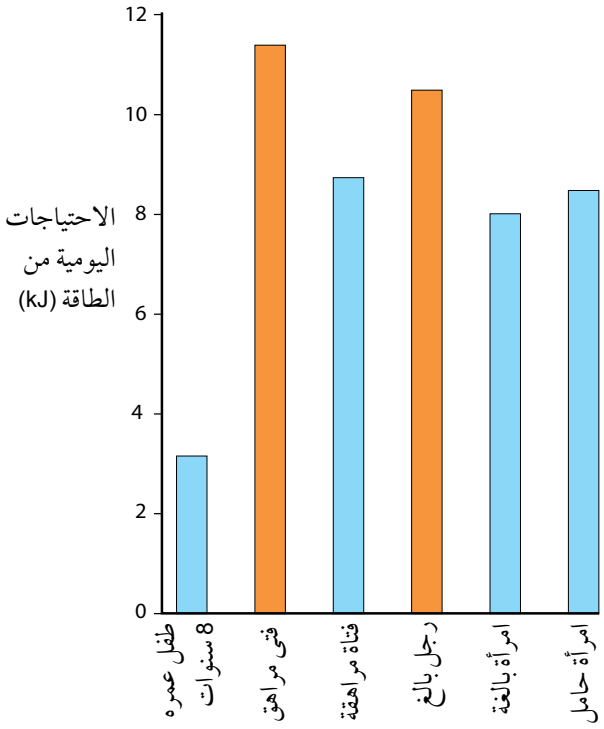
يُسمّى الطعام الذي يتناوله الإنسان كل يوم **بالنظام الغذائي Diet**. وهو يحتاج إلى أنواع مختلفة من المواد الغذائية في نظامه الغذائي، تشمل:

- الكربوهيدرات
- البروتينات
- الدهون
- الفيتامينات
- المعادن
- الماء

بالإضافة إلى ذلك، وللمحافظة على صحة القناة الهضمية، يحتاج كل من الإنسان والحيوان إلى تناول الألياف. يُعرَف النظام الغذائي الذي يحتوي على الأنواع المختلفة من المواد الغذائية وبالكمّيات والنسب الصحيحة، باسم **النظام الغذائي المُتوازِن Balanced Diet**.

احتياجات الطاقة

يستهلك الإنسان الطاقة بصورة يومية، وتعتمد كمّية هذه الطاقة المُستهلَكة على سنِّه وجنسه والعمل الذي يمارسه. ويُبيّن الشكل ٤–١ أمثلة على ذلك.



الشكل ٤ـ ١ الاحتياجات اليومية من الطاقة

ويشكِّل الطعام الذي تتناوله مصدر الطاقة التي يستهلكها جسمك يوميًّا. فإذا تناولت كمّيّة كبيرة من الطعام، يُخزِّن جسمك عادةً الكمّيّات الفائضة منه على شكل دهون. وإذا تناولت كمّيات قليلة منه، فقد لا تحصل منه على حاجتك من الطاقة ممّا يُسبِّب لك شعورًا بالتعب.

يحتوي كل نوع من الأطعمة على كمّية مُعيَّنة من الطاقة. وقد قام العلماء بحساب كمّية الطاقة التي توجد في أنواع مختلفة من الطعام، يتضمَّن الجدول ٤–١ أمثلة عليها. لا شك في أنك تتذكَّر أن الغرام الواحد من الدهون يحتوي على ضعف كمّية الطاقة التي يحتوي عليها الغرام الواحد من البروتينات أو الكربوهيدرات. ولهذا السبب عليك تجنُّب تناول الأطعمة المقلية بالزيت، إذا كنت قلقًا من ازدياد وزنك.

الطعام	كمّية الطاقة (kJ/100 g)
الفول السوداني المحمَّص	2364
الشوكولاتة	2214
البسكويت بالشوكولاتة	2197
البسكويت السادة	1925
الشوفان	1698
السكَّر	1682
جبنة الشيدر	1682
السباغيتي (المعكرونة)	1612
رقائق الذرة (الكورن فليكس)	1567
الأرز	1536
العدس	1293
البطاطس المقلية	1065
مُربّى البرتقال	1035
السمك (المجفَّف أو المملَّح)	1016
الكبد المقلية	1016
الخبز الأبيض	991
الخبز الأسمر	948
شرائح اللحم المطهوَّة	932
سمك السردين	906
المُثلّجات (البوظة)	698
البيض المسلوق	612
الدجاج المشوي	599
الكاسترد	496
اللبن أو الزبادي (بالفاكهة)	405
جبن القريش	402
الخوخ المُعلَّب	373
السمك (الطازج)	340
البطاطس المسلوقة	339
الموز	326
الحليب	272
الفاصوليا المطهوَّة	270
البازلّاء	161
البابايا	160
البرتقال	150
عصير الفواكه غير المُحلّى	143
الجزر	98
الشمّام	96
الملفوف	66
الطماطم	60
الخس	36

الجدول ٤ـ ١ كمّية الطاقة في أنواع مختلفة من الأطعمة

تذكَّرْ

الجول هو وحدة الطاقة. والسعرة الحرارية هي وحدة قياس أخرى للطاقة يمكن أن تجدها مُدوَّنة على أغلفة الطعام. كل سعرة حرارية تُعادل 4.2 جول.

قد يحتاج الشخص إلى تغيير نظامه الغذائي في أوقات مختلفة من حياته؛ فالمرأة الحامل مثلاً تحتاج إلى مزيد من الطعام يوميًّا خلال فترة الحمل، ويجب أن تحرص على احتواء نظامها الغذائي على المزيد من الكالسيوم والحديد، بهدف دعم البناء الصحيح لعظام طفلها وأسنانه ودمه. وسوف تحتاج إلى تناول المزيد من الطعام خلال فترة الرضاعة أيضًا. ويجد الكثير من الناس أن عليهم تقليل كمّيات الطعام التي يتناولونها عند دخولهم عقد الخمسينات أو الستينات من العمر، وذلك لأن سرعة عملية الأيض لديهم تُصبح بطيئة.

المواد الغذائية

تحتوي الأطعمة التي تتناولها في وجباتك اليومية على **مواد غذائية Nutrients** تمدُّك بالطاقة الضرورية لاستمرار حياتك وبناء جسمك. والمواد الغذائية هي: الكربوهيدرات والدهون والبروتينات، بالإضافة إلى الفيتامينات والمعادن والألياف والماء. وحتى يصبح نظامك الغذائي متوازنًا، يجب أن يحتوي على جميع هذه المواد. وإذا لم يحتوِ نظامك الغذائي على جميع المواد الغذائية، فلن يتمكَّن جسمك من العمل بشكل صحيح. للمُحافظة على صحَّة جيدة، يتطلّب النظام الغذائي المُتوازِن وجود جميع هذه المواد الغذائية بكمّيات وبنسب صحيحة. بالإضافة إلى ذلك، يحتاج الجسم إلى مادة تُسمّى الألياف، والتي تدخل الجسم من خلال القناة الهضمية من دون أن تُهضم. فالألياف لا تُشكِّل مادة غذائية بحدّ ذاتها، ولكنها ضرورية للحفاظ على صحَّة الجهاز الهضمي.

درست من قبل تركيب جُزيئات الكربوهيدرات والدهون والبروتينات وأهمّيتها في جسمك، وقد جرى شرحها في الموضوعات من ٣-٢ إلى ٣-٤. وتُبيِّن الصور ٤-١، ٤-٢، ٤-٣، ٤-٤، الأطعمة التي تعدُّ مصادر جيدة لتلك المواد الغذائية. يُعدّ الماء أيضًا من المواد الغذائية الأساسية. ويمكنك معرفة المزيد عن كيفية استخدام الجسم له من خلال مراجعة الموضوع ٣-١. وكذلك مراجعة الأجزاء المتعلقة بالجُزيئات الحيوية الواردة في الوحدة الثالثة لفهم كامل لوظائف تلك المواد الغذائية في الجسم.

الصورة ٤ـ ١ مصادر جيدة للكربوهيدرات

الصورة ٤ـ ٢ مصادر جيّدة للدهون

الصورة ٤ـ ٣ مصادر جيّدة للبروتينات

الصورة ٤ـ ٤ مصادر جيّدة للألياف

الفيتامينات

الفيتامينات Vitamins موادّ عضوية يحتاج إليها جسمك بكمّيات قليلة جدًّا. فإذا لم يحصل مثلاً على كمّية كافية من فيتامين مُعيَّن، فقد تصاب بمرض ناتج عن **نقص التغذية Deficiency**، سببه نقص ذلك الفيتامين. يعرض الجدول ٤-٢ بعض المعلومات عن فيتامين ج (C) وفيتامين د (D).

الفيتامين	الأطعمة التي تحتوي عليه	سبب حاجة جسمك إليه	المرض الناتج عن نقصه
ج (C)	الحمضيات (مثل البرتقال والليمون) والخضراوات النيئة (غير المطبوخة)	صنع بروتين الكولاجين، والموجود في الجلد والأنسجة الأخرى؛ والحفاظ على صحّة الأنسجة وترميمها	داء **الإسقربوط Scurvy** الذي يسبِّب آلامًا في المفاصل والعضلات، ونزف اللثة وأماكن أخرى من الجسم. شاع هذا المرض لدى البحّارة الذين لم تكن الخضراوات الطازجة متوفرة لديهم، طوال فترة سفرهم الطويلة في البحر
د (D)	الزبدة، صفار البيض، (ويمكن أن يقوم الجلد بصنعه لدى تعرُّضه لضوء الشمس)	المُساعدَة على امتصاص الكالسيوم الضروري لبناء العظام والأسنان	مرض **الكساح Rickets** الذي يتسبَّب في ليونة العظام وتشوّهها. شاع هذا المرض بين الأطفال الصغار السن في المناطق الصناعية، حيث كان من النادر خروجهم وتعرُّضهم للشمس

الجدول ٤ـ ٢ الفيتامينات

نشاط ٤-١

الكشف عن وجود فيتامين ج (C) في الطعام

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- تقييم الطرق والاستراتيجيات

⚠ • **احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**
• **اغسل جيّدًا بالماء أية موادّ مُنسَكِبة.**

يستخدم اختبار الدايكلوروفينول أندوفينول DCPIP (2,6-DiChloroPhenolIndoPhenol) للكشف عن وجود فيتامين ج (C) في الطعام. يكون اللون الطبيعي لمحلولDCPIP أزرق، ويسبب وجود فيتامين ج (C) في محلول DCPIP فقدانه للونه، ليصبح عديم اللون (شفّافًا).

قم بداية بإجراء الاختبار:

١ قس كمّية مقدارها 2 mL من محلول DCPIP، وضعْها في أنبوبة اختبار نظيفة.

٢ استخدم قطّارة لإضافة عصير الليمون قطرة قطرة إلى محلول DCPIP في الأنبوبة. قم بعدّ القطرات التي تحتاج إلى إضافتها، قبل أن يفقد محلول DCPIP لونه.

يمكنك استخدام هذا الاختبار لمُقارنة تركيز فيتامين ج (C) في سوائل مختلفة. وكلما قلّت كمّية السائل الذي تضيفه إلى محلول DCPIP حتى يفقد لونه، كان تركيز فيتامين ج (C) في هذا السائل أكبر.

٣ خطِّط لتجربة ونفّذها لاختبار واحدة من الفرضيات الآتية:

أ. يحتوي عصير الليمون الطازج على كمّية أكبر من فيتامين ج (C) مقارنة بالأنواع الأخرى من عصير الليمون.

ب. يحتوي كل غرام من البطاطس النيئة (غير المطبوخة) على كمّية فيتامين ج (C) أكبر مما يحتوي عليه غرام واحد من البطاطس المسلوقة أو المشوية.

ج. تجميد الخضراوات أو عصائر الفواكه يُقلِّل محتواها من فيتامين ج (C).

د. تخزين الخضراوات في الثلّاجة يُحافظ على كمّية أكبر من فيتامين ج (C) فيها مُقارنة بتخزينها في درجة حرارة الغرفة.

المعادن

المعادن Minerals موادّ غير عضوية يحتاج إليها الجسم بكمّيات قليلة جدًّا. ويُبيّن الجدول ٤-٣ اثنين من أهم المعادن لجسمك، وهما الكالسيوم والحديد.

المعدن	الأطعمة التي تحتوي عليه	سبب حاجة جسمك إليه	المرض الناتج عن نقصه
الكالسيوم	الحليب ومشتقّاته، الخبز	بناء العظام والأسنان؛ والمُساعدة على تخثُّر الدم	هشاشة العظام والأسنان؛ ضعف تخثُّر الدم
الحديد	الكبد، اللحوم الحمراء، صفار البيض، الخضراوات الخضراء الداكنة	صُنع بروتين الهيموجلوبين أي الصبغة الحمراء في الدم التي تحمل الأكسجين	فقر الدم: حالة مرضية لا يحتوي الدم فيها على عدد كافٍ من خلايا الدم الحمراء، وبذلك لا تصل إلى الأنسجة كمّيات كافية من الأكسجين

الجدول ٤-٣ المعادن

الألياف

تساهم الألياف في المُحافظة على صحّة القناة الهضمية لكي تقوم بعملها بطريقة صحيحة. فالطعام يتحرَّك عبر القناة الهضمية بفعل مجموعة متتالية من الانقباضات والانبساطات تقوم بها عضلات القناة الهضمية وتدفع الطعام عبرها، في عملية تُسمّى الحركة الدودية. تُستثار تلك العضلات لفعل ذلك عندما تحتوي القناة الهضمية على الطعام. وفي حين أن الطعام الليّن لا يستثير هذه العضلات كثيرًا، فإنها تعمل بقوة أكبر عندما يكون في القناة الهضمية طعام أكثر صلابة وأقلّ قابلية للهضم، مثل **الألياف Fibres** التي تُساعد الجهاز الهضمي لكي يعمل بصورة جيدة ويساهم في منع حدوث حالة الإمساك.

تحتوي جميع الأطعمة النباتية، مثل الفواكه والخضراوات، على كمّيات مُتفاوتة من الألياف، الصورة ٤-٤. وسبب ذلك أن جدران الخلايا النباتية تحتوي على السليلوز الذي لا يمكن هضمه بواسطة الجهاز الهضمي عند الإنسان.

ومن الأمثلة الشائعة على المصادر الغنية بالألياف، النخالة وهي القشور الخارجية للحبوب مثل الشوفان والقمح والشعير. وتتوفَّر بعض هذه القشور في الخبز المصنوع من دقيق القمح الكامل (الطحين أو الدقيق الأسمر). ويُعدُّ الأرز البنّي أو الأرزّ غير المقشور مصدرًا جيدًا للألياف.

الدهون وأمراض القلب

يُطلق على الدهون الموجودة في المصادر الحيوانية اسم الدهون المُشبَعة، وهي تحتوي كذلك على الكوليسترول. وتشير بعض الدراسات إلى أن الأشخاص الذين يكثرون من تناول الدهون المُشبَعة والكوليسترول في طعامهم يكونون أكثر عرضة للإصابة بأمراض القلب، مُقارَنة بالأشخاص الذين لا يكثرون تناولهما. يُعزى هذا الأمر إلى تراكُم رواسب من الدهون على الأسطح الداخلية لجدران الشرايين، مما يجعلها أكثر صلابة وأقلّ اتِّساعًا. وإذا حدث هذا الأمر للشرايين التاجية التي تُزوِّد عضلة القلب بالدم، فلن تتمكّن كمّيات كافية من الدم من الوصول إلى القلب. وسوف تواجه عضلة القلب عندها نقصًا في كمّية الأكسجين التي تصلها، ولن تتمكَّن من العمل بشكل طبيعي. تُسمّى هذه الحالة **مرض القلب التاجي Coronary heart disease**. ويمكن أن تُسبِّب رواسب الدهون حدوث تخثُّر دموي (جلطة) تؤدّي إلى إصابة الشخص بنوبة قلبية.

يحتوي الحليب ومُشتقّاته، مثل الكريمة والزبدة والجبنة وكذلك اللحوم الحمراء والبيض، على كمّيات كبيرة من الدهون المُشبَعة. بينما تُعدُّ الزيوت النباتية، في العادة، دهون غير مُشبَعة. فهذه الزيوت والزيوت المأخوذة من

السمك، تُقلِّل من خطر الإصابة بأمراض القلب. لذلك يُنصَح باستخدامها بدلًا من الدهون الحيوانية كلّما أمكن ذلك. ويفَضّل أيضًا استخدام الزيوت النباتية في قلي الطعام بدلًا من الزبدة أو الشحوم.

وبما أن لحم السمك واللحوم البيضاء مثل لحم الدجاج لا تحتوي على الكثير من الدهون المُشبعة، فإنّ تناول كمّيات أكبر منها والتقليل من اللحوم الحمراء يُساهم في تقليل خطر الإصابة بأمراض القلب.

نشاط ٤-٢

مقارنة محتوى الطاقة لنوعَين من الطعام.

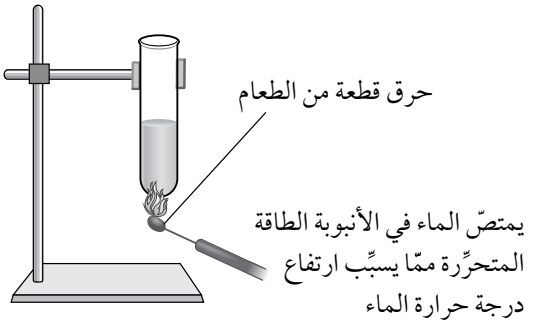
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات
- تقييم الطرق والاستراتيجيات

⚠ • **احرص على حماية عينيك بوضع النظّارة الواقية.**

أنت تعلم أن الطعام الذي نتناوله يحتوي على طاقة مُخزَّنة، وأننا نحوِّل هذه الطاقة إلى طاقة حرارية عن طريق حرق الطعام. ويمكننا قياس كمّية الطاقة الحرارية الناتجة عن حرق الطعام من خلال قياس التغيُّر في درجة الحرارة لحجم مُعيَّن من الماء.

يوضِّح الرسم التخطيطي الآتي الجهاز الذي يمكنك استخدامه لهذا الغرض. سوف تحتاج أيضًا إلى ميزان حرارة وميزان إلكتروني لقياس الكتلة.



ولكي تتمكَّن من حساب الطاقة المُتحرِّرة من الطعام عند حرقه، عليك معرفة ما يلي:

- كتلة الماء في الأنبوبة.
- درجة حرارة الماء في الأنبوبة عند البدء بالتجربة (درجة الحرارة الابتدائية).
- درجة حرارة الماء في الأنبوبة عند انتهاء التجربة (درجة الحرارة النهائية).

يمكنك بعد ذلك حساب كمّية الطاقة الحرارية التي امتصّها الماء باستخدام المعادلة الآتية:

كمّية الطاقة الحرارية بالجول (J) = كتلة الماء X السعة الحرارية النوعية للماء X التغيُّر في درجة الحرارة

$Q = mc\Delta T$

Q: كمّية الطاقة الحرارية

m: كتلة الماء

c: السعة الحرارية النوعية للماء

ΔT: مقدار التغيُّر في درجة الحرارة

تتمثَّل مُهمّتك في تصميم استقصاء وتنفيذه لمُقارنة كمّية الطاقة الحرارية المُختزنة في نوعَين من الطعام. ويمكن استخدام هذه الأطعمة: الفشار العادي والفشار المنقوع بالزيت، أو اللوز والكاجو أو الفول السوداني. سوف يقترح مُعلِّمك الطعام الذي يمكنك استخدامه.

١ ضع فرضية تتوقَّع بها أيٌّ من نوعَي الطعام يحتوي على طاقة أكثر، استخدم معرفتك وفهمك لكي تشرح فرضيتك.

٢ ضع خطّة لتنفيذ استقصائك، وأطلع معلِّمك عليها. لا تحاول إجراء تجربتك قبل أن يُوافق مُعلِّمك على إجرائها.

- ما الجهاز والمواد والأدوات التي تعتقد أنك ستحتاج إليها لإجراء تجربتك؟ وضِّح خياراتك.
- ما مخاطر السلامة المُحتملة؟ ستحتاج إلى تحديد المخاطر وتقييمها في تجربتك واتخاذ احتياطات السلامة المناسبة لتبقى آمنًا طوال الوقت.
- ما العوامل التي ستُغيِّرها في تجربتك؟ كيف ستقوم بتغييرها؟
- ما العوامل التي ستُحافظ على ثباتها في تجربتك؟ كيف ستحقِّق ذلك؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ كيف؟ ومتى؟ هل ستكرِّر القياسات وتحسب المتوسِّط الحسابي لها؟ اشرح لماذا ستُعطيك خياراتك مدى مُناسِبًا من النتائج.

- كيف ستسجِّل نتائجك؟ (يمكنك تصميم جدول نتائج يكون جاهزًا لملئه).
- كيف ستستخدم نتائجك لحساب كميّة الطاقة المُختزَنة في الطعام؟
- ماذا تتوقَّع أن تكون نتائجك إذا كانت الفرضية التي وضعتها صحيحة؟

٣ اكتب تفاصيل تجربتك مع ذكر الأمور التالية:

- عنوان التجربة ونص الفرضية التي قمت باختبارها.
- رسم تخطيطي للجهاز الذي استخدمته، ووصف كامل لطريقة إجراء التجربة.
- تصميم جدول نتائج دقيق ومُرتَّب وُضعت عليه تسميات الأعمدة والصفوف بعناية ووضوح، على أن يتضمَّن كتابة المتوسِّط الحسابي للقراءات، إذا قمت بأخذ عدة قياسات في تكرار التجربة.
- استنتاج تبيِّن فيه إن كانت النتائج التي حصلت عليها تدعم فرضيتك أم لا.
- تفسير نتائج التجربة.
- مصادر الخطأ في التجربة والتي تعتقد أنها أثَّرت على نتائج تجربتك مع توضيح كيف أثَّرت.

أسئلة

٤-١ يحتوي النظام الغذائي المُتوازِن على المواد الغذائية الآتية:

الكربوهيدرات **الدهون** **البروتينات**

الفيتامينات **المعادن** **الماء**

أ. أي من تلك المواد الغذائية تزوِّد الكائن الحي بالطاقة؟

ب. ما دور الألياف في نظامك الغذائي؟

٤-٢ ما المقصود بمرض القلب التاجي؟

٤-٢ السُّمنة وسوء التغذية

السُّمنة

يتعرَّض الأشخاص لزيادة الوزن عندما يتناولون أغذية غنية بالطاقة أكثر من مُعدَّل استهلاكهم. وتُسمّى الزيادة الكبيرة في الوزن **السُّمنة Obesity**، الصورة ٤-٥. ومن المعروف أن للسُّمنة آثارًا خطيرة على الصحة؛ فالأشخاص الذين يعانون من السمنة يكونون أكثر عرضة للإصابة بأمراض القلب، والسكتات الدماغية ومرض السكَّري. كما أن الوزن الزائد يتسبَّب في مشكلات للمفاصل وبخاصة مفاصل الركب.

يستطيع معظم الأشخاص أن يتحكَّموا بأوزانهم وذلك بتناول وجبات غذائية عادية ومتوازنة، وأن يمارسوا التمارين الرياضية بانتظام. ولا تُعدّ الحميات الغذائية والسريعة فكرة جيدة سوى للأشخاص الذين يعانون من الإفراط في الوزن. ومع أن أولئك الأشخاص قد يفقدون الكثير من الوزن سريعًا، إلا أنهم على الأغلب سوف يستعيدونه بمجرَّد التوقُّف عن حميتهم الغذائية القاسية.

الصورة ٤ـ٥ عندما يكون الشخص مفرط الوزن أو سمينًا، فإنَّ ذلك يُعرِّضه لمشكلات خطيرة. فقد وُجد أن زيادة الوزن حول منطقة الخصر ترتبط بأمراض القلب

المجاعة وسوء التغذية

حين عمّ الجفاف بعض المناطق في قارة أفريقيا، لسنوات عدَّة، لم تعد المحاصيل الزراعية تكفي لتوفير الطعام لجميع الناس. وعلى الرغم من تقديم المساعدات من الدول الأخرى، فقد تسبَّبت المجاعة في موت الكثير من الناس. وحتى لو توافرت كمّيات كافية من الطعام للمحافظة على حياة الناس وحمايتهم من الموت، فإن الكثيرين منهم سوف يعانون من **سوء التغذية Malnutrition**.

ينتج سوء التغذية عن عدم تناول الشخص نظامًا غذائيًّا مُتوازنًا. ومن الأشكال الشائعة والخطيرة لسوء التغذية مرض **الكواشيوركور Kwashiorkor** الصورة ٤-٦، الذي ينتج عن نقص كمّية البروتينات في الطعام. هذا المرض يكثر بين الأطفال من سن التسعة أشهر وحتى السنتين، أي بعد توقُّفهم عن الرضاعة. ينتج مرض الكواشيوركور غالبًا عن الفقر، لأن القائمين على رعاية الطفل إما غير قادرين على توفير طعام غني بالبروتينات لإطعام الطفل، وإمّا لعدم معرفتهم بأنواع الأطعمة المُناسبة التي يجب تناولها. وعلى الدوام يُعاني الأطفال الذين يصابون بمرض الكواشيوركور من نقص في الوزن قياسًا على أعمارهم. ومع ذلك يمكن أن تظهر عليهم في كثير من الأحيان بوادر زيادة في الوزن أو السمنة، لأن أجسامهم تحتفظ بالماء، ما يُسبِّب لهم الانتفاخ. وذلك لأنَّ النقص الشديد للبروتينات في نظامهم الغذائي يؤثِّر على كيفية حدوث عملية الأسموزيَّة في القناة الهضمية. وإذا أُخضِعوا لنظام غذائي غني بالبروتين، فإنهم يعودون إلى النمو بشكل طبيعي مرة أخرى.

الصورة ٤-٦ الولد الأكبر عمرًا نحيف ومع ذلك له بطن منتفخ، وهذا يشير إلى أنه يعاني من مرض الكواشيوركور. التُقطت هذه الصورة في مخيم للاجئين في إحدى الدول الأفريقية

قد يُسبِّب نقص البروتين والطاقة نوعًا آخر من سوء التغذية يُسمّى **الهُزال الشديد Marasmus**. يكون وزن الطفل المُصاب بالهُزال الشديد أقلّ بكثير من الوزن الطبيعي. وهو يبدو نحيلًا وهزيلاً، لأن جسمه يستهلِك مخزون الدهون فيه من أجل الحصول على الطاقة. يتضمَّن علاج هذه الحالة اتِّباع نظام غذائي خاصّ يتميَّز بزيادة نسبة الدهون والبروتين فيه.

> **تذكَّرْ**
>
> أنّ سوء التغذية قد ينتج عن احتواء نظامك الغذائي على كمّيات كبيرة من مادّة غذائية معينة، كتناول كمّيات كبيرة جدًّا من الدهون، مما يؤدّي إلى السمنة.

أسئلة

٤-٣ اذكر **ثلاث** مشكلات صحّية مُرتبطة بالسمنة.

٤-٤ ما الفرق بين المجاعة وسوء التغذية؟

٤-٥ ما المقصود بالمرض الناتج عن نقص التغذية؟

٤-٦ اذكر **مثالَين** على مرضين ناتجين عن نقص التغذية.

مُلخَص

ما يجب أن تعرفه:

- تختلف الانظمة الغذائية المتوازنة باختلاف الناس.
- كيف يؤثِّر نظام غذائي سيّئ في الصحة، بما في ذلك المجاعة والسمنة ومرض القلب التاجي.
- أسباب سوء التغذية الناجم عن نقص في البروتينات والطاقة، وآثاره.

أسئلة نهاية الوحدة

١ انسخ الجدول التالي وأكمله.

المواد الغذائيّة	أعطِ مثالاً واحدًا على أهمّية المادة الغذائية للإنسان	أعطِ مثالاً واحدًا على مصدر جيد للمادّة الغذائية
الكربوهيدرات		
الدهون		
البروتينات		
الماء		

٢ يفحص الطبيب عددًا من المرضى الذين لديهم مُتطلَّبات غذائية مختلفة.

أ. ما النصيحة الغذائية التي يمكن أن يقدِّمها الطبيب إلى المرأة الحامل؟

ب. يشكّ الطبيب في أن طفلًا يعاني من سوء التغذية، لكنه غير متأكِّد من نوعه. اذكر نوعَين من سوء التغذية، ثم صف أعراضهما عند الطفل، واذكر النصائح الغذائية التي يجب تقديمها.

٣ وجُد المُلصق التالي على عُبوة مشروب غازي.

Nutrition Facts		**حقائق غذائيَّة**
1 Serving Per Container **Serving Size**	**1 Can**	حصة واحدة لكل عبوة **العبوة الواحدة**
Amount Per Serving Calories	140	الكمّية لكل حصَّة سعرات حرارية
	***Daily Value %** ***القيمة اليومية %**	
Total Fat 0 g	0%	**إجمالي الدهون** 0 g
Sodium 45 mg	2%	**صوديوم** 45 mg
Total Carbohydrate 39 g	14%	**إجمالي الكربوهيدرات** 39 g
Total Sugars 39 g		إجمالي السكّريات 39 g
Includes Added Sugars 39 g	78%	تتضمَّن 39 g سكّريات مُضافة
Cholesterol 0 mg	0%	**كوليسترول** 0 mg
Protein 0 g		**بروتين** 0 g
Vitamin D	0%	فيتامين د (D)
Calcium	0%	كالسيوم
*https://www.coca-colaproductfacts.com/en/products/coca-cola/original/12-oz		

أ. يشعر كثير من الناس بالقلق حيال استهلاكهم الكثير من السكّر. بالعودة إلى الملصق أعلاه، هل تجد أن هذا المشروب مناسب لمن يريد تقليل استهلاكه للسكَّر؟ فسِّر إجابتك.

ب. بدلًا من تناول المشروبات الغازية، يمكنك تناول عصير البرتقال. فيما يلي المعلومات الغذائية لعصير البرتقال.

1 cup (248 g)					كوب واحد (248 g)
Calories 111					**سعرات حرارية** 111
			Daily Value %		
			القيمة اليومية %		
Total Fats 0.5 g			0%		إجمالي الدهون 0.5 g
Saturated fats 0.1 g			0%		دهون مُشبعة 0.1 g
Polyunsaturated fats 0.1 g					دهون غير مُشبعة مُتعدِّدة 0.1 g
Monounsaturated fats 0.1 g					دهون غير مُشبعة أحادية 0.1 g
Cholesterol 0 mg			0%		**كوليسترول** 0 mg
Sodium 2.5 mg			0%		**صوديوم** 2.5 mg
Potassium 496 mg			14%		**بوتاسيوم** 496 mg
Total Carbohydrate 26 g			8%		**إجمالي الكربوهيدرات** 26 g
Dietary fiber 0.5 g			2%		ألياف غذائية 0.5 g
Sugar 21 g					سُكَّر 21 g
Protein 1.7 g			3%		**بروتين** 1.7 g
Vitamin A	9%	Vitamin C	206%	فيتامين ج (C)	9% فيتامين أ (A)
Calcium	2%	Iron	2%	حديد	2% كالسيوم
Vitamin D	0%	Vitamin B-6	5%	فيتامين ب– (B-6)	0% فيتامين د (D)
Cobalamin	0%	Magnesium	6%	ماغنيسيوم	0% فيتامين ب 12 (B12)

١. أي مادة غذائية يعدُّ عصير البرتقال مصدرًا غنيًّا بها؟
٢. اكتب طريقتين تُستخدم فيهما هذه المادة الغذائية في الجسم.
٣. ماذا ينتج عن نقص هذه المادة الغذائية؟
٤. قارن بين عصير البرتقال والمشروب الغازي من حيث محتوى السكَّر.

٤ اقرأ المقدمة التالية لمقالة من الإنترنت:

الخبز الصحّي

الخبز غذاء أساسي في العديد من الأنظمة الغذائية في العالم من خبز التوست وخبز التنور، إلى خبز السمون والخبز العُماني الذي نأكله، فلكل ثقافة طعام أساسه الطحين، خاص بها. ولكن ما مدى فائدة الخبز الذي نأكله؟ نحن نحاول معرفة محتوى الألياف في الأنواع الشائعة من الخبز لمعرفة كيفية مُقارنته.

قطعة من خبز السمّون الأبيض، (2.6 g)
قطعة من خبز التنّور الكامل، (4.5 g)
قطعتان من الخبز العُماني، (2 g)
شريحتان من الخبز الأسمر (2 g)
شريحتان من خبز التوست الكامل (5 g)

أ. ما أهمّية الألياف في جسم الإنسان؟

ب. مثِّل بالأعمدة البيانية المعلومات المُشار إليها في المقالة السابقة.

ج. اكتب استنتاجًا مُختصرًا للمقالة.

٥ نُشرت المعلومات التالية على موقع طُبّي:

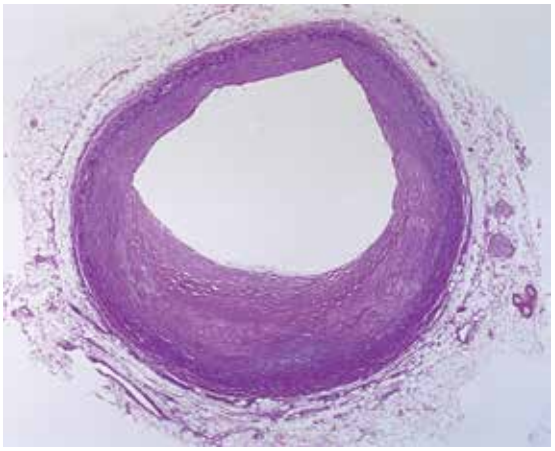
> قد ترغب النساء الحوامل والمُرضعات في تناول مُكمِّل غذائي يحتوي على (10 micrograms) من فيتامين د (D) كل يوم.
>
> خلال أشهر الصيف، يُحتمل أن يحصل معظم الناس على ما يكفي من فيتامين د (D). لذلك قد تختار عدم تناول مكمِّل فيتامين د (D) خلال تلك الأشهر.
>
> يمكنك الحصول على جميع الفيتامينات والمعادن الأخرى التي تلزمك باتّباع نظام غذائي متنوِّع ومُتوازن.

أ. اذكر مصدَرَين غذائيَّين لفيتامين د (D).

ب. يتّصف مُناخ العديد من دول العالم بأنّه رطب ومُمطر في أشهر الشتاء، وجاف ودافئ في أشهر الصيف. لماذا يؤثر ذلك على مستويات فيتامين د (D)؟

ج. ما الفائدة من تناوُل النساء الحوامل والمرضعات مُكمّل فيتامين د (D) الغذائي؟

٦ تظهر الصورة مقطعًا عرضيًّا لشريان تاجي له جدار سميك بسبب تراكُم الدهون والكوليسترول، وهو يظهر على شكل حلقة أرجوانية سميكة حول التجويف (المقطع الأوسط للشريان، حيث يتدفَّق الدم).



أ. لماذا يُسبِّب تراكم الدهون في الشرايين التاجية مُشكلة صحّية؟

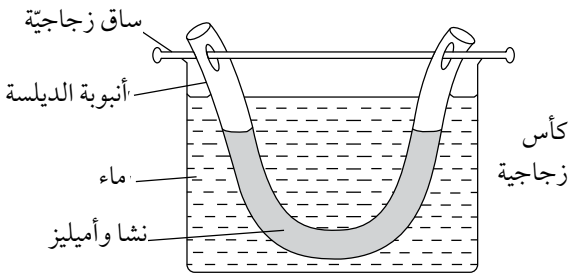
ب. ما نوع الدهون التي تُسبِّب هذا التراكم؟

ج. اذكر ثلاثة أمثلة على أطعمة تتضمَّن الدهون المذكورة في الجُزئية (ب).

د. اذكر نوعَين من الأطعمة البديلة التي يمكن أن تنصح بهما شخص يرغب في تحسين نظامه الغذائي بخصوص استهلاك الدهون.

هـ. اذكر ثلاث مشكلات صحية يمكن أن يُعاني منها المصابون بالسُّمنة.

٧ صمَّم الطالب سالم الجهاز الآتي:



تُمثِّل أنبوبة الديلسة ذات الغشاء شبه المُنفِذ القناة الهضمية.

أ. ما المقصود بشبه المُنفِذ؟

اختبر سالم السائل داخل الأنبوبة وخارجها عدّة مرّات تفصل بينها مدَّة 20 دقيقة، وهدفه الكشف عن وجود النشا والجلوكوز.

ب. ما نوع الاختبار الذي سيستخدمه سالم للكشف عن:

١. النشا؟

٢. الجلوكوز؟

سجّل سالم النتائج في الجدول الآتي:

الزمن (min)	السائل في أنبوبة الديلسة		الماء في الكأس الزجاجية	
	نشا	جلوكوز	نشا	جلوكوز
0	نعم	لا	لا	لا
20	نعم	نعم	لا	لا
40	لا	نعم	لا	نعم
60	لا	نعم	لا	نعم

ج. بعد 60 دقيقة، ما اللون الذي تتوقَّع رؤيته:

١. عند الكشف عن النشا داخل أنبوبة الديلسة؟

٢. عند الكشف عن الجلوكوز في ماء الكأس الزجاجية؟

د. على ماذا تدلّ نتائج التجربة من حيث:

١. قدرة النشا على عبور أنبوبة الديلسة؟

٢. قدرة الجلوكوز على عبور أنبوبة الديلسة؟

الوحدة الخامسة

التنفُّس Respiration

تغطّي هذه الوحدة:

- لماذا تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة.
- كيف يزوَّد التنفُّس الكائنات الحية بالطاقة.
- التنفُّس الهوائي.
- التنفُّس اللاهوائي.

٥-١ التنفُّس

تحتاج كلُّ خلية حيَّة إلى طاقة. وتستخدم الخلايا الحيّة في جسم الإنسان الطاقة من أجل:

- انقباض العضلات ليتمكَّن كل منّا من تحريك أجزاء جسمه.
- صُنع جُزيئات البروتينات عن طريق ربط العديد من الأحماض الأمينية معًا في سلاسل طويلة.
- انقسام الخلايا لإنتاج خلايا جديدة تُسهم في ترميم الأنسجة التالفة والنمو.
- إنتاج الحرارة داخل أجسامنا لإبقاء درجة حرارة الجسم ثابتة حتى في البيئات الباردة.

والطعام الذي نتناوله هو مصدر كل هذه الطاقة. فعندما نتناول طعامنا، يتمّ هضمه، أي تفكيكه إلى جُزيئات صغيرة يمتصّها الدم من الأمعاء وينقلها إلى جميع خلايا الجسم التي تأخذ حاجتها منها.

يُعدّ الجلوكوز المادّة الغذائية الرئيسية التي تُستَخدم لتزويد الخلايا بالطاقة، فهو يحتوي على كمّية كبيرة من الطاقة الكيميائية. وللاستفادة من هذه الطاقة يجب أن تفكِّك الخلايا جُزيئات الجلوكوز لتحرير الطاقة منها.

تقوم الخلايا الحية بعملية حيوية من خلال سلسلة من التفاعُلات الكيميائية الأيضية بمساعدة الأنزيمات تُسمّى **التنفُّس Respiration**.

التنفُّس الهوائي

غالبًا ما تُحرِّر خلايانا الطاقة من الجلوكوز عبر تفاعُله مع الأكسجين في عملية تُسمّى **التنفُّس الهوائي Aerobic respiration**، والذي يحدث على شكل سلسلة من الخطوات الصغيرة تتحكّم في كل منها أنزيمات مُحدَّدة. يمكننا تلخيص تفاعُلات التنفُّس الهوائي في معادلة لفظية:

جلوكوز + أكسجين ← ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

ويمكن تمثيل المعادلة الكيميائية الموزونة بالرموز كما يأتي:

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

مصطلحات علمية

التنفُّس الهوائي Aerobic respiration: هو مجموعة التفاعُلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا، وتستخدم الأكسجين لتفكيك جُزيئات المواد الغذائية من أجل تحرير الطاقة المُختزنة فيها.

التنفُّس اللاهوائي

يمكن تحرير الطاقة المُختزَنة في جُزيئات سكَّر الجلوكوز دون استخدام الأكسجين. إلا أن هذه العملية أقلّ كفاءة من عملية التنفُّس الهوائي، ويتم خلالها تحرير كمّية قليلة من الطاقة من جُزيء سكَّر الجلوكوز الواحد. ومع ذلك، تستخدم بعض الكائنات الحيّة هذه الطريقة التي تُسمّى **التنفُّس اللاهوائي Anaerobic respiration**.

مصطلحات علمية

التنفُّس اللاهوائي Anaerobic respiration: هو مجموعة التفاعُلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا ويتمّ من خلالها تفكيك جُزيئات المواد الغذائية من أجل تحرير الطاقة المُختزَنة فيها دون استخدام الأكسجين.

ومن تلك الكائنات الحية خلايا الخميرة، وهي فطر وحيد الخلية يمكنه أن يتنفَّس لاهوائيًا، حيث تُفكِّك جُزيئات الجلوكوز لتنتج جُزيئات من الكحول الإيثيلي، وغاز ثاني أكسيد الكربون وكمّية قليلة من الطاقة.

جلوكوز ← كحول إيثيلي + ثاني أكسيد الكربون + طاقة

وتقوم خلايا النباتات أحيانًا بالتنفُّس اللاهوائي وكذلك بعض خلايا جسم الإنسان، ولاسيّما خلايا العضلات؛ لكن يحدث ذلك لفترات زمنيّة قصيرة.

ينتج عن التنفُّس اللاهوائي لخلايا العضلات **حمض اللبنيك (اللاكتيك) Lactic acid** بدلًا من الكحول الإيثيلي من دون أن ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون. يحدث هذا الأمر عندما تمارس تمارين رياضية شاقة، إلى درجة لا تتمكّن معها رئتاك وقلبك من تزويد خلايا عضلاتك بالأكسجين بالسرعة التي يتم استهلاكه فيها أثناء التنفُّس الهوائي.

جلوكوز ← حمض اللبنيك (اللاكتيك) + طاقة

ويوضح الجدول ٥-١ مقارنة بين التنفُّس الهوائي والتنفُّس اللاهوائي.

التنفُّس الهوائي	التنفُّس اللاهوائي
يستخدم الأكسجين	لا يستخدم الأكسجين
لا ينتج الكحول الإيثيلي أو حمض اللبنيك (اللاكتيك)	ينتج الكحول الإيثيلي (في الخميرة والنباتات) أو حمض اللبنيك أو اللاكتيك (في الإنسان والحيوان)
تتحرَّر كمّية طاقة كبيرة من جُزيء الجلوكوز الواحد	تتحرَّر كمّية طاقة قليلة من جُزيء الجلوكوز الواحد
ينتج ثاني أكسيد الكربون	ينتج ثاني أكسيد الكربون في الخميرة والنباتات، ولا ينتج في الإنسان والحيوان

الجدول ٥-١ مقارنة بين التنفُّس الهوائي والتنفُّس اللاهوائي

استخدام الخميرة في صُنع الخُبز

يُصنعُ الخُبز من الدقيق، الذي نحصل عليه عن طريق طحن الحبوب. وفي الغالب، يُصنَع الخبز من دقيق القمح الذي يحتوي على كمّيات كبيرة من النشا والبروتينات، وخاصة

بروتين الغلوتين. ولكي نصنع الخبز، نمزج الدقيق مع الماء ونضيف إليه الخميرة لإعداد العجين أوّلاً، الصورة ٥-١.

تُفكِّك أنزيمات الأميليز في الخميرة بعض النشا الموجود في العجين إلى جُزيئات من سُكَّر المالتوز وسُكَّر الجلوكوز، اللذين تستخدمهما خلايا الخميرة في عملية التنفُّس اللاهوائي. وينتج عن ذلك فُقّاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون تُحتَبس داخل العجين. وتجعل مادّة الغلوتين العجين مرنًا لذا يمكن لفقّاعات غاز ثاني أكسيد الكربون أن تسبِّب انتفاخ العجيّنة. كما ينتج عن تنفُّس الخميرة لاهوائيًّا الكحول الإيثيلي، إلا أنه يتبخَّر أثناء عملية الخبز، التي تتسبَّب في قتل خلايا الخميرة.

الصورة ٥ـ ١ تحضير العجين لصُنع الخُبز

نشاط ٥-١

استقصاء إنتاج الحرارة في بذور البازلّاء المُستنبَتة

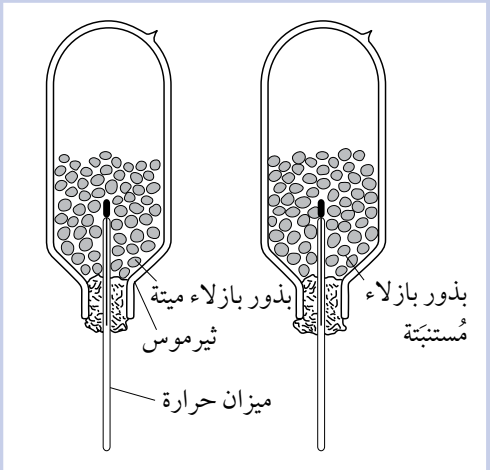
المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **يجب وضع نظارة واقية عند غلي البذور.**

١ انقع بعضًا من بذور البازلّاء (أو الفاصوليا) في الماء لمُدَّة يوم واحد، حتى تبدأ بالإنبات.

٢ اغلِ مجموعة أخرى من بذور البازلّاء.



٣ اغسل مجموعتَي البذور في محلول مُطهِّر مُخفَّف للقضاء على البكتيريا والفطريات الموجودة فيها.

٤ ضع كل مجموعة من البذور في ثيرموس، كما هو موضَّح في الرسم التخطيطي. لا تملأ الثيرموسَين بشكل كامل. ثم ضع على فتحة كل منها سدادة من القطن.

٥ سجِّل درجة حرارة كلا الثيرموسَين في بداية التجربة.

٦ ثبِّت كل من الثيرموسَين على حامل بشكل مقلوب (رأسًا على عقب) ودعْهما لبضعة أيام.

٧ سجِّل درجة حرارة الثيرموسين في نهاية تجربتك.

أسئلة

١ أي من الثيرموسين أظهر درجة حرارة أعلى في نهاية التجربة؟ فسِّر إجابتك.

٢ لماذا يُعدُّ ضروريًا قتل أي بكتيريا أو فطريات في البازلاّء؟

٣ لماذا يجب عدم ملء الثيرموسين بالبازلّاء بشكل كامل؟

٤ يُعدُّ غاز ثاني أكسيد الكربون غازًا ثقيلاً. لماذا تُترك الثيرموسان مقلوبَيْن، مع سدادات من القطن المسامية في فتحة كل منهما؟

٥ لا تنطلق كل الطاقة الناتجة عن تنفُّس بذور البازلّاء على شكل حرارة. ماذا يحدث لما تبقّى من تلك الطاقة؟

نشاط ٥-٢

استقصاء إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التنفُّس اللاهوائي في الخميرة

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

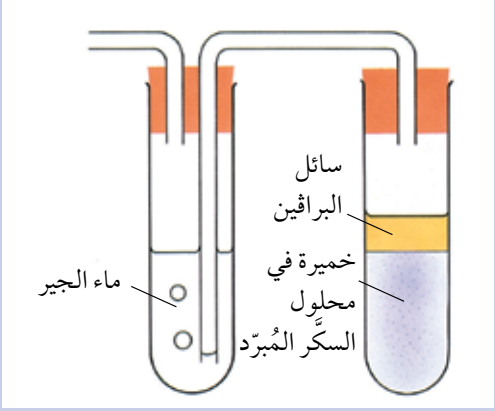
١ قم بغلي بعض الماء في أنبوبة للتخلُّص من وجود الهواء المذاب فيها.

٢ أذب كمّية قليلة من السكّر في الماء المغلي، ثم دعْه جانبًا حتى يبرد.

٣ عندما يبرد الماء، أضف الخميرة إليه، وحرِّك المزيج بساق زجاجية.

٤ ركِّب الجهاز كما هو مُبيّن في الشكل (ماء الجير هو محلول مُخفَّف من هيدروكسيد الكالسيوم). أضف البراثين السائل بوساطة قطّارة، لينساب برفق على جانب الأنبوبة.

٥ ركِّب جهازًا مُشابهًا، مُستخدمًا خميرة تم غليها بدلًا من الخميرة الحيّة. تنبّأ بما يحدث في هذه الخطوة. وفسِّر إجابتك.



٦ دع الجهازَين في مكان دافئ.

٧ راقب ما يحدث لماء الجير بعد مرور نصف ساعة.

ملاحظة

استخدم خميرة فورية، إذا كانت متوفرة، لأن الأنواع الأخرى من الخميرة قد تتأخّر لتصبح نشطة.

أسئلة

١ لماذا يعدّ ضروريًّا غلي الماء قبل استخدامه؟

٢ لماذا يتوجَّب تبريد محلول السكَّر قبل إضافة الخميرة إليه؟

٣ ما الغرض من استخدام البراثين السائل؟

٤ ما الذي حدث لماء الجير في كل من الجهازَين؟ علامَ يدلّ ذلك؟

٥ ما المادّة الجديدة التي تتوقَّع أن تجدها في محلول السكَّر الذي يحتوي على الخميرة الحيَّة في نهاية التجربة؟

٦ صف طريقة يمكنك استخدامها لمُقارنة مُعدَّلات إنتاج ثاني أكسيد الكربون باستخدام الخميرة لأنواع مختلفة من السكّريات. تذكّر وصف المُتغيّرات التي ستقوم باختبارها، والمُتغيّرات التي ستقوم بضبطها، وكيف ستقوم بجمع نتائجك وتسجيلها وتحليلها.

أسئلة

٥-١ ما الهدف من عملية التنفُّس؟

٥-٢ كيف تستخدم الكائنات الحيّة الطاقة التي تتحرَّر خلال عملية التنفُّس؟

٥-٣ ما المقصود بالتنفُّس اللاهوائي؟

٥-٤ اذكر اسم كائن حيّ يمكنه التنفُّس لاهوائيًّا.

٥-٥ اذكرْ **ثلاثة** أوجه يختلف فيها التنفُّس اللاهوائي عن التنفُّس الهوائي في الإنسان.

٥-٦ اذكر **وجهَي** اختلاف بين التنفُّس اللاهوائي في الإنسان والتنفُّس اللاهوائي في الخميرة.

٥-٢ التمارين الرياضية ومُعدَّل التنفُّس

توفِّر الرئتان الأكسجين اللازم لجميع الخلايا في جسمك كي تقوم بعملية التنفُّس، وينقل الدم الأكسجين إلى كل جزء من أجزاء الجسم.

تحتاج الخلايا أحيانًا إلى إمدادها بكمّيات كبيرة من الأكسجين بشكل سريع. فحين تركض في سباق مثلاً، تستهلك عضلات رجلَيْك كمّيات كبيرة من الطاقة، وسوف تقوم خلايا تلك العضلات بعمليّة التنفُّس، أي بتفاعل الأكسجين مع الجلوكوز، بأقصى سرعة ممكنة لتحرير الطاقة اللازمة لانقباض العضلات.

وفي مثل هذا الوضع، فإنك تحتاج إلى الكثير من الأكسجين للعمل بهذا القدر من الجهد. لذلك، ستتنفَّس بشكل أعمق وبسرعة أكبر، أي سيزداد مُعدَّل التنفُّس لديك، لإدخال المزيد من الأكسجين إلى دمك. وسينبض قلبك بشكل أسرع ليوصل الأكسجين إلى عضلات رِجلَيك بأقصى سرعة.

ويحدث هذا الأمر لأن المُعدَّل المُرتفِع للتنفُّس في العضلات يُنتِج كمّيات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، الذي سيرتفع تركيزه في الدم. عندها يستشعر الدماغ تركيز ثاني أكسيد الكربون العالي في الدم، ويستجيب بإرسال إشارات عصبية إلى الجهاز التنفُّسي لزيادة مُعدَّل التنفُّس.

ولكن مهما تكن الزيادة في معدَّل التنفُّس، فإن لذلك حدًّا في النهاية لا يمكن تجاوزه. وفي هذه الحالة لا يعود لدى القلب ولا لدى الرئتين القدرة على توفير الأكسجين الذي تحتاج إليه العضلات بالسرعة الكافية للاستمرار بعملها المجهد. ولكن هناك حاجة إلى المزيد من الطاقة للاستمرار في السباق، فكيف يمكن تأمين هذه الحاجة الزائدة من الطاقة؟

يمكن تحرير الطاقة من الجلوكوز من دون الحاجة إلى الأكسجين، بواسطة التنفُّس اللاهوائي، حيث يتمّ تفكيك بعض جُزيئات الجلوكوز دون تفاعله مع الأكسجين.

جلوكوز ⟵ حمض اللبنيك (اللاكتيك) + طاقة

وقد اتّضح أنَّ هذا التفاعُل لا يُنتِج كمّية كبيرة من الطاقة، لكنَّها وإن كانت قليلة، فإنَّها تدعم أجسامنا ببعض الطاقة.

عندما تتوقَّف عن الركض، تكون قد تراكمت في عضلاتك وفي دمك كمّية كبيرة من حمض اللبنيك (اللاكتيك) الذي يجب أن يتم تفكيكه بالتفاعُل مع الأكسجين (بالتنفُّس الهوائي) في الكبد. فرغم أنك لم تعد بحاجة إلى كمّيات كبيرة من الطاقة الآن، فسوف تستمرّ في التنفُّس بشكل أعمق وبسرعة كبيرة، وسيستمر مُعدَّل نبض قلبك عاليًا، الأمر الذي يُمكِّنك من الحصول على كميَّة إضافية من الأكسجين اللازم لجسمك، لتفكيك حمض اللبنيك (اللاكتيك). كما أنّ الزيادة في معدّل نبض القلب تُساعد على زيادة سرعة الدم في نقل حمض اللبنيك (اللاكتيك) من العضلات باتِّجاه الكبد.

أثناء الركض، تستهلك كمّيات إضافية من الأكسجين وتزداد حاجتك إليه وهذا ما يُسمّى **عَوَز الأكسجين Oxygen debt**. ولا يعود مُعدَّل تنفُّسك ولا مُعدَّل نبض قلبك إلى الوضع الطبيعي، حتى يتمّ التخلص من الكمّية المتراكمة من حمض اللبنيك (اللاكتيك) جميعها. انظر الصورة ٥-٢.

الصورة ٥ـ ٢ العدّاء العُماني بركات الحارثي وبقيّة العدّائين سيعوّضون العوز الأكسجيني بعد السباق. (دورة بكين عام 2015 لسباق الـ 100 m)

يتحكَّم الدماغ في السرعة التي تعمل بها عضلاتك التنفُّسية، وبالتالي يتحكّم في مُعدَّل تنفُّسك، فهو يراقب باستمرار درجة الرقم الهيدروجيني pH (درجة الحموضة) للدم. فدرجة الرقم الهيدروجيني في الدم تنخفض عند احتوائه على كمّية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون أو من حمض اللبنيك (اللاكتيك). وعندما يستشعر الدماغ هذا الانخفاض، يرسل الإشارات العصبية إلى العضلات التي تسبِّب الحركات التنفُّسية، وتحديدًا الحجاب الحاجز والعضلات الوربية (عضلات ما بين الأضلاع). عندئذٍ تستثير الإشارات العصبية تلك العضلات التنفُّسية وتحثُّها على الانقباض بشدة أكبر وبسرعة أعلى، ممّا يؤدّي إلى ارتفاع معدَّل التنفُّس وإلى حركات تنفُّسية أعمق.

نشاط ٥-٣

استقصاء تأثير التمارين الرياضية على معدَّل التنفُّس وعمقه

المهارات:

- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **لا تمارس تمرينًا رياضيًا قاسيًا، خصوصًا إذا كنت تعلم أنه قد يُضرّ بصحتك.**

سوف تعرف كيف تُؤثِّر ممارسة التمارين الرياضية على معدَّل تنفُّسك، أي على عدد مرّات التنفُّس (الشهيق والزفير) التي تقوم بها في الدقيقة الواحدة. كما يمكنك أن تعرف كيف تؤثِّر التمارين الرياضية على عمق كل حركة تنفُّسية تقوم بها.

سوف تقوم بتخطيط تجربتك وتنفيذها بالتعاون مع زميلك، لأنَّك لن تتمكَّن بمفردك من قياس معدَّل تنفُّسك.

ليس من السهل قياس عمق التنفُّس ما لم تتوفَّر لك أداة خاصة تُسمّى مقياس التنفُّس (السبيروميتر). اسأل معلِّمك عنه.

عليك مراعاة النقاط التالية والتفكير مليًّا في كل منها. وعند اكتمال الفكرة لكيفية إجراء تجربتك، اكتبها على صورة قائمة بالنقاط كما يلي. ثم أعِد التفكير فيها، وأدخل على خطَّتك التحسينات اللازمة. وحين تقتنع بجاهزيتها للتطبيق، أطلع معلمك عليها. لا تحاول إجراء تجربتك قبل موافقته على إجرائها.

- ما الفرضية التي ستختبرها؟
- ما المواد والأدوات والأجهزة التي ستحتاج إليها لإجراء تجربتك؟ اشرح اختياراتك.
- ما الذي ستقوم بتغييره في تجربتك؟ كيف ستُغيِّره؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ وكيف؟ ومتى؟

هل ستقوم بأخذ عدد من القياسات وتحسب المتوسِّط الحسابي لها؟ هل حصلت على قياسات ذات مدى مناسب من النتائج يمكِّنك من ملاحظة نمط مُعيَّن؟ هل كانت قياساتك دقيقة بما يكفي؟

- كيف ستقوم بتسجيل نتائجك؟ (يمكنك رسم جدول للنتائج مُسبقًا ليكون جاهزًا لملئه).
- كيف ستعرض نتائجك؟ (يمكنك رسم محاور التمثيل البياني الذي تخطِّط لرسمه مسبقًا).
- ماذا تتوقَّع أن تكون نتائجك إذا كانت الفرضية التي وضعتها صحيحة؟ (يمكنك رسم مسودّة للتمثيل البياني الذي تعتقد أنك ستحصل عليه).

نفِّذ تجربتك بعد مُوافقة مُعلِّمك على مُخطَّطك. وإذا أجريت بعض التغيرات عند التنفيذ عليك أن تسجِّل ملاحظاتك على جميع التغييرات التي قد تجريها بعناية ودقة. اكتب تفاصيل تجربتك على النحو الآتي:

- المخاطر الموجودة وكيفية اتخاذ احتياطات السلامة.
- عنوان التجربة ونصّ الفرضية التي اختبرتها.
- وصف كامل لطريقة إجراء التجربة.
- تصميم جدول نتائج دقيق ومُرتَّب وُضِعت عليه تسميات الأعمدة والصفوف بوضوح، بما في ذلك المُتوسِّط الحسابي إذا قمتَ بأخذ عدة قياسات في التجربة.
- تمثيل بياني خَطّي لنتائجك مرتّب ودقيق وُضِعت عليه تسميات المحورَين السيني والصادي بوضوح.
- استنتاج تستخلص فيه إن كانت النتائج التي حصلت عليها تدعم فرضيتك أو لا.
- تفسير نتائج التجربة.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- لماذا تحتاج الكائنات الحية إلى الطاقة.
- تحرير الطاقة من الغذاء عبر عملية التنفُّس.
- معادلة التنفُّس الهوائي.
- معادلتا التنفُّس اللاهوائي في الخميرة وفي الإنسان.
- لماذا يزداد معدَّل التنفُّس وعمقه خلال التمارين الرياضية، ويبقى مرتفعًا لبعض الوقت بعد ذلك.

أسئلة نهاية الوحدة

١ عملية التنفُّس خاصّية من خصائص جميع الكائنات الحية.

أ. صف ثلاث طرائق تستخدم بها الخلايا الحيّة في جسم الإنسان الطاقة الناتجة عن التنفُّس.

ب. أين تحدث عملية التنفُّس؟

ج. سمِّ المادّة الغذائية المُستخدَمة في عملية التنفُّس.

د. تتنفَّس خلايا الانسان غالبًا تنفُّسًا هوائيًّا.

١. ماذا يعني التنفُّس الهوائي؟

٢. اكتب المُعادلة اللفظية لعملية التنفُّس الهوائي.

٣. اكتب مُعادلة التنفُّس الهوائي الكيميائية الموزونة.

٢ تُستخدَم الخميرة في صناعة الخبز.

أ. ما الخميرة؟

ب. كيف تُطلِق الخميرة الطاقة من الجلوكوز؟

ج. اكتب المُعادلة اللفظية للعملية التي تحدث في الجُزئية (ب).

د. ما فائدة تلك العملية في صُنع الخبز؟

٣ **أ.** اذكُر إن كانت كل حالة من الحالات الآتية من سمات التنفُّس الهوائي أو من سمات التنفُّس اللاهوائي أو من كلتيهما:

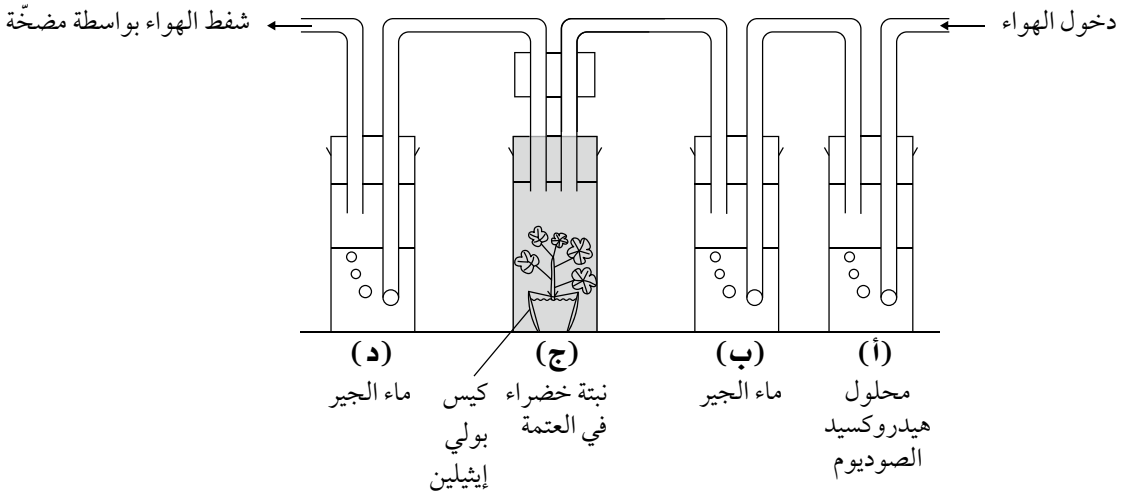
- يُحرِّر جُزيء جلوكوز كمّية كبيرة من الطاقة
- لا يستخدَم الأكسجين
- يُحرِّر جُزيء الجلوكوز كمّية صغيرة من الطاقة
- ينتج الكحول الإيثيلي أو حمض اللبنيك (اللاكتيك)

ب. كتب الطالب خالد في ملاحظات المراجعة، ما يلي:

- كلا نوعَي التنفُّس يُنتِجان ثاني أكسيد الكربون
- تقوم البكتيريا فقط بالتنفُّس اللاهوائي
- يمكن لخلايا الإنسان والحيوان فقط أن تتنفَّس هوائيًّا
- يُنتج التنفُّس اللاهوائي في خلايا الإنسان والحيوان حمض اللبنيك (اللاكتيك)

أي العبارات السابقة صحيحة وأيها خاطئة؟

٤ أعدَّ الطالب سعد التجربة الآتية:



يُجري سعد استقصاء لمعرفة إن كانت النباتات تتنفَّس. تقوم المضخّة بشفط الهواء من الجهاز إلى الخارج عند الدورق (د). يؤدّي ذلك إلى سحب الهواء عند الدورق (أ) إلى داخل الجهاز. يمرّ الهواء أوَّلاً في الدورق (أ) الذي يحتوي على محلول هيدروكسيد الصوديوم الذي يمتصُّ ثاني أكسيد الكربون منه.

أ. ما اللون الذي يكتسبه ماء الجير بوجود ثاني أكسيد الكربون؟

ب. ما الهدف من استخدام ماء الجير في الدورق (ب)؟

ج. ماذا تتوقَّع أن يحدث لماء الجير في:

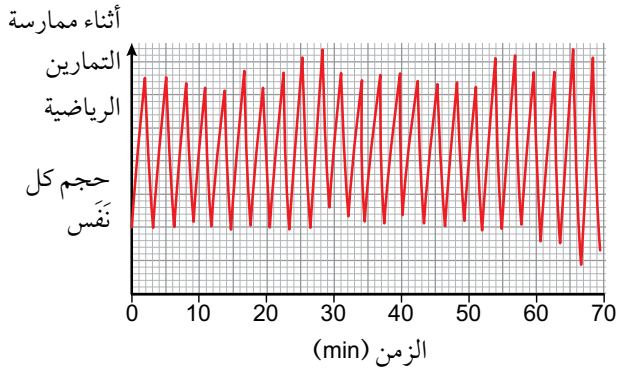
١. الدورق (ب)؟

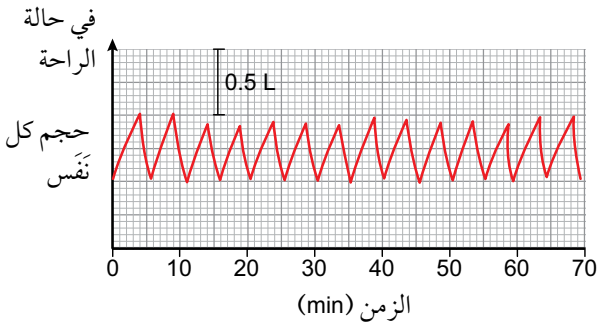
٢. الدورق (د)؟

د. لِماذا بَقيَ النبات في العتمة؟

هـ. اقترحْ مُتغيِّرًا ضابطًا في الدورق (ج).

٥ قام رياضيّ ببعض الاختبارات لقياس معدَّل تنفُّسه، وسجَّل نتائجه في التمثيل البياني أدناه.





أ. أجبْ من خلال التمثيل البياني الأول: كم مرَّة تنفَّس الرياضي بالدقيقة في حالة الراحة؟

ب. ما التغيُّرات التي طرأت على تنفُّس الرياضي عندما كان يمارس التمارين الرياضية؟

ج. لماذا طرأت تلك التغيُّرات؟

أجرى الرياضي سباق (200 m) ووجد أنه يواصل التنفُّس بسرعة بعد السباق، ويشعر بألم في عضلاته. يقول طبيبه الرياضي إن سبب ذلك هو عوز الأكسجين.

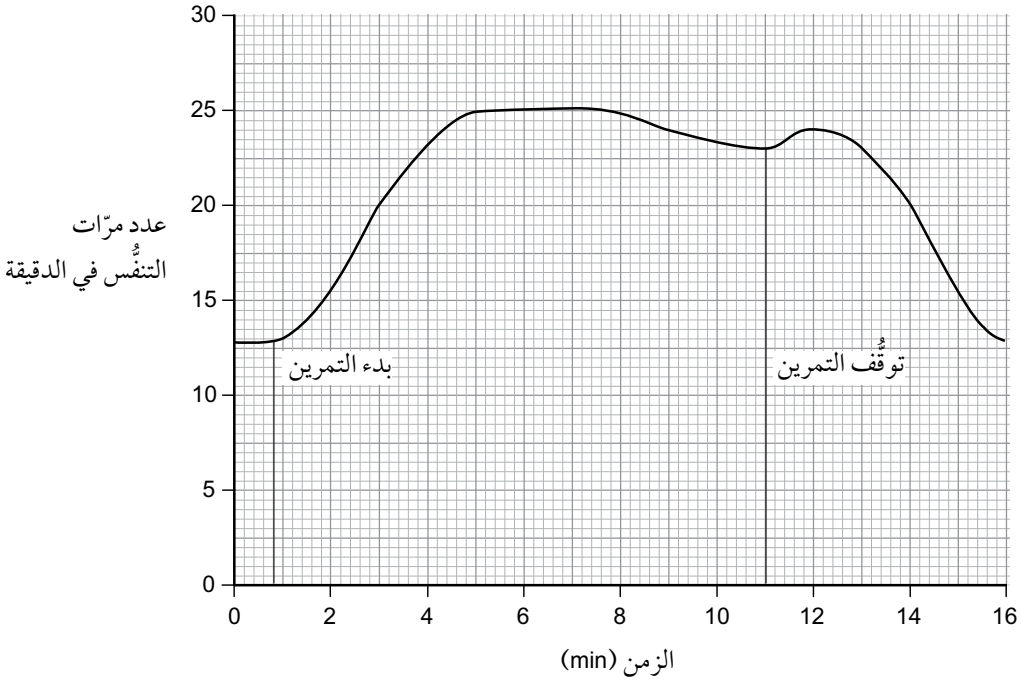
د. اذكر العملية التي تُسبِّب عوز الأكسجين، خاصةً في أثناء ممارسة التمارين الشاقّة.

هـ. اكتب معادلة لفظية للعملية المذكورة في الجُزئية (د).

و. صف كيف يكشف الدماغ عوز الأكسجين.

ز. لماذا يستمر الرياضي في التنفُّس بمعدَّل مُتزايد بعد السباق؟

٦ طلب الطبيب من مريضه أثناء مُعاينته أن يركض على جهاز المشي. وقام بتسجيل مُعدَّل تنفس المريض وتمثيله بيانيًا، كما في الرَّسم الآتي:



أ. أوجد من التمثيل البياني معدَّل تنفُّس المريض في أثناء الراحة.

ب. ما ذروة مُعدَّل التنفُّس؟

أخبر الطبيب المريض أن معدَّل التنفُّس الطبيعي بعد ممارسة تمارين رياضية للبالغين سيعود إلى طبيعته بعد مدَّة تتراوح بين 10 دقائق و 20 دقيقة.

ج. هل تستنتج من التمثيل البياني، أن مُعدَّل تنفُّس المريض طبيعيّ؟ علِّل إجابتك.

الوحدة السادسة

التنظيم والاتِّزان الداخلي في الإنسان

Human coordination and homeostasis

تُغطّي هذه الوحدة:

- الجهاز العصبي في الإنسان.
- الخلايا العصبية (العصبونات) وكيفيَّة عملها.
- الفرق بين الأفعال الإرادية والأفعال اللاإرادية.
- الأفعال المُنعكِسة.
- تركيب العين ووظيفتها.
- هرمون الأدرينالين.
- هرمونَي الإنسولين والجلوكاجون.
- كيف يحتفظ الإنسان بدرجة حرارة داخلية ثابتة.

٦-١ التنظيم في الإنسان

من الخصائص التي يتميَّز بها الإنسان والكائنات الحيَّة الأخرى خاصيّة الإحساس، أي القدرة على استشعار التغيُّرات التي تحدث في البيئة المُحيطة والاستجابة لها. وتُعرف هذه التغيُّرات باسم **المُؤثِّرات (المُنبِّهات) Stimuli** التي يتحسَّسها الإنسان بواسطة خلايا حسّية مُتخصِّصة تُسمّى **المُستقبِلات Receptors**. ويستجيب لها بواسطة **أعضاء الاستجابة Effectors** مثل العضلات التي تستجيب لمُؤثِّر ما بالانقباض؛ والغدد، كالغدد اللعابية التي تستجيب لرائحة الطعام الشهية بإفراز اللعاب.

يحتاج الإنسان إلى أنظمة اتِّصال وتواصُل سريعة وفعَّالة بين المُستقبلات وأعضاء الاستجابة ليتمكَّن من الاستجابة الصحيحة والسريعة، وفي الوقت المناسب، لتجنُّب بعض المخاطر وحماية نفسه.

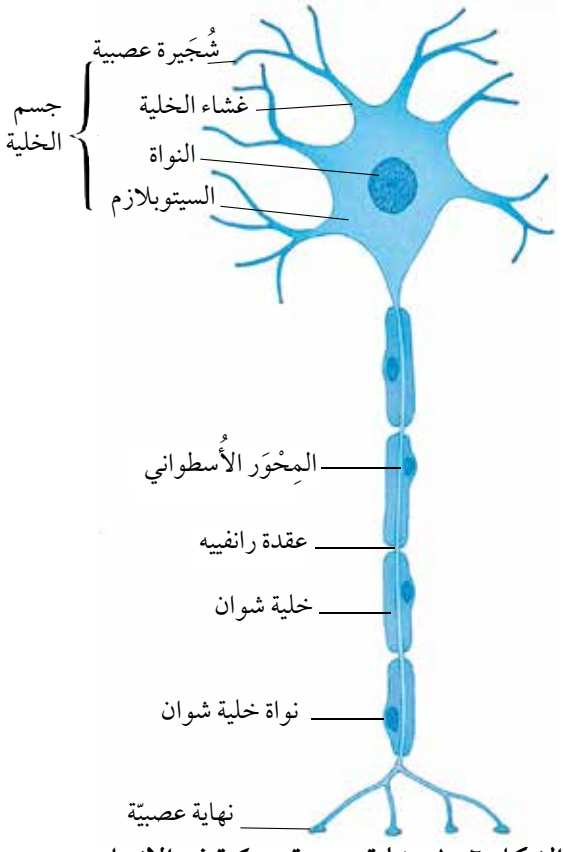
فإذا لمستَ شيئًا ساخنًا بيدك، فإنَّ مُستقبِلات الألم في أطراف أصابعك تُرسِل سيّالاً عصبيًّا (إشارات كهربائية) إلى عضلات ذراعك تأمرها بأن تنقبض كي تسحب يدك بعيدًا عن السطح الساخن.

تُعرف الطريقة التي يتمّ خلالها التقاط المؤثّرات بواسطة المُستقبلات وإرسال المعلومات المناسبة إلى أعضاء الاستجابة باسم التنظيم. ويتم إرسال المعلومات من المُستقبِلات إلى أعضاء الاستجابة في الإنسان بطريقتين: الأولى وهي الأسرع بواسطة الأعصاب التي تُشكِّل مع المُستقبِلات الجهاز العصبي (التنظيم العصبي). والثانية وهي الأبطأ بواسطة موادّ كيميائية تُسمّى الهرمونات وتُعدُّ جزءًا من جهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني).

٦-٢ الجهاز العصبي في الإنسان

يتكوَّن الجهاز العصبي في الإنسان من خلايا مُتخصِّصة تُسمّى **الخلايا العصبية Nerve cells** (العصبونات **Neurones**)، ويوضِّح الشكل ٦-١ نوعًا مُحدَّدًا من الخلايا العصبية يُسمّى الخلايا العصبية الحركية.

وكأي خليَّة حيوانية، تحتوي الخلية العصبية على نواة، وسيتوبلازم، وغشاء خلوي. إلا أن تركيب الخلية العصبية يكون مُتكيِّفًا مع وظيفتها في حمل السيّالات العصبية ونقلها بسرعة كبيرة.



الشكل ٦-١ خلية عصبية حركية في الإنسان

ولذلك تمتلك الخلية العصبية امتدادات سيتوبلازمية طويلة ورفيعة تمتد من جسم الخلية. ويُعرَف الامتداد الأكثر طولًا **بالمحور الأسطواني Axon**، الشكل ٦-١. وقد يصل طول بعض الامتدادات إلى أكثر من متر. أما الامتدادات الأقصر فتُعرف باسم الشُجَيْرات العصبية.

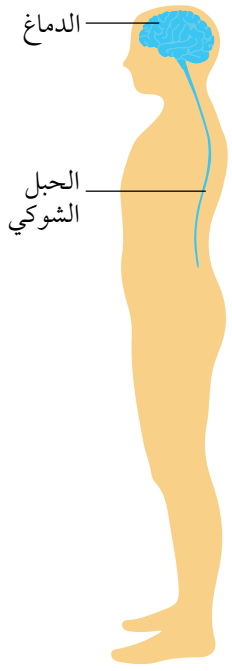
تلتقط الشُجَيْرات العصبية الإشارات الكهربائية التي تُسمّى **النبضات** أو **السيّالات العصبية Nerve impulses** من الخلايا العصبية المجاورة، لتنتقل إلى جسم الخلية ثم إلى المحور الأسطواني حتى النهايات العصبية. وقد تنتقل بعد ذلك إلى خلية عصبية أخرى أو إلى أعضاء الاستجابة. تُسمّى المنطقة الواقعة بين النهايات العصبية لخلية عصبية، والشُّجيرات العصبية لخلية عصبية أخرى بمنطقة **التشابُك العصبي Synapse**. عند وصول السيّال العصبي إلى النهايات العصبيّة، يتمَّ تحرير موادّ كيميائية تعمل على نقله إلى الشُّجيرات العصبية في الخلية التالية، أي إن نقل السيّال العصبي في منطقة التشابك العصبي يكون كيميائيًّا وليس كهربائيًّا.

الجهاز العصبي المركزي

يمتلك الإنسان **جهازًا عصبيًّا مركزيًّا Central nervous system** الشكل ٦-٢ و**جهازًا عصبيًّا طرفيًّا Peripheral nervous system**.

يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل (النخاع) الشوكي في حين يتكوَّن الجهاز العصبي الطرفي من الأعصاب والمُستقبِلات.

وكباقي أجزاء الجهاز العصبي يتكوَّن الجهاز العصبي المركزي من خلايا عصبية. ويتمثَّل دوره في تنظيم المعلومات التي تنتقل عبر الجهاز العصبي وتنظيم



الشكل ٦-٢ الجهاز العصبي المركزي في الإنسان

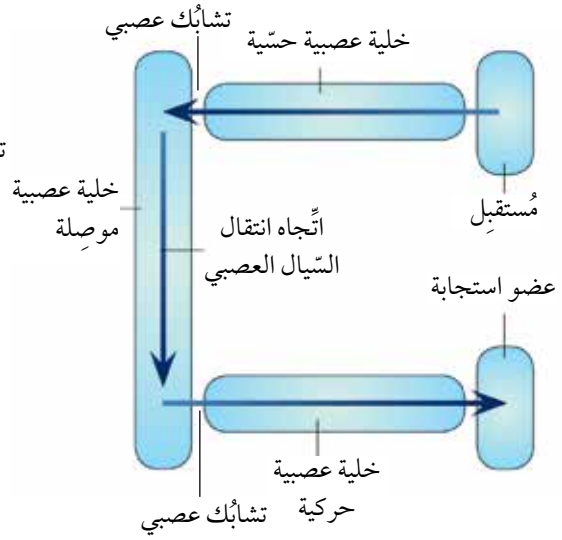
وظائف الجسم المختلفة، مثل دفع الطعام عبر القناة الهضمية، وعمليتي الشهيق والزفير في الرئتَين عندما تتنفَّس.

وعندما يستشعر مُستقبِل معيَّن منبِّهًا ما، يُرسِل سيّالاً عصبيًا إلى الدماغ أو إلى الحبل الشوكي الذي يُرسِل بدوره سيّالات عصبية عبر الامتدادات العصبية المُناسِبة إلى عضو الاستجابة المُناسِب.

أقواس الانعكاس

يبيِّن كل من الشكلَيْن ٦-٣ و ٦-٤ كيف تُرسَل السيّالات العصبية. فإذا لمستَ بيدك سطحًا ساخنًا يستشعر ذلك مُستقبل حسّي في إصبعك فيولِّد سيّالاً عصبيًّا ينتقل إلى الحبل الشوكي عبر المحور الأسطواني **لخلية عصبية حسّية Sensory neurone** (الشكل ٦-٥).

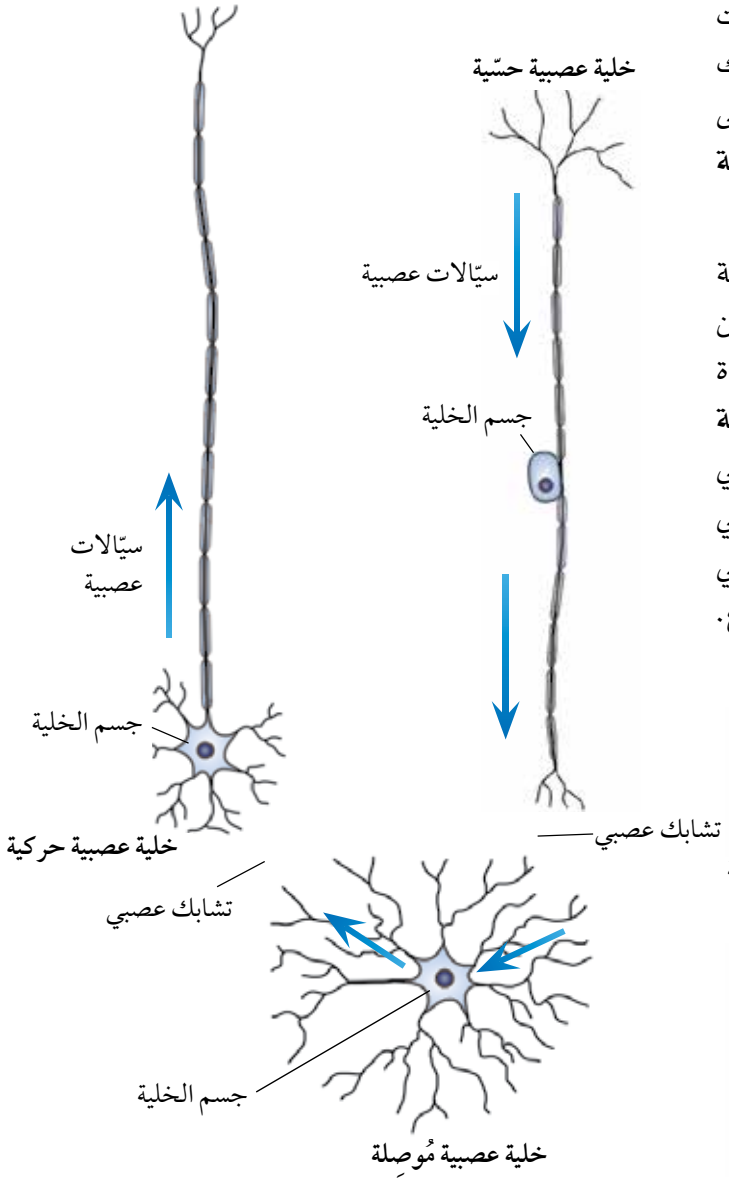
وفي الحبل الشوكي، تنقل الخلية العصبية الحسّية السيّال عبر مناطق التشابُك العصبي إلى عدد من الخلايا العصبية الأخرى. ويُبيِّن الشكل ٦-٤ خلية واحدة منها. هذه الخلايا العصبية تُسمّى **الخلايا العصبية الموصِلة Relay neurones**، لأنها توصل السيّال العصبي إلى الخلايا العصبية الأخرى. توجد هذه الخلايا في الحبل الشوكي والدماغ. أحيانًا ينتقل السيّال العصبي الذي تتلقّاه الخلية العصبية الموصِلة إلى الدماغ.



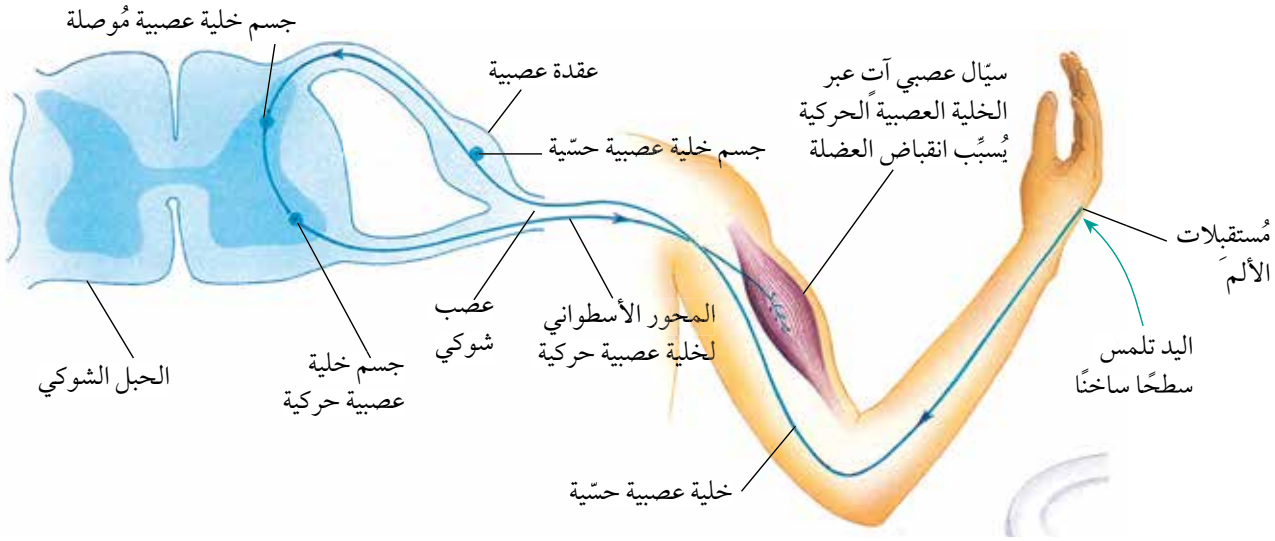
الشكل ٦-٣ رسم تخطيطي لقوس الانعكاس

ولكن في هذا المثال تحتاج الحالة إلى استجابة سريعة، حيث تنقل الخلية العصبية الموصِلة السيّال العصبي مباشرة عبر الحبل الشوكي إلى **خلية عصبية حركية Motor neurone**، ترتبط بعضو استجابة.

تتمثَّل أعضاء الاستجابة في هذه الحالة بعضلات ذراعك ويدك. حيث ينتقل السيّال العصبي إلى عضلاتك عبر محور الخلية العصبية الحركية. وعندما يصل إلى خلايا العضلات يتسبَّب في انقباضها، فتسحب يدك بعيدًا.



الشكل ٦-٤ تركيب الخلايا العصبية الحسّية والحركية والموصِلة



الشكل ٦ـ ٥ قوس الانعكاس

ويُعرَف هذا النوع من ردّ الفعل باسم **الفعل المُنعكِس Reflex action** الذي يعلَم فيه دماغك ولا تحتاج إلى التفكير فيه. ولكنك تدرك ما حدث بعد أن تكون الرسالة (السيّال العصبي) قد وصلت إلى عضلاتك لتأمرها بتحريك يدك.

وللأفعال المُنعكِسة فائدة كبيرة لأن المعلومات تصل من المُستقبلات إلى أعضاء الاستجابة بأسرع ما يمكن. ويُعرف مسار السيّالات العصبية من الخلية العصبية الحسّية إلى الخلية العصبية المُوصِلة ثم إلى الخلية العصبية الحركية باسم **قوس الانعكاس Reflex arc**. وهذه الأنواع الثلاثة من الخلايا العصبية يظهر تركيبها في الشكل ٦-٤. وتوضِّح الصورة ٦-١ اختبارًا للفعل المُنعكِس أُجري على شخص ما. وربّما سبق لك أن خضعتَ له. وسوف يتمّ وصف فعل منعكس آخر لاحقًا.

تُعدُّ الأفعال المُنعكِسة أمثلة على **الأفعال اللاإرادية Involuntary actions** لأنها لا تقع تحت سيطرة الوعي. وتشمل الأفعال اللاإرادية الأخرى عملية التنفُّس وعملية انتقال الطعام عبر الجهاز الهضمي. ومع ذلك فإن العديد من أفعالنا هي **أفعال إرادية Voluntary** وتحدث لأننا قرّرنا أن نقوم بها.

مصطلحات علمية

الفعل المُنعكِس Reflex action: خاصّية تمكِّن الجهاز العصبي من الاستجابة للمؤثِّرات الخارجية بصورة تلقائية وسريعة ومُنسَّقة من خلال أعضاء الاستجابة (العضلات والغدد).

الصورة ٦ـ ١ نفضة الركبة مثال على فعل منعكس. ذلك أن ضربة سريعة على رضفة الركبة تُنبِّه مُستقبِلاً حسّيًّا، فيُرسل سيّالات عصبية عبر خلية عصبية حسّية إلى الحبل الشوكي. وينتقل السيّال العصبي بعد ذلك عبر خلية عصبية حركية نحو عضلة الفخذ التي تنقبض بسرعة وترفع القسم السفلي من ساق الرِّجل.

ومن تلك الأفعال الإرادية قراءتك لهذا الكتاب لأنك قرَّرت ذلك بوعيك؛ كذلك لعب كُرة القدم أو التحدُّث مع الأصدقاء. هذه الأفعال يتدخَّل فيها الجهاز العصبي أيضًا، ولكنها ليست ناتجة عن الأقواس الانعكاسية، لأن السيّالات العصبية تنتقل من الخلايا العصبية في مناطق الدماغ التي تتحكّم بالتفكير الواعي، إلى الخلايا العصبية الحركية وأعضاء الاستجابة اللازمة لحدوث الاستجابة التي تريدها. وصحيح أنك في هذه الحالة لا تزال تستجيب للمؤثِّرات الحسّية، إلا أنّ تحديد نوع الاستجابة يتمّ في الدماغ بدلاً من أن تكون استجابة تلقائية يُحدِّدها قوس الانعكاس السريع.

نشاط ٦-١

قياس زمن رد الفعل باستخدام مسطرة

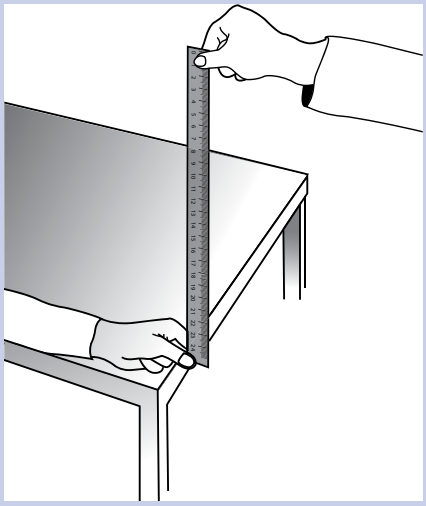
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

لتنفيذ هذه التجربة، تحتاج إلى العمل مع زميلك، حيث يقوم أحدكما بدور المُسقِط للمسطرة والآخر بدور المُلتَقِط لها.

١ اقرأ الإجراءات والخطوات التي ستقوم بها لتنفيذ النشاط. صمِّم جدولاً لتُسجِّل نتائجك فيه.

٢ يمسك المُسقِط بيده مِسطرة مترية كما في الشكل الآتي:



يضع المُلتقط ذراعه على حافة مقعد أو طاولة، ويُحافظ على يده ثابتة تمامًا، عند الطرف السفلي من المسطرة، كما في الشكل السابق.

عندما تكون أنت وزميلك مستعدَّين للبدء بتنفيذ التجربة، يُفلِت المُسقِط المسطرة، ويحاول المُلتقط الإمساك بها. سجِّل درجة القياس على المسطرة عند نقطة الإمساك بها.

٣ استمرّا في ذلك حتى تحصُل على خمس قراءات.

٤ تبادلا الأدوار، وسجِّل خمس قراءات أخرى.

٥ على ماذا تدلّ نتائجك بخصوص زمن ردّ الفعل؟

مزيد من الاستقصاء

يمكن حساب زمن رد فعلك من خلال مقدار المسافة التي قطعتها المسطرة. نبدأ بالمعادلة التالية:

$$\text{الزمن (s)} = \sqrt{\frac{2 \times \text{المسافة (m)}}{\text{تسارع الجاذبية } (ms^{-2})}}$$

المسافة: هي المسافة التي قطعتها المسطرة عندما أُسقطت.

تسارُع الجاذبية: قيمة ثابتة تبلغ $9.8\ ms^{-2}$ في مجال جاذبية الأرض. وبما أنّ قياس المسافة سيكون بالسنتيمتر وليس بالمتر، يمكن تعديل المعادلة كما يلي:

$$\text{الزمن (s)} = \sqrt{\frac{2 \times \text{المسافة (cm)}}{100 \times 9.8\ ms^{-2}}}$$

وبما أن زمن كل رد فعل في هذه التجربة قصير جدًا، يمكننا إجراء تعديل إضافي على المعادلة للحصول على إجابة بـ (ms) كالتالي:

$$\text{الزمن (ms)} = 1000 \times \sqrt{\frac{2 \times \text{المسافة (cm)}}{100 \times 9.8\ ms^{-2}}}$$

احسب متوسِّط أزمنة استجابتك (ms) باستخدام هذه المعادلة.

حاوِل مع زميلك إجراء الاستقصاء مرة أخرى والمُلتقط معصوب العينين. يُعطي المُسقِط إشارة صوتية لحظة إفلاته المسطرة بهدف تنبيه المُلتَقِط. هل يستطيع المُلتقِط التقاط المسطرة بسرعة؟

نشاط ٦-٢

قياس متوسِّط الزمن الذي يستغرقه رد الفعل

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

ينتقل السيّال العصبي من المُستقبِل إلى الجهاز العصبي المركزي ليصل إلى عضو الاستجابة في زمن قصير جدًّا. ويمكن قياس ذلك الزمن باستخدام أدوات خاصّة فقط. ولكن يمكن الحصول على قيمة تقريبية معقولة للزمن الذي يستغرقه رد الفعل عن طريق قياس الزمن لعدد كبير من الطلاب واحتساب متوسِّط الأزمنة التي تم قياسها.

١ اطلب إلى مجموعة من الطلاب أن يقفوا مُشكّلين دائرة وهم يمسكون بأيدي بعضهم بعضًا.

٢ حدِّد طالبًا يمسك بيده اليسرى ساعة إيقاف. وعندما يكون الجميع جاهزين يشغّل الساعة وفي الوقت نفسه يضغط بيده اليمنى يد جاره اليسرى.

٣ يقوم الطالب الذي ضُغطت يده اليسرى بضغط اليد اليُسرى لجاره بيُمناه. وهكذا تنتقل رسالة الضغط من طالب إلى آخر عبر الدائرة.

٤ أثناء انتقال الرسالة يقوم من يحمل ساعة الإيقاف بوضعها في يُمناه ويمسك بيُسراه يد جاره اليُمنى. ومتى وصلته الرسالة يوقف الساعة على الفور.

٥ كرِّر هذه العملية حتى يتم نقل الإشارة في الدائرة بأسرع ما يمكن. وسجِّل الزمن الذي تم قياسه وعدد الطلّاب المُشاركين في الدائرة.

٦ حاول إجراء التجربة مرة أخرى، ولكن هذه المرة اجعل رسالة الضغط على اليد تنتقل بالاتِّجاه المُعاكِس عبر الدائرة.

أسئلة

١ استخدم قيمة أقصر زمن تم قياسه واحسب المتوسِّط الحسابي الذي استغرقه كل طالب في الدائرة كي يستجيب للمؤثِّر (أي ضغط اليد) الذي استقبله.

٢ هل استجاب الطلّاب بسرعة أكبر مع سَير التجربة وتكرارها؟ لِمَ حدث ذلك باعتقادك؟

٣ هل انتقل السيّال العصبي بالسرعة نفسها عند تغييرك لاتجاه انتقال المؤثِّر؟ وضِّح إجابتك.

٤ ابحث في الشبكة العالمية للاتِّصالات الدولية والمعلومات (الإنترنت) عن موقع إلكتروني يُمكِّنك من قياس زمن رد الفعل لديك وجرِّب ذلك. هل تعتقد أن الموقع الإلكتروني يُعطيك نتائج موثوقة أكثر من النتائج التي حصلت عليها في تجربة الدائرة؟ قارن بين النتائج التي تحصل عليها وناقش إيجابيات كل طريقة وسلبياتها.

أسئلة

٦-١ اذكر **مثالَين** على أعضاء استجابة.

٦-٢ ما هما نظاما الاتِّصال والتواصل الرئيسيان في الإنسان؟

٦-٣ اذكر **ثلاثة** أوجه للتشابه بين الخلايا العصبية والخلايا الأخرى.

٦-٤ اذكر **ثلاث** ميّزات للخلايا العصبية تجعلها مُتخصِّصة في نقل السيّالات العصبية بسرعة كبيرة.

٦-٥ ما وظيفة الجهاز العصبي المركزي؟

٦-٦ أين يقع جسم الخلية في كل نوع من أنواع الخلايا العصبية التالية؟

(أ) الخلية العصبية الحسّية

(ب) الخلية العصبية المُوصِلة

(ج) الخلية العصبية الحركية

٦-٧ ما أهمّية الأفعال المُنعكِسة؟

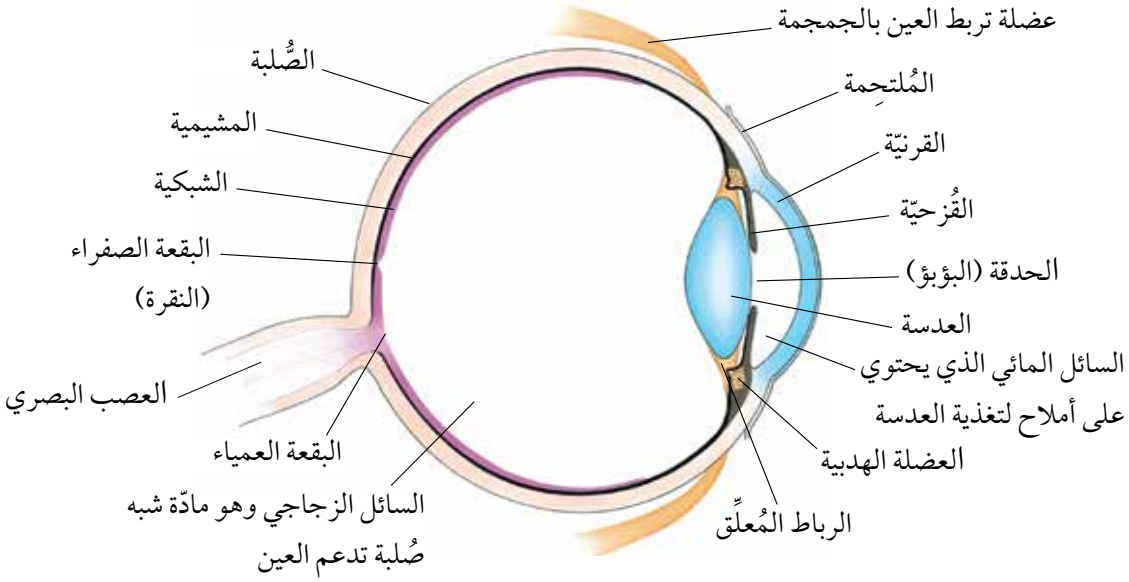
٦-٨ صف **اثنين** من الأفعال المُنعكِسة غير الفعل المُنعكِس الناجم عن لمسك شيئًا ساخنًا والفعل المنعكس لنفضة الركبة.

٦-٣ العين

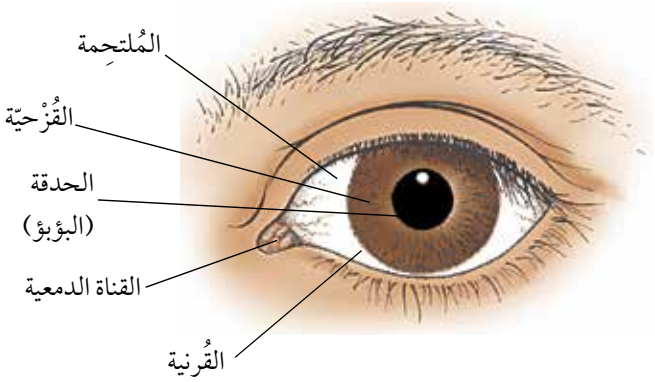
العين عضو مُستقبِل للضوء يُحوِّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية تنتقل على شكل سيّالات عصبية.

تركيب العين

يُبيِّن الشكل ٦-٦ التركيب الداخلي للعين. وتمثِّل **الشبكية Retina** جزء العين الحساس للضوء والذي يحتوي على الخلايا المُستقبِلة. أما الأجزاء الأخرى من العين فوظيفتها حماية الشبكية أو تركيز الضوء عليها.



الشكل ٦ـ٦ مقطع عرضي لعين الإنسان. (ملاحظة: أنت لا تحتاج إلى معرفة تسميات الأجزاء الآتية: الصلبة، المشيمية، السائل المائي، السائل الزجاجي، ولكنها ستفيدك عندما تُجري النشاط ٦-٥)



الشكل ٦ـ٧ الجزء الأمامي من العين

تقع كل عين في تجويف عظمي في الجمجمة يُسمّى محجر العين، وهو يحيط بها من كل الجهات باستثناء جهتها الأمامية كما يظهر في الشكل ٦-٧.

ويغطّي الجزء الأمامي من العين غشاء رقيق شفّاف يُسمّى المُلتحمة، وهو يساعد على حماية أجزاء العين التي تقع خلفه. ويتم الحفاظ على المُلتحمة رطبة من خلال سائل هو الدمع، الذي تصنعه الغدد الدمعية وتفرزه.

يحتوي هذا السائل على أنزيم يُسمّى **الليسوزايم Lysozyme** الذي يمكنه قتل البكتيريا. وعندما ترمش عينيك تدفع جفونك هذا السائل فوق عينيك فيغسلهما. وتسهم كل من الجفون والحاجبين والرموش في منع سقوط المُلوِّثات على سطح عينَيك.

تُحيط بالعين طبقة خارجية صُلبة جدًّا، يُسمّى القسم الخلفي منها الصلبة وهي معتمة. أما القسم الأمامي الرقيق والشفّاف الذي يُغطي البؤبؤ والقُزحيَّة، فيُسمّى **القرنية Cornea**، وهي تسمح بمرور الضوء عبرها وتُسبّب انكسار أشعَّته عند دخولها العين لإسقاط الضوء على الشبكية (انظر الشكل ٦-٩).

الشبكية

تقع الشبكية في الجزء الخلفي من العين. وعندما يسقط الضوء على إحدى الخلايا المُستقبِلة فيها، تُرسِل سيّالاً عصبيًّا حسّيًّا عبر **العصب البصري Optic nerve** إلى الدماغ الذي يقوم بفرز جميع السيّالات العصبية القادمة إليه من كل خلية مُستقبِلة. وبناء عليها يكوِّن صورة. وتتميز بعض هذه الخلايا المُستقبِلة أنَّها تتحسَّس ألوان الضوء المختلفة، ممّا يُمكِّننا من رؤية الصور بالألوان.

وكلما كانت الخلايا المُستقبِلة أكثر تقاربًا كانت الصورة التي يستقبلها الدماغ ويكوِّنها أكثر وضوحًا. ويُعرف جزء الشبكية الذي تكون فيه الخلايا المُستقبِلة متراصّة باسم **البقعة الصفراء Yellow spot (النقرة Fovea)**، وهي الجزء الذي يتركّز عليه الضوء عندما تنظر مباشرة إلى جسم ما.

وهناك منطقة في الشبكية تخلو من الخلايا المُستقبِلة يخرج منها العصب البصري، وتُسمّى **البقعة العمياء Blind spot**. فإذا سقط الضوء على هذه البقعة، لن يتم إرسال أي سيّال عصبي إلى الدماغ.

نشاط ٦-٣

هل تستطيع رؤية الصورة؟

أمسك بهذه الصفحة على بعد 45 cm من وجهك. أغمض عينك اليسرى وانظر إلى الشكل ✚ بعينك اليمنى. قرِّب الصفحة بشكل تدريجي إليك. ماذا يحدث؟ هل يمكنك تفسير ذلك؟

توجد خلف الشبكية طبقة سوداء اللون تُسمّى المشيمية، وهي تعمل على امتصاص الضوء كلّه بعد مروره من الشبكية حتى لا يتبدَّد داخل العين. وتتميّز المشيمية بأنها غنيّة بالأوعية الدموية التي تغذّي العين.

القُزَحيَّة

يتقدَّم عدسة العين نسيج دائري الشكل يُسمّى **القُزَحيَّة Iris** وهي الجُزء الملوَّن من العين لاحتوائها على أصباغ تقوم بامتصاص الضوء وتمنع وصوله إلى الشبكية.

تتوسَّط القُزَحيّة فتحةٌ دائرية تُسمّى **الحدقة Pupil (البؤبؤ)**، وهي قابلة لأن تضيق وتتوسَّع لتتحكَّم في مقدار الضوء الذي يدخل عبرها. وكلَّما كانت فتحة الحدقة أكثر اتِّساعًا كانت كمّية الضوء التي تصل إلى الشبكية أكبر. لذا تنغلق القُزَحيّة في الضوء الشديد وتصغر الحدقة لمنع دخول كمية كبيرة من الضوء إلى العين والتسبُّب بتلف في الشبكية.

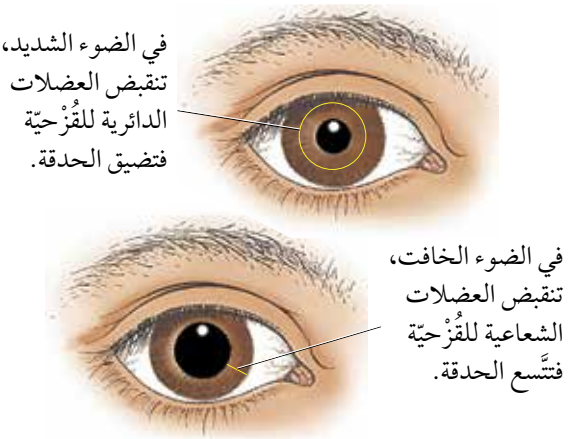
يوجد في القزحية نوعان من العضلات يتحكَّمان بمقدار قُطر فتحة الحدقة. النوع الأول هو العضلات الدائرية التي تترتَّب على شكل دوائر حول الحدقة؛ وهي تنقبض لدى التعرُّض للضوء الشديد، فتضيق الحدقة أي يصغر قطرها. والنوع الثاني هو العضلات الشعاعية التي تمتد بعيدًا عن الحدقة نحو الحافة الخارجية للقُزَحية، وهي تنقبضُ في الضوء الخافت، فتتسع فتحة الحدقة أي يزيد قطرها (الشكل ٦-٨). تُسمّى هذه العملية الفعل المُنعكِس للقُزَحيَّة (وتُسمّى أحيانًا الفعل المُنعكِس للحدقة).

ويُقال عن نوعَي العضلات هذَين أنهما **عضلات متضادّة Antagonistic muscles**، وهذا يعني أنهما تعملان معًا ولكنَّ لهما تأثيرَين مُتعاكسَين؛ فعندما تنقبض إحداهما تنبسط الأخرى والعكس صحيح.

وتُعدُّ استجابة القُزَحيَّة لشدة الضوء المختلفة من الأفعال المُنعكِسة. فبالرغم من أن السيّالات العصبية تذهب إلى الدماغ، لكننا لا نحتاج إلى التفكير في ما علينا فعله. وتكون استجابة القُزَحيّة لشدّة الضوء (المؤثِّر أو المنبِّه) سريعة وتلقائية. وهي مثلها مثل العديد من الأفعال المُنعكِسة ذات فائدة كبيرة: لأنها تمنع تلف الشبكية الذي يمكن أن تُسبِّبه شدة الضوء العالية عندما يسقط عليها.

تذكَّرْ

أن بعض الأفعال المُنعكِسة يسيطر عليها الدماغ بدلًا من الحبل الشوكي. إلا أنها لا تتطلّب تدخُّل أجزاء الدماغ التي تتّخذ قرارات واعية.



الشكل ٦-٨ الفعل المُنعكِس للقُزَحيّة

نشاط ٦-٤

ملاحظة عين الإنسان

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

يُفضَّل أن تنفِّذ هذه التجربة مع زميلك، لكن إذا رغبت في تنفيذها بمفردك فيمكنك استخدام مرآة للنظر في عينيك.

١ تعرَّف في البداية الأجزاء الآتية: الحاجب، الرموش، الجفون، المُلتحمة، الحدقة، القُزَحيّة، القرنية، الصلبة، الأوعية الدموية الصغيرة، فتحات القنوات الدمعية. وسوف تساعدك مراجعة الشكل ٦-٦ على ذلك.

٢ نفِّذ رسمًا تخطيطيًّا لمنظر أمامي للعين، وضع أسماء تلك الأجزاء عليه.

٣ استخدم كتابك لتعرف وظائف الأجزاء التي سمّيتها، واكتب وظيفة كل جزء.

٤ اطلب إلى زميلك أن يغمض عينيه أو أن يغطّيهما بشيء داكن اللون لمنع وصول الضوء إليهما ما أمكن. (كبديل يمكنك تعتيم الغرفة كاملة). بعد مرور 3 دقائق إلى 4، اطلب إليه فتح عينيه أو إزالة الغطاء عنهما (أو أضئ الغرفة) وانظر مباشرة إلى عينَيْ زميلك أثناء تكيُّفهما مع الضوء. ماذا رأيت؟ ما الهدف من هذا التغيُّر؟

٥ فسِّر كيفية حدوث هذا التغيُّر.

نشاط ٦-٥

تشريح عين خروف

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ **انتبه جيّدًا عند استخدام المِشرط أو المِقصّ.**
- **ارتدِ معطف المختبر.**
- **اغسِل يديك بالصابون والماء الدافئ بعد التعامُل مع العين.**

١ افحص المظهر الخارجي للعين بعناية. استخدم الملقط والمشرط (اطلب إلى معلمك أن يوضِّح لك كيفية استخدامهما بشكل صحيح)، لكي تزيل أكبر قدر ممكن من الدهون البيضاء عن السطح الخارجي للعين. واحذر أن تتلف العضلات البنّيّة، المُرتبطة بالسطح الخارجي للعَين، أو أن تقطع العصب البصري الأبيض، الذي يخرج من الجزء الخلفي للعَين.

٢ ارسم العين واكتب على الرسم أسماء الأجزاء الآتية: القرنية، والقُزحية، والدهون، وعضلات العين، والعصب البصري، والحدقة (البؤبؤ).

٣ أحدِثْ شقًّا صغيرًا في العين باستخدام مِقصّ أو مشرط حادٍّ عند منتصف المسافة بين جزئها الأمامي وجزئها الخلفي. ما المادة التي تخرج من الشق؟ ما الذي يحدث لشكل العين؟ اذكر إحدى وظائف تلك المادة.

٤ أكمل القطع حول العين، حتى تقطعها بالكامل إلى نصفَين (أمامي وخلفي).

٥ انظر أوّلاً إلى النصف الخلفي. ربّما انفصلت الشبكية عن مكانها، وطفت بعيدًا في السائل.

٦ افحص النصف الأمامي من العين. ربّما بدأت العدسة بالانفصال عن مكانها وطفت في السائل. ما الذي يُثبِّت العدسة عادة في مكانها؟ صف كيف تبدو العدسة. إذا لم تفقد العدسة شفافيتها، ضعها فوق ورقة كُتب عليها، وانظر من خلالها. ما الدور الذي أدّته العدسة؟

٧ حاول أن تجد أجزاء وتراكيب أخرى في القسم الأمامي من العين، كالقزحية. حدِّد أجزاء أخرى يمكنك العثور عليها، وصفْها.

تركيز الضوء

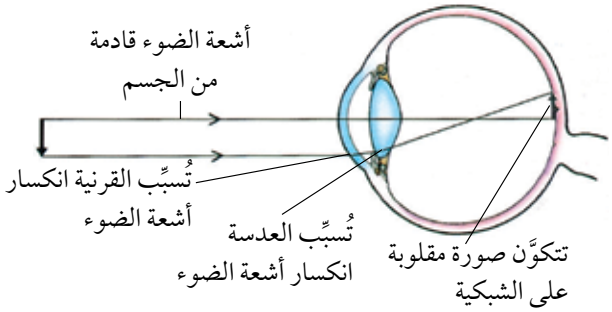
يتمكَّن الدماغ من رؤية صورة واضحة، عندما تتشكَّل صورة واضحة ومُركَّزة على الشبكية. ويجب من أجل ذلك أن يحدث انكسار لأشعة الضوء حتّى يتم تركيزها بشكل دقيق على الشبكية.

يعمل السائلان (الزجاجي والمائي)، وهما وسطان شفّافان، على تسهيل نفاذ الضوء إلى الشبكية. أما القرنية فتقوم بكسر أغلبية الضوء النافذ إلى العين، بينما تقوم **العدسة Lens** بالضبط الدقيق للأشعَّة المنكسرة.

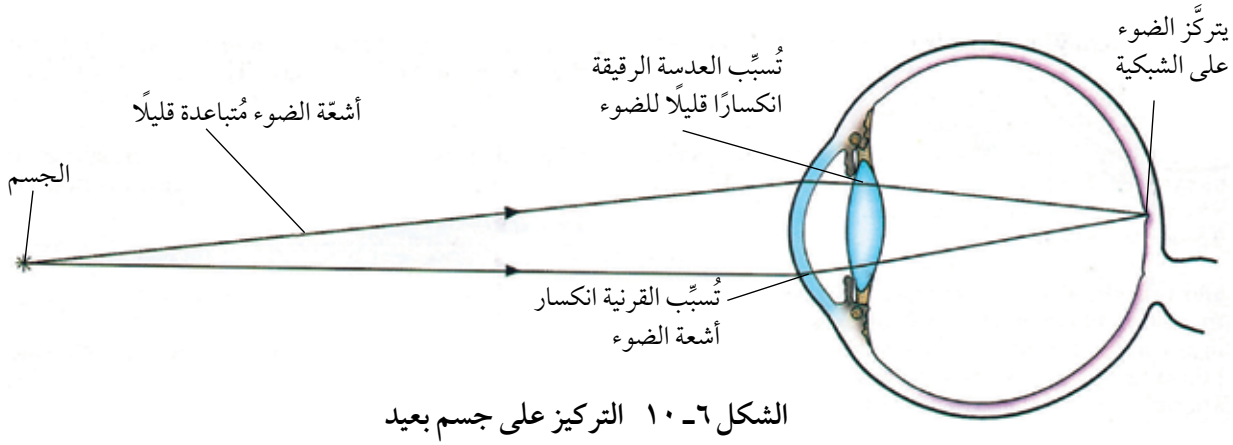
ويبيِّن الشكل ٦-٩ كيف تقوم القرنية والعدسة بتركيز الضوء على الشبكية، التي تتكوَّن عليها صورة مقلوبة للشيء الذي يُنظَر إليه. ويقوم الدماغ بمُعالَجة تلك الصورة لكي تراها مُعتدِلة.

ضبط تركيز الضوء

لا تحتاج جميع الأشعّة الضوئية إلى المقدّار نفسه من الانكسار ليتم تركيزها على الشبكية. فأشعّة الضوء القادمة من جسم بعيد تكون مثلاً شبه مُتوازية. ولا تحتاج إلى مقدار كبير من الانكسار (الشكل ٦-١٠).



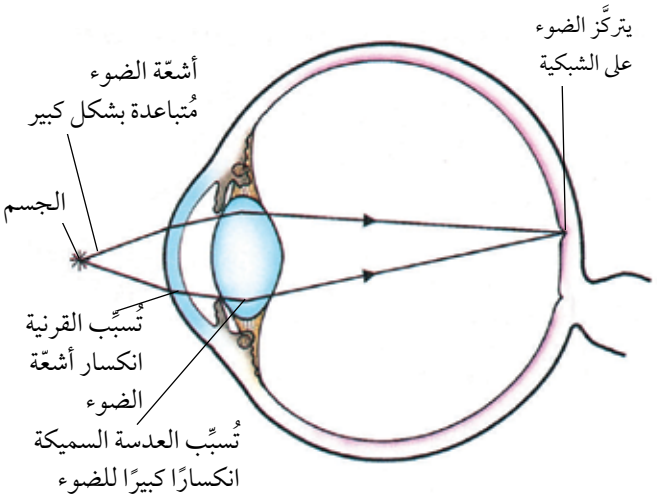
الشكل ٦ـ ٩ كيف يتم تركيز الصورة على الشبكية



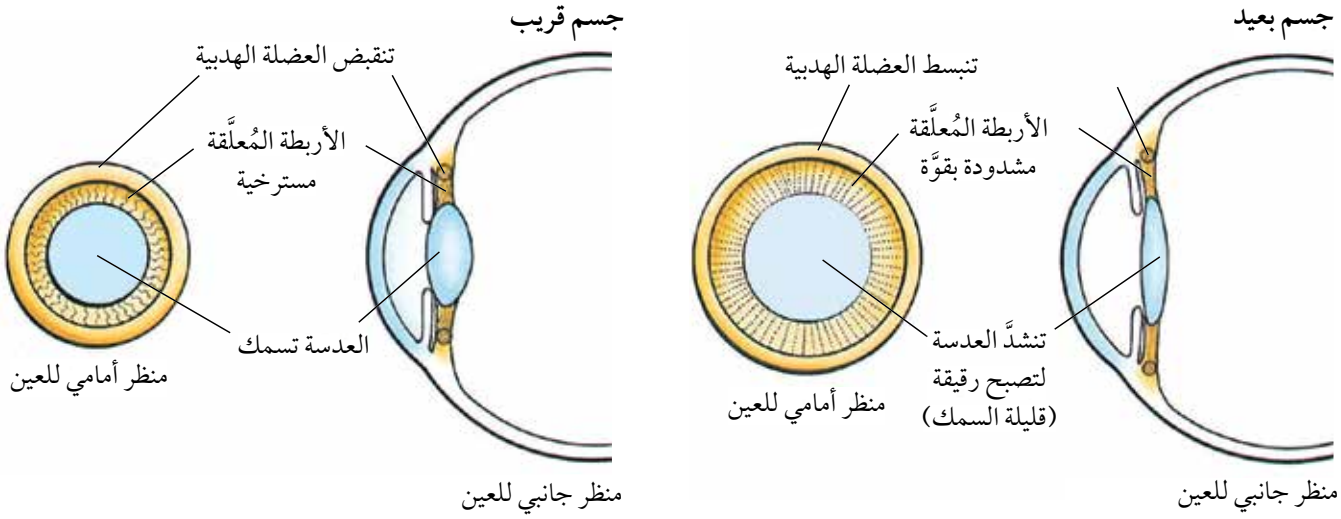
الشكل ٦ـ ١٠ التركيز على جسم بعيد

وفي المُقابل فإنَّ أشعة الضوء القادمة من جسم قريب تكون مُتباعدة أو مُنفرجة، لذا فهي تحتاج إلى مقدار كبير من الانكسار (الشكل ٦-١١).

تستطيع العدسة أن تُعدِّل شكلها لضبط مقدار انكسار أشعّة الضوء لإسقاطه على الشبكية وتركيزه. فكلّما كانت العدسة سميكة سبَّبت انكسارًا أكبر لأشعّة الضوء. وكلَّما كانت العدسة أقلَّ سمكًا، سبَّبت انكسارًا أقلّ. وتُسمّى هذه العملية التي يتم فيها ضبط شكل العدسة من أجل تركيز أشعّة الضوء القادمة إليها من مسافات مختلفة باسم **تكيُّف العين Accommodation**.



الشكل ٦ـ ١١ التركيز على جسم قريب



الشكل ٦ـ ١٢ كيف يتغيَّر شكل العدسة

يُبيِّن الشكل ٦-١٢ كيف يتغيَّر شكل العدسة أثناء التكيُّف. فالعدسة مُثبَّتة في مكانها بواسطة حلقة من **الأربطة المُعلَّقة Suspensory ligaments**. ويتمّ تغيير شكل العدسة بتغيير مقدار الشدّ في الرباط المُعلَّق والذي يتكيَّف بواسطة انقباض **العضلة الهدبية Ciliary muscle** أو انبساطها. فعندما تنقبض العضلة الهدبية ترتخي الأربطة المُعلَّقة. وعندما تنبسط العضلة الهدبية تشدّ الأربطة وتسحبها بقوة، وهي بدورها تشدّ العدسة وتغيِّر شكلها لتصبح رقيقة (قليلة السمك). وعند ارتخائها تزداد سماكة العدسة.

أسئلة

٦-٩ ما المقصود بمصطلح «المؤثِّر»؟

٦-١٠ أي من أجزاء العين يحتوي على خلايا حسّاسة للضوء؟

٦-١١ رتِّب أجزاء العين التي يمر من خلالها الضوء حتى يصل إلى الشبكية.

٦-١٢ سمِّ **جزأين** من أجزاء العين يُسهمان في انكسار أشعَّة الضوء لدى مرورها من خلالهما.

٦-١٣ ما المقصود بمصطلح «تكيُّف العين»؟

٦-١٤ **أ.** ما الدور الذي تقوم به العضلة الهدبية عند رؤية جسم قريب والتركيز عليه؟

ب. ما تأثير ذلك على:

١. الأربطة المعلَّقة؟

٢. العدسة؟

٦-٤ الهرمونات

الغدد الصمّاء

لقد تعلَّمت أنَّ السيّالات العصبية يتمّ نقلها بسرعة كبيرة بواسطة الأعصاب من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر منه. ولكن يستخدم الجسم أيضًا موادّ كيميائية لنقل المعلومات من جزء إلى آخر، وهي **الهرمونات Hormones**. تُصنَع الهرمونات في غُدد مُتخصِّصة تُسمّى **الغُدَد الصمّاء Endocrine glands** التي تفرز الهرمونات مباشرة في مجرى الدم داخل الشُّعَيرات الدموية، ليتمَّ نقلها إلى جميع أجزاء الجسم وهي مُذابة في بلازما الدم. ومع أن الدم ينقل العديد من الهرمونات المختلفة، إلا أن كلاًّ منها يُؤثِّر في أجزاء مُحدَّدة من الجسم تُسمّى **الأعضاء المُستهدَفة Target organs**.

مصطلحات علمية

الهرمون Hormone: مادّة كيميائيّة تفرزها الغدد الصّماء، ويحملها الدم لتؤثِّر على نشاط عضو أو أكثر من الأعضاء المُستهدَفة.

هرمون الأدرينالين

يحتوي جسم الإنسان على غُدّتين كظريَّتين تقعان فوق الكلى وتنتجان هرمون **الأدرينالين Adrenaline**. وعندما

تشعر بالخوف أو بالإثارة والتشويق أو بالارتباك، يُرسِل دماغك سيّالات عصبية بواسطة عصب إلى غُدّتيك الكظريّتَين تجعلهما تفرزان الأدرينالين في مجرى الدم.

ولهرمون الأدرينالين تأثيرات مُتعدِّدة تُساعدك على التعامُل مع حالات الخطر التي تُسمّى برد فعل «الكرّ والفرّ». فهو مثلاً يُسبِّب تسارُع نبض قلبك ليتم توصيل الأكسجين إلى دماغك وعضلاتك بسرعة أكبر. ممّا يمكنهما من الحصول على كمّية أكبر من الطاقة اللازمة للمواجهة (الكرّ) أو الهروب (الفرّ). ويُسبِّب هرمون الأدرينالين أيضًا زيادة في معدَّل التنفُّس لكي يدخل الأكسجين بكمّيات أكبر إلى الدم في الرئتَين.

كذلك له دور في توسُّع حدقة العين مُتيحًا دخول كمّيات أكبر من الضوء إلى العينَين، فترى الخطر أكثر وضوحًا. وفضلاً عن ذلك تتقلّص الأوعية الدموية في جلدك وفي جهازك الهضمي وتتضيّق فيقلّ وصول كمّيات الدم إليهما. وهذا ما يجعلك تبدو شاحبًا وتشعر بالتوتر والقلق. ولذلك يكون الدماغ والعضلات في حاجة إلى أكبر قدر من الدم في الحالات الطارئة.

ويحثّ هرمون الأدرينالين الكبد على إطلاق الجلوكوز في مجرى الدم. وهذا ما يوفِّر كمّيات إضافية منه للعضلات لكي تحصل على الطاقة عن طريق عملية التنفُّس والتي تستهلكها أثناء عملية الانقباض.

أسئلة

٦-١٥ كيف يتم نقل الهرمونات إلى جميع أنحاء الجسم؟

٦-١٦ صف **موقفين** يُحتَمل أن يتم فيهما إفراز هرمون الأدرينالين.

٦-١٧ كيف يساعد هرمون الأدرينالين على تهيئة الجسم للقيام بفعل ما؟

يُبيِّن الجدول ٦-١ مُقارنة بين الجهاز العصبي (التنظيم العصبي) وجهاز الغُدد الصمّاء (التنظيم الهرموني).

الجهاز العصبي (التنظيم العصبي)	جهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني)
يتكوَّن من خلايا عصبية (عصبونات)	يتكوّن من خلايا إفرازية
تنتقل المعلومات فيه على شكل إشارات كهربائية تُسمّى سيّالات عصبية	تنتقل المعلومات فيه على شكل مواد كيميائية تُسمّى الهرمونات
تنتقل السيّالات العصبية فيه عبر محاور أسطوانية وشُجَيرات عصبية	تنتقل المواد الكيميائية في مجرى الدم
تنتقل السيّالات العصبية بسرعة كبيرة	تنتقل الهرمونات ببطء
يستمر تأثير السيّال العصبي لمدة قصيرة جدًّا	قد يستمر تأثير الهرمون لمُدَّة طويلة

الجدول ٦ـ ١ مقارنة بين الجهاز العصبي (التنظيم العصبي) وجهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني) في الإنسان

٦-٥ الاتِّزان الداخلي

الحفاظ على ثبات البيئة الداخلية

تتميَّز البيئة المحيطة بالكائن الحي بأنها دائمة التغيُّر. فإذا فكَّرت بالبيئة المُحيطة بك تُلاحظ مثلاً أن درجة حرارة الهواء تتغيَّر باستمرار خلال اليوم أو على مدار العام. وأنت تعلم أن الطقس في مسقط حارٌّ في معظم أوقات السنة ولا سيّما بين أبريل وأغسطس من كل عام. فإذا بلغت درجة الحرارة يومًا 35 °C خارج منزلك، يمكنك جعلها داخل المنزل بحدود 23 °C عند استخدامك جهاز التكييف.

غير أن البيئة المُحيطة بخلايا جسمك لا تتغيَّر مهما تغيَّرت البيئة الخارجية. فجسمك يُحافظ على بيئته الداخلية ثابتة طوال الوقت تقريبًا. وذلك لأن السائل الذي

يُحيط بالخلايا يُبقي درجة الحرارة وكمّية الماء وتركيز الجلوكوز في جسمك ثابتة تقريبًا. ويُسمّى الحفاظ على بيئة داخلية ثابتة للجسم **الاتِّزان الداخلي Homeostasis**.

مصطلحات علمية

الاتِّزان الداخلي Homeostasis: هو الحفاظ على بيئة داخليّة ثابتة.

يُعدُّ الاتِّزان الداخلي في جسمك ضرورة قصوى؛ فهو يُساعِد الخلايا على العمل بأعلى قدر ممكن من الكفاءة. وذلك لأن الحفاظ على درجة حرارة الجسم عند 37 °C يُساعِد الأنزيمات على العمل بالسرعة المُثلى. وعندما يُحافِظ جسمك على كمّية ثابتة من الماء فإن ذلك يُجنِّب الخلايا التعرُّض للتلف من جرّاء امتصاص الماء أو فقدان الكثير منه عن طريق الأسموزية. وعندما يُحافظ على تركيز ثابت من الجلوكوز فإن ذلك يؤدّي الى استمرار عملية التنفُّس به.

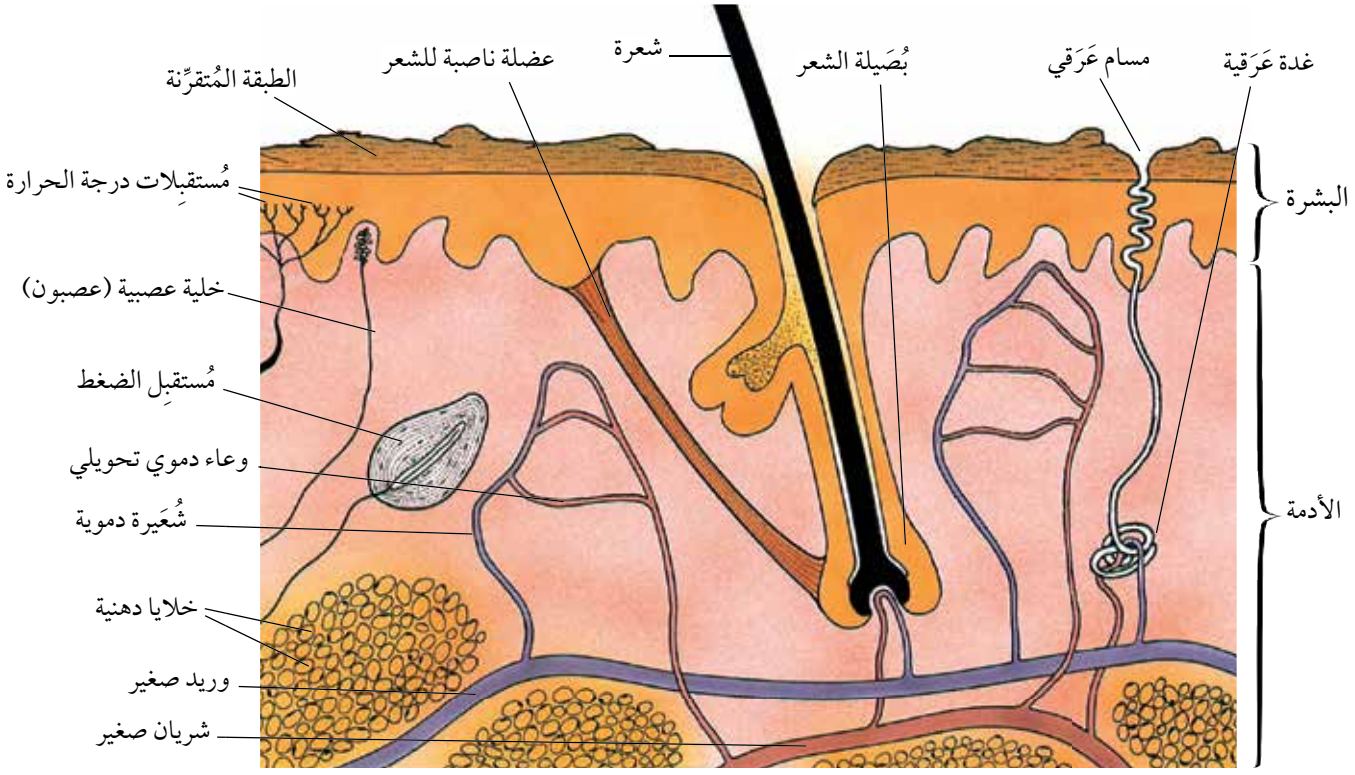
وفي هذا الموضوع ستتعرَّف إلى مثالَين هما ضبط درجة حرارة الجسم، وتنظيم تركيز الجلوكوز في الدم، يُبيِّن كل منهما كيف يحقِّق الإنسان الاتِّزان الداخلي. وهو عمليَّة يشترك فيها الجهاز العصبي والغدد الصمّاء المختلفة فضلاً عن الجلد والبنكرياس والكبد.

١. ضبط درجة حرارة الجسم

يمتلك الإنسان قدرة جيدة على ضبط درجة حرارة جسمه وإبقائها ثابتة تقريبًا وإن كانت درجة حرارة البيئة المحيطة تتغيَّر باستمرار. ولدى جميع الحيوانات الثديية والطيور أيضًا القدرة على تحقيق ذلك.

الجلد

يعدُّ الجلد من أهم الأعضاء التي لها دور كبير في تنظيم درجة حرارة الجسم في الإنسان. ويُبيِّن الشكل ٦-١٣ مقطعًا في جلد الإنسان.



الشكل ٦-١٣ رسم تخطيطي لمقطع في جلد الإنسان

يتكوَّن جلد الإنسان من طبقتَين هما: الطبقة العلوية (الخارجية) وتُسمّى البشرة؛ والطبقة السفلية (الداخلية) وتُسمّى الأدَمة.

يتم إنتاج جميع خلايا البشرة من طبقة الخلايا الواقعة في قاعدتها والتي تتّصف بقدرتها على الانقسام. تنتقل الخلايا الجديدة من مكان إنتاجها بشكل تدريجي نحو سطح الجلد. ومع انتقالها إلى هناك تموت وتمتلئ ببروتين يُسمّى الكيراتين.

تشكِّل تلك الخلايا الميتة سطح طبقة الجلد العلوية التي تعرف بالطبقة المتقرِّنة، والتي تعمل على حماية الخلايا الحية اللينة تحتها لأنها صُلبة وعازلة للماء. وتتمّ إزالة تلك الخلايا واستبدالها بخلايا جديدة من الطبقة التي تحتها مباشرة باستمرار. وتنمو الطبقة المُتقرِّنة لتصبح أكثر سمكًا في مناطق الجسم التي تتعرَّض للاحتكاك بكثرة مثل كعبَي القدمَيْن.

تحتوي بعض خلايا البشرة على صبغة بنّية قاتمة تُسمّى الميلانين وظيفتها امتصاص الأشعّة فوق البنفسجية الضارة من ضوء الشمس والتي يمكن أن تصل إلى الخلايا الحية في طبقات الجلد العميقة وتتلفها.

تحتوي مواقع مُختلِفة ومُتقارِبة من البشرة على جيوب صغيرة تُشكِّل بُصَيلات الشعر. ومن كل بُصَيلة تنمو شعرة مُكوَّنة من الكيراتين.

ويوضِّح الشكل ٦-١٣ **الغدد العَرَقية Sweat gland** التي تفرز العَرَق، الذي يتكوَّن بشكل أساسي من الماء بالإضافة إلى كمّيات قليلة من الأملاح ومادة اليوريا المُذابة فيه. وينتقل العَرَق عبر القنوات العَرَقية ليبلغ سطح الجلد حيث يُطرَح خارجًا من خلال المسامات العرقية. وسوف تعرف كيف يسهم العَرَق في تنظيم درجة حرارة الجسم.

ويحتوي الجلد أيضًا على أوعية دموية ومُستقبِلات حسّية تتميّز بأنَّها تتحسَّس اللمس والألم والضغط ودرجة الحرارة. وهي بذلك تبقيك على علم بالتغيُّرات التي تحدث في البيئة من حولك.

توجد تحت الجلد طبقة من النسيج الدهني تتكوَّن من خلايا تحتوي على قطرات كبيرة من الدهون التي تعمل على عزل الجسم حراريًّا وتمنع فقدانه للحرارة وتُشكِّل مخزونًا كبيرًا للطاقة.

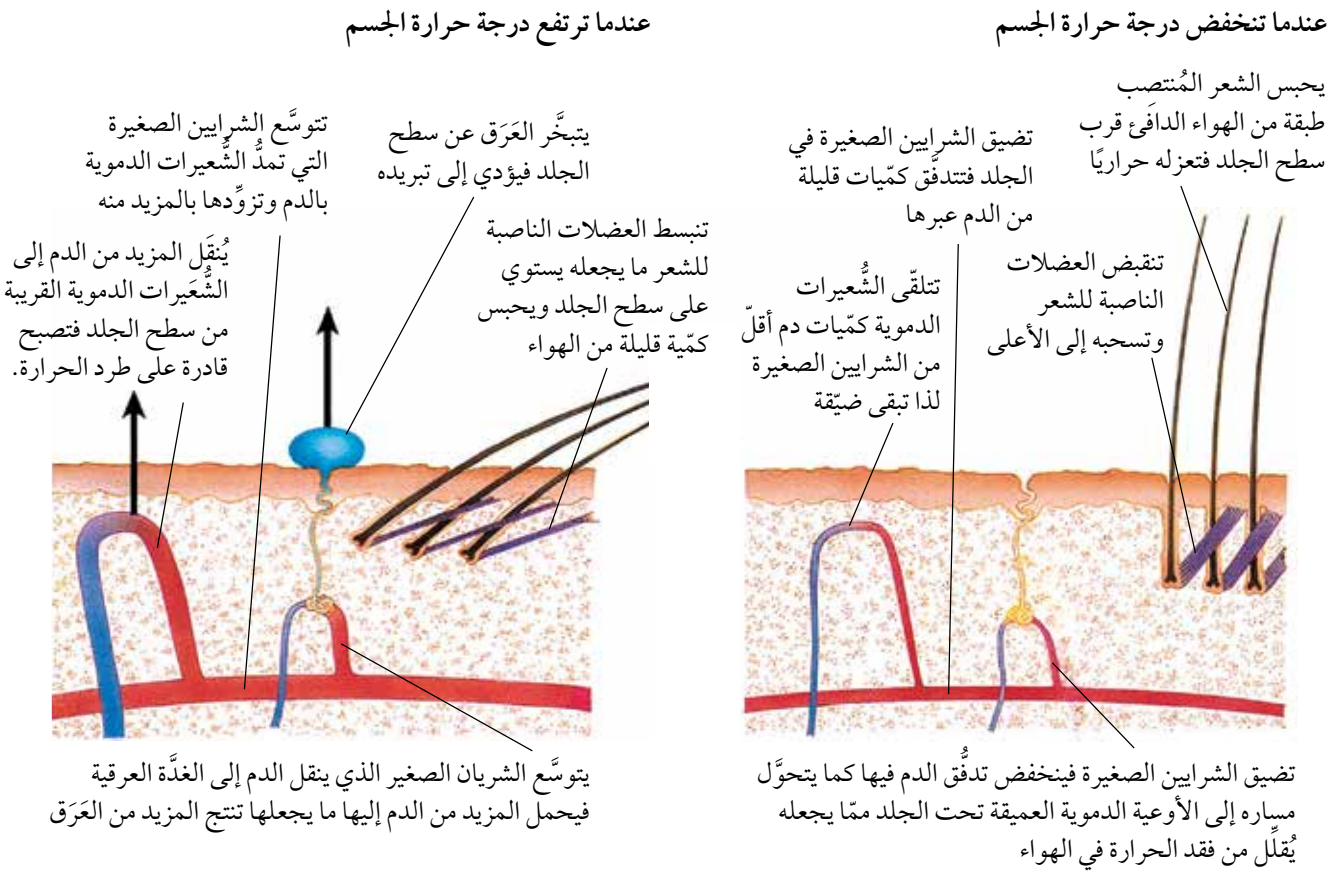
تحت المهاد

يؤدّي جزء الدماغ الذي يُسمّى **تحت المهاد Hypothalamus** دورًا مركزيًّا في آلية ضبط درجة حرارة الجسم الداخلية والمُحافَظة على ثباتها. إذ يقوم بتنظيم أنشطة الجسم التي يمكن أن تُحدِث تغيُّرات في درجة حرارته.

يعمل جزء تحت المهاد كمُنظِّم درجة الحرارة (الثرموستات). فهو يحتوي على مُستقبِلات تتحسّس درجة حرارة الدم الذي يمرّ عبره. فإذا كانت درجة حرارته أعلى أو أدنى من 37 °C يرسل تحت المهاد سيّالات عصبية عبر الأعصاب إلى أجزاء الجسم التي تقوم بتنظيم درجة حرارة الجسم وتحثّها على أداء وظيفتها.

وإذا انخفضت درجة حرارة جسمك إلى أدنى من 37 °C، فإن السيّالات العصبية الصادرة عن تحت المهاد تتسبَّب في حدوث الأمور الآتية (الشكل ٦-١٤):

- تنقبض بعض عضلات الجسم وتنبسط بسرعة كبيرة مولِّدة كمّيات كبيرة من الحرارة. وتُسمّى هذه الحالة بالارتجاف. إذ إن الحرارة الناتجة عن انقباض وانبساط العضلات ترفع من درجة حرارة الدم الجاري فيها. ويقوم الدم بعد ذلك بتوزيع الحرارة على كل أنحاء الجسم.
- تنقبض **العضلات الناصبة للشعر Hair erector muscles** في الجلد وتسحب الشعر إلى آخر حد نحو الأعلى فينتصب. لكن ذلك ليس له فائدة تذكر لدى الإنسان سوى أنَّه يتسبَّب بما يُسمّى «انتصاب الشعر» وظهور نتوءات على سطح الجلد. ولكن في الحيوانات ذوات الشعر الكثيف كالقطط، يتم احتجاز طبقة سميكة من الهواء الدافئ قرب سطح الجلد، تمنع الجلد من فقدان المزيد من الحرارة والدفء. وهكذا فإنها تعمل كعازل للحرارة.
- تضيق **الشرايين الصغيرة Arterioles** التي تُزوِّد الشُّعَيرات الدموية القريبة من سطح الجلد بالدم، وهذا ما يُسمّى **تضيُّق الأوعية الدموية Vasoconstriction**.



الشكل ٦ـ ١٤ كيف يساعد الجلد على تنظيم درجة الحرارة

وعندئذٍ يمكن لكمّيات قليلة فقط من الدم أن تتدفَّق عبرها. ويتحوَّل مسار باقي الدم ليتدفَّق عبر أوعية دموية تحويلية بديلة وعبر شُعَيرات دموية عميقة بدل ذهابه إلى السطحية منها. وبما أنَّ هذه الأوعية الدموية تقع تحت الجلد، أي تحت طبقة النسيج الدهني العازلة للحرارة، فإنَّ الدم لا يفقد الكثير من الحرارة في الهواء.

إذا ارتفعت درجة حرارة الجسم فوق 37 °C فإن السيّالات العصبية الصادرة عن تحت المهاد تتسبَّب في حدوث الأمور الآتية:

- تنبسط العضلات الناصبة للشعر في الجلد ممّا يُسبِّب استواء الشعر على سطح الجلد.
- تفرز الغدد العَرَقية العَرَق الذي ينتشر على سطح الجلد الساخن. فيتبخَّر الماء الموجود فيه حاملاً الحرارة من الجلد معه؛ مما يؤدِّي إلى تبريد سطح الجسم.
- تتوسَّع الشرايين الصغيرة التي تزوِّد الشُّعَيرات الدموية القريبة من سطح الجلد بالدم. وهذا ما يُسمّى **بتوسُّع الأوعية الدموية Vasodialation**. وعندئذٍ يتدفَّق المزيد من الدم عبرها إلى الشُّعيرات الدموية القريبة من سطح الجلد. وبسبب قرب كمّيات كبيرة من الدم إلى سطح الجلد يفقد الدم حرارته بسرعة في الهواء المُلامِس للجلد فتنخفض درجة حرارته.

تذكَّرْ

لا تتحرَّك الشرايين الصغيرة التي تمدّ الشُّعَيرات الدموية في الجلد بالدم صعودًا أو نزولاً عبر الجلد، بل إنَّها تُصبح أوسع أو أضيق. كذلك لا تُغيِّر الشُّعَيرات الدموية في الجلد موضعها أو حجمها، بل إنّ كمّية الدم المُتدفِّق عبرها إمّا تزيد وإمّا تنقص.

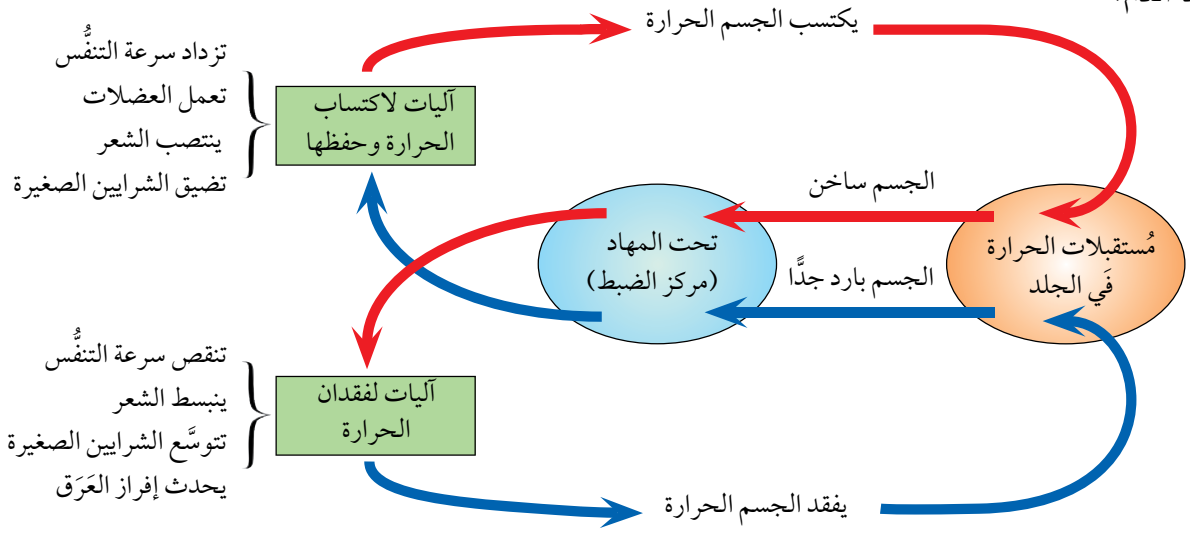
التغذية الراجعة السلبية

يُلخّص الشكل ٦-١٥ الطريقة التي يعمل بها تحت المهاد والجلد والعضلات معًا للحفاظ على ثبات درجة الحرارة الداخلية لجسمك. ولكن في الحقيقة يستحيل الحفاظ على ثباتها تمامًا بل ضمن حدود مُعيَّنة وضيّقة كما يظهر في الشكل.

تستجيب مُستقبِلات درجة الحرارة في الجلد لارتفاع درجة الحرارة في البيئة الخارجية عبر إرسال سيّالات عصبية إلى منطقة تحت المهاد. ويستطيع تحت المهاد أن يستشعِر أيضًا ارتفاع درجة حرارة الدم الذي يمرّ عبره. ويستجيب بإرسال سيّالات عصبية إلى جلدك تحثّه كي يعمل على تبريد الدم.

ولكن عندما يصل إلى تحت المهاد دم انخفضت درجة حرارته يستجيب بإرسال سيّالات عصبية إلى جلدك ليقوم بآليات تعمل على تقليل مُعدَّل فقدان دمك للحرارة. وفي الوقت نفسه يزداد مُعدَّل إنتاج الحرارة في عضلاتك.

إذن، يراقب تحت المهاد التغيُّرات الطفيفة في درجة حرارة دمك طوال الوقت، فعندما ترتفع فوق المستوى الطبيعي ينبِّه للقيام بآليات معيّنة تساعد على خفض درجة الحرارة إلى المستوى الطبيعي. وإذا استشعر في المقابل انخفاض درجة الحرارة يوقف تلك الآليات ويُنبِّه للبدء بآليات تساعد على رفع درجة حرارة الدم.



الشكل ٦-١٥ الحفاظ على ثبات درجة الحرارة

تُسمّى هذه العملية باسم **التغذية الراجعة السلبية Negative feedback**. ويُشير مصطلح «التغذية الراجعة» إلى حقيقة أن تحت المهاد، الذي يجعل الجلد يقوم بآليّات لزيادة مُعدَّل فقدان الحرارة، يتم تزويده بمعلومات حول ذلك. وتوصف تلك التغذية بأنَّها «سلبية» لأنه عندما يبرد الدم، أي تنخفض درجة حرارته، يُرسِل تحت المهاد سيّالات عصبية إلى الجلد ليوقفه عن أداء الآليّات التي تزيد من فقدان الحرارة. فعندما يستمر تحت المهاد بارسال سيّالات عصبية إلى الجلد يزداد مُعدَّل فقدان الحرارة. وهذه النتيجة المتمثِّلة بفقدان الحرارة عادت وعملت على تثبيط إرسال السيّالات العصبية من تحت المهاد إلى الجلد.

نشاط ٦-٦

استقصاء تأثير حجم الجسم على مُعدَّل التبريد

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

يعتبر تنظيم درجة حرارة الجسم جزءًا مُهمًّا من عملية الاتِّزان الداخلي. وحين تفقد أجسامنا الحرارة وتطلقها في الهواء المحيط بنا، تنتج الخلايا المزيد من الحرارة لمنع انخفاض درجة حرارة الجسم. ستستخدم في هذا الاستقصاء أوعية تحتوي على الماء الساخن لتُمثِّل جسم

الإنسان. وسوف تختبر التجربة الفرضية الآتية:

الجسم الكبير يبرد بصورة أبطأ من الجسم الصغير.

١ اقرأ الإجراءات التي ستقوم بها. وارسم جدول نتائج يمكنك أن تسجِّل فيه النتائج التي تحصل عليها خلال تنفيذك التجربة. وتذكَّر أن تضع وحدات القياس في عناوين أعمدة الجدول وصفوفه.

٢ تحتاج إلى أي وعاءين متشابهين على أن يكون أحدهما كبيرًا والآخر صغيرًا. كما تحتاج إلى ميزان حرارة (ثيرمومتر) عدد (٢).

٣ احصل على بعض الماء الساخن واسكبه في كل من الوعاءَين حتى امتلاء كل منهما تقريبًا. وقم مباشرة بقياس درجة حرارة كل منهما وسجِّلها في الجدول عند الزمن صفر.

٤ سجِّل درجة حرارة كل من الوعاءين كل دقيقتين لُمدَّة لا تقل عن 14 دقيقة.

٥ ارسم تمثيلاً بيانيًّا خطّيًا لتمثيل نتائجك.

أسئلة

١ **أ.** اذكر **مُتغيِّرين** حافظت على ثباتهما في هذه التجربة.

ب. لماذا يُعدُّ ضروريًا الحفاظ على ثبات هذين المُتغيِّرين؟

٢ **أ.** كم درجة سيليزية °C انخفضت درجة حرارة الوعاء الكبير خلال تجربتك.

ب. كم درجة سيليزية °C انخفضت درجة حرارة الوعاء الصغير خلال تجربتك.

٣ هل تدعم نتائجك الفرضية التي قمت باختبارها؟ وضِّح إجابتك.

نشاط ٦-٧

استقصاء أثر عملية التبخُّر على مُعدَّل عملية التبريد

المهارات:

- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات
- تقييم الطرق والاستراتيجيات

يساعد التعرُّق على تبريد الجسم. وفي هذا النشاط سوف تقوم بالتخطيط لتجربة وإجرائها لاختبار الفرضية الآتية:

يؤدّي تبخُّر الماء من سطح جسم ساخن إلى تبريده بشكل سريع.

يمكنك استخدام طريقة مُشابهة للطريقة التي استخدمتها في النشاط ٦-٦. ستحتاج إلى استخدام أنبوبتَيْ اختبار أو ثلاث لها الحجم نفسه. وستحتاج أيضًا إلى استخدام موادّ ماصَّة للماء يمكنك لفّها حول أنابيب الاختبار.

١ ما المُتغيِّرات التي ستقوم بتغييرها في تجربتك؟ كيف ستفعل ذلك؟

٢ اذكر المُتغيِّرات التي ستُحافظ على ثباتها في تجربتك.

٣ ما المُتغيِّر الذي ستقيسه في تجربتك؟ كيف ستقيسه؟ وكم مرَّة ستقوم بذلك؟ اشرح اختياراتك.

٤ ما احتياطات الأمن والسلامة التي يجب عليك اتخاذها؟ ولماذا؟

٥ ضع قائمة بالأجهزة والأدوات والمواد التي ستستخدمها في تجربتك. اشرح أسباب اختيارك لتلك الأجهزة.

٦ كيف ستعرض نتائجك؟

٧ توقَّع النتائج التي ستحصل عليها، إذا كانت الفرضية التي وضعْتَها صحيحة.

اعرض خطَّتك على معلِّمك، ليقوم بتدقيقها ومُراجعتها قبل البدء بتنفيذها.

أسئلة

٦-١٨ اذكر **وظيفتَين** للنسيج الدهني تحت الجلد.

٦-١٩ اشرح كيف تساعد عملية التعرُّق في تبريد الجسم.

٦-٢٠ اذكر اسم جُزء الدماغ الذي ينسّق عملية تنظيم درجة الحرارة.

٦-٢١ وضِّح المقصود بتوسُّع الأوعية الدموية، وبيِّن كيف يُساعد على تبريد الجسم.

٦-٢٢ اشرح المقصود بعملية التغذية الراجعة السلبية.

٢. تنظيم تركيز الجلوكوز في الدم

تُعدُّ عملية تنظيم تركيز (مستوى) الجلوكوز في الدم جزءًا مُهمًّا جدًّا من عمليات تنظيم الاتِّزان الداخلي. فالخلايا تحتاج إلى تزويدها بالجلوكوز بشكل ثابت ومستمر لتتمكَّن

من القيام بعملية التنفُّس. ومن دون ذلك لن تتمكَّن من إنتاج الطاقة التي تحتاج إليها. فخلايا الدماغ تعتمد في تنفُّسها اعتمادًا خاصًّا على الجلوكوز وهي تموت بسرعة إذا ما انقطعت إمدادات الجلوكوز عنها.

لكن في المقابل يُحدِث ازدياد كمّيات الجلوكوز في الدم ضررًا لأنَّه يُسبِّب خروج الماء من الخلايا إلى الدم بالأسموزية. فلا يبقى في الخلايا إلا القليل من الماء ليُستخدَم في عمليات الأيض الطبيعية.

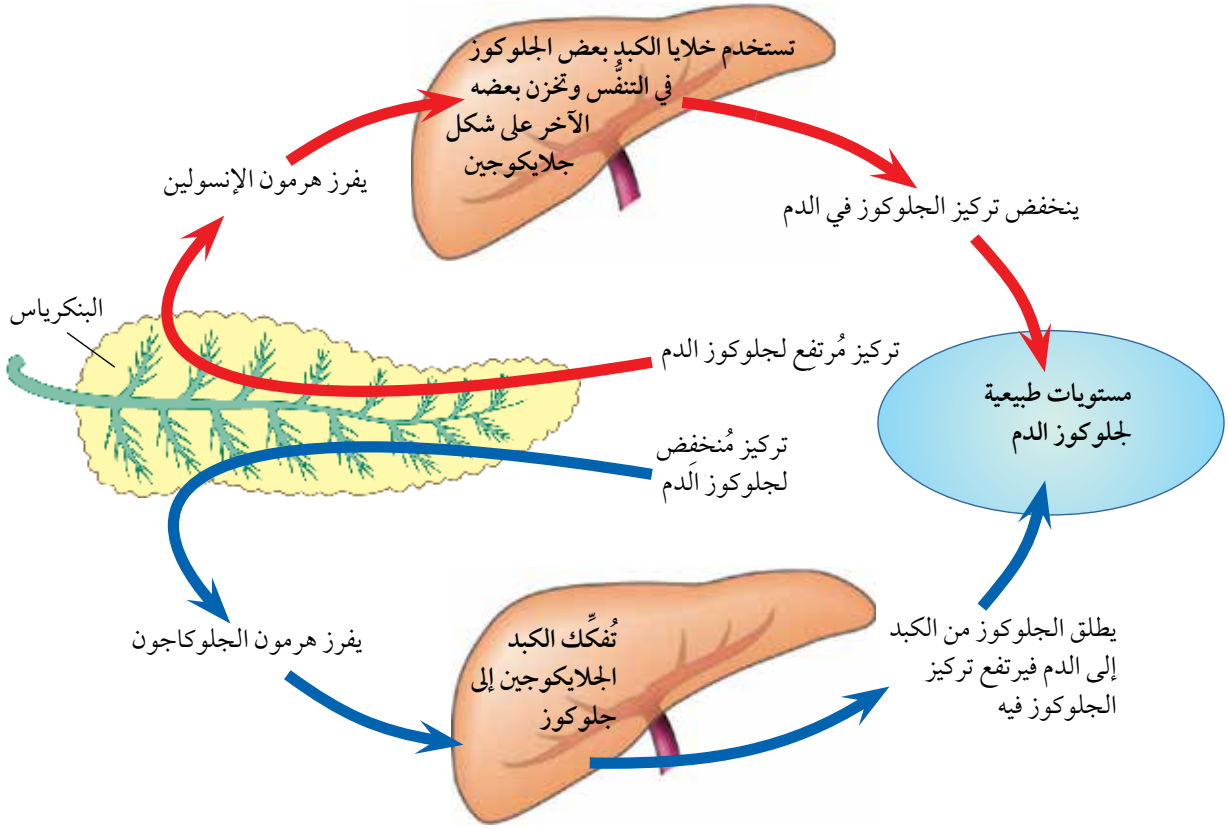
يتحكَّم البنكرياس والكبد بتركيز الجلوكوز في الدم ويقومان بضبطه (الشكل ٦-١٦).

ويتكوَّن البنكرياس من غدّتين، حيث يُمثِّل الجزء الأكبر منها غدَّة هضمية تنتج العصارة البنكرياسية التي تجري عبر قناة البنكرياس إلى الاثني عشر.

وتتخلَّل نسيج البنكرياس مجموعاتٌ من الخلايا تسمّى جُزُر لانجرهانز تقوم بصُنع هرمونَين هما **الإنسولين Insulin** و**الجلوكاجون Glucagon**. ويساعد هذان الهرمونان الكبد على ضبط كمّية الجلوكوز في الدم وتنظيمها. وفي حين يعمل الإنسولين على خفض تركيز الجلوكوز في الدم يعمل الجلوكاجون بعكس ذلك أي إنه يرفع تركيز الجلوكوز في الدم.

فإذا تناولتَ وجبة تحتوي على كمّية كبيرة من الجلوكوز يمتص الدم الجلوكوز من خلال جدران الأمعاء الدقيقة فيرتفع تركيز الجلوكوز فيه بشكل ملحوظ. غير أن خلايا جزر لانجرهانز تستشعر الارتفاع ذلك، فتفرز هرمون الإنسولين إلى الدم. وعندما يصل الإنسولين إلى الكبد يحثّها على امتصاص الجلوكوز من الدم. وتقوم الكبد باستخدام بعض هذا الجلوكوز في التنفُّس لإنتاج الطاقة وتُحوِّل بعضهُ الآخر إلى سُكَّر متعدِّد غير ذائب في الماء هو الجلايكوجين الذي يُختَزن في الكبد.

وإذا انخفض تركيز الجلوكوز في الدم عن المُعدَّل الطبيعي، يفرز البنكرياس هرمون الجلوكاجون الذي يحثّ الكبد على تفكيك الجلايكوجين إلى جلوكوز ثم إطلاقه في مجرى الدم.



الشكل ٦-١٦ آلية تنظيم تركيز الجلوكوز في الدم

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- تركيب الجهاز العصبي في الإنسان.
- كيف تنتقل المعلومات على شكل سيّالات عصبية (إشارات كهربائية) عبر الخلايا العصبية (العصبونات).
- الأفعال المنعكسة والأنواع المختلفة من الخلايا العصبية التي يتضمَّنها قوس الانعكاس.
- تركيب العين ووظائفها بما في ذلك الفعل المُنعكِس للقزحية (للبؤبؤ) والتكيُّف مع الضوء.
- الهرمونات وكيف يشارك هرمون الأدرينالين بالاستجابة في موقف «الكرّ أو الفرّ».
- أوجه التشابُه والاختلاف بين الجهاز العصبي (التنظيم العصبي) وجهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني).
- الاتِّزان الداخلي وكيف يساعد الجلد وتحت المهاد في الحفاظ على ثبات درجة حرارة الجسم.
- مفهوم التغذية الراجعة السلبية.
- كيف يساعد البنكرياس والكبد على تنظيم تركيز سُكّر الجلوكوز في الدم.

أسئلة نهاية الوحدة

١ اقرأ المقال التالي حول مرض الخلية العصبية الحركية (مرض العصبون الحركي)

ما هو مرض الخلية العصبية الحركية (مرض العصبون الحركي)؟

للجهاز العصبي خلايا عصبية خاصّة تتحكَّم في كيفية عمل عضلاتك تُسمّى الخلايا العصبية الحركية. يصيب مرض العصبون الحركي (MND) Motor Neurone Disease هذه الخلايا ويتسبَّب في توقُّفها التدريجي عن أداء وظائفها بمرور الوقت.

ويُعتبر مرض MND حالة نادرة. فهو يصيب المُسنّين الذين بلغوا السِّتينات والسبعينات. ولكنه يمكن أن يصيب البالغين من جميع الأعمار. ومع أنَّ تطوُّر هذا المرض بطيء إلا أنه مؤلم جدًّا ومحزن للغاية. فهو يصيب الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي. إذ يعطِّل الأقواس الانعكاسية مما يسبِّب صعوبة شديدة في القيام بالأفعال اللاإرادية مثل التنفُّس. بالإضافة إلى أن الذين يعانون من هذا المرض تتفاقم لديهم الصعوبة في الحركة والنطق وفي الإمساك بالأشياء. وقد تضعف لديهم عضلات الجهاز الهضمي مما يتسبَّب في فقدان الوزن. وعندما تضعف الخلايا العصبية في الدماغ يجد المصابون أنهم لا يستطيعون التحكُّم في استجاباتهم العاطفية.

لم يُكتشف لهذا المرض علاج شافٍ بعد. ولكن مع تقديم المعالجة والدعم المناسبين يمكن تأخير الأعراض وتقليلها.

أ. ماذا يقصد المقال بـ «الجهاز العصبي المركزي»؟

ب. صف المسار الطبيعي لنقل السيّال العصبي في قوس الانعكاس، مُستعينًا في ذلك بالمصطلحات العلمية الآتية:

عضو استجابة	**خلية عصبية (عصبون) حركية**	**مؤثِّر (منبِّه)**	**خلية عصبية (عصبون) حسّية**	
	خلية عصبية (عصبون) موصِلة	**سيّال عصبي**	**مُستقبِل**	

ج. أعط مثالاً على مُستقبِل والمؤثِّر (المنبِّه) له.

د. ما نوعا أعضاء الاستجابة في جسم الإنسان؟

هـ. فسِّر سبب معاناة مرضى الخلية العصبية الحركية من مشكلات في الحركة، مُستعينًا بما تعلّمته عن الجهاز العصبي.

٢ يستخدم الطالب سلمان برنامج كمبيوتر لقياس زمن رد فعله. وقد استخدم في تجربته صورة ذات ضوء أحمر، وكان عليه الضغط على زر فأرة الحاسوب عند تحوُّلها إلى اللون الأخضر. وقد سجَّل الكمبيوتر أوقات رد فعله كما هو موضح أدناه.

رقم المحاولة	زمن رد الفعل (ثانية)
1	0.50
2	0.27
3	0.33
4	0.29
5	0.25
المُعدَّل (المتوسط)	

أ. لماذا كرَّر سلمان التجربة 5 مرّات؟

ب. ما النتيجة التي يجب ألاّ تُحتَسب؟ ولماذا؟

ج احسب معدَّل زمن رد الفعل لسلمان.

د. هل هذه التجربة لفعل إراديّ أم لفعل لا إرادي؟ فسِّر إجابتك.

هـ. اذكر العضو المُستقبِل وعضو الاستجابة المُشارِكَين في هذا الفعل.

٣ **أ.** ضع على الشكل أدناه المصطلحات الآتية:

القرنية	القُزَحية	الحدقة (البؤبؤ)	العدسة	الشبكية
العصب البصري	العضلات الهدبية	الأربطة المُعلَّقة	البقعة العمياء	

ب. اذكر اسم الجزء المسؤول عن القيام بالوظيفة الآتية:

١. يُركِّز الضوء على الشبكية
٢. يُسهم في انكسار الضوء الذي يدخل العين
٣. يحتوي على مُستقبِلات الضوء
٤. ينقل السيّالات العصبية إلى الدماغ
٥. يتحكَّم في كمّية الضوء التي تدخل العين

٤ تنزع سائحة النظّارة الشمسية عن عينيها في يوم مُشمس.

أ. صف ما يحدث للعين مُستخدِمًا جميع المصطلحات العلمية الآتية:

شدّة الضوء	العضلات الدائرية	متضادة	العضلات الشعاعية	القزحية
الشبكية	الحدقة (البؤبؤ)	الفعل المنعكس	فعل لاإرادي	

تلتقط السائحة صورة لجَمل باستخدام هاتفها. ثم تنظر إلى شاشة الهاتف الذي تحمله، ثم تنظر إلى الجَمل من بعيد.

ب. ضع العبارات التالية بالترتيب الصحيح لوصف عملية التكيُّف التي تحدث في عين السائحة.

شاشة الهاتف قريبة والأشعة الضوئية الواصلة إلى العين مُتباعدة.	**ترتخي الأربطة المُعلِّقة**	**يزداد سمك العدسة ويزداد انكسار أشعّة الضوء.**
تنقبض العضلات الهُدبية	**تشتد الأربطة المُعلِّقة**	**الجَمَل على مسافة بعيدة. وبالتالي تكون أشعّة الضوء الواصلة إلى العين شبه مُتوازية**
تصبح العدسة رقيقة ويقلّ انكسار أشعة الضوء	**تنبسط العضلات الهدبية**	

٥ استقصى عالم أحياء تأثير هرمون الأدرينالين على جسم الإنسان. وقد طلب إلى 50 مُتطوِّعًا مشاهدة فيلم رعب وسجَّل مُعدَّل نبضات القلب.

أ. ما المقصود بالهرمون؟

ب. أين يتم إنتاج الأدرينالين؟

ج. ماذا تتوقَّع أن يحدث لمُعدَّل نبضات القلب لدى مشاهدة فيلم رعب؟ لماذا؟

د. ما التأثيرات الأخرى للأدرينالين على الجسم؟ اكتب ثلاثة منها.

يبيِّن الجدول الآتي النتائج التي سجَّلها العالِم لمُتطوِّع واحد.

الزمن (دقائق)	معدَّل نبضات القلب (نبضة لكل دقيقة)
0	65
10	92
20	70
30	79
40	86
50	137
60	90

هـ. مثِّل النتائج تمثيلاً بيانيًّا.

و. كان هناك جزء مُرعب بشكل خاص من الفيلم. في أي وقت تعتقد أنه عُرِض؟

ز. اقترح طريقة واحدة يمكن للعالِم فيها أن يُحسِّن استقصاءه.

٦ أ. حدِّد إن كانت كل من العبارات الآتية صحيحة أو خاطئة:

١. الاتِّزان الداخلي هو الحفاظ على بيئة داخلية ثابتة.

٢. أثناء البرد تتحرَّك الأوعية الدموية بعيدًا عن الجلد لمنع فقدان الحرارة.

٣. يحتوي الجلد على خلايا عصبية حسيّة تكشف التغيُّرات في درجة الحرارة.

٤. يتحسَّس تحت المهاد درجة حرارة الدم.

٥. عندما يكون الجو حارًّا تعمل العضلات الناصبة على انتصاب الشعر على الجلد حتى نهايته.

٦. يُؤدّي إفراز العرق إلى تبريد الجسم لأن درجة حرارته أدنى من درجة حرارة الجلد.

٧. أثناء البرد تنقبض العضلات وتنبسط بسرعة ممّا يؤدّي إلى حدوث ارتجاف لتوليد الحرارة.

ب. اكتب العبارات الخاطئة بالشكل الصحيح.

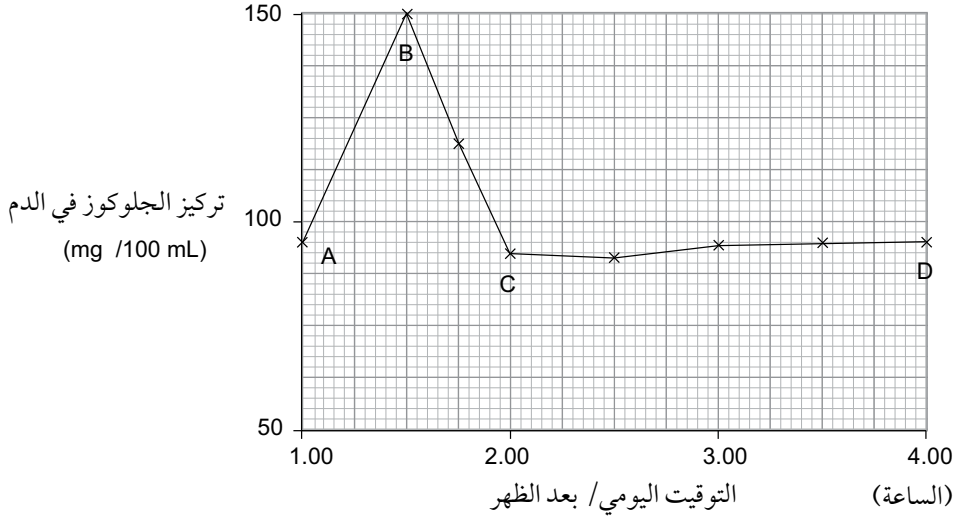
٧ قد يؤثِّر مرض السكَّري على قدرة الجسم على الحفاظ على مستوى ثابت لسكَّر الجلوكوز في الدم.

أ. صل المصطلحات العلمية التالية بوظائفها في الحفاظ على تركيز جلوكوز الدم.

الكبد	يفرز الجلوكاجون أو الإنسولين
البنكرياس	يحثّ الكبد على استخدام الجلوكوز وتخزينه
الأنسولين	يحث الكبد على تفكيك الجلايكوجين إلى جلوكوز
الجلوكاجون	يتفاعل مع الجلوكاجون أو الإنسولين

ب. يولد بعض مرضى السكَّري ببنكرياس غير قادر على إنتاج كمّية كافية من الإنسولين. فإذا لم يخضعوا للعلاج فكيف سيؤثِّر ذلك على تركيز الجلوكوز في الدم؟

يوضِّح التمثيل البياني التالي تركيز الجلوكوز في الدم لأحد مرضى السكّري.



ج. ما الحد الأقصى لتركيز الجلوكوز في الدم؟

د. اقترح سببًا لارتفاع نسبة تركيز الجلوكوز في الدم.

هـ. في الساعة 1:30 بعد الظهر حُقِنَ المريض بالإنسولين. اشرح سبب انخفاض تركيز الجلوكوز في الدم بعد ذلك.

مصطلحات علمية

الاتِّزان الداخلي Homeostasis: هو الحفاظ على بيئة داخليّة ثابتة. (ص ٩٤)

الإحساس Sensitivity: هو القدرة على استشعار المؤثِّرات (المُنبّهات) في البيئة الداخليّة أو الخارجيّة والاستجابة لها بشكلٍ مناسبٍ. (ص ١٦)

الإخراج Excretion: هو عمليّة تخلّص الكائنات الحيّة من فضلات عمليّة الأيض (كالتفاعُلات الكيميائيّة في الخلايا بما في ذلك التنفُّس)، والموادّ السامّة، والموادّ الزائدة عن احتياجاتها. (ص ١٦)

الأحماض الأمينية Amino acids: جُزيئات حيوية تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت أحيانًا، وهي الجُزيئات التي تتكوَّن منها جميع البروتينات. (ص ٤٨)

الأدرينالين Adrenaline: هرمون يتسبَّب في ردّ فعل «الكرّ والفرّ» ؛ تفرزه الغدّة الكظرية الموجودة فوق الكلية. (ص ٩٢)

الأربطة المُعلَّقة Suspensory ligaments: حلقة من الأربطة في العين مُتَّصلة بالعضلات الهدبية تثبِّت العدسة وتتحكَّم في شكلها. (ص ٩٢)

الأسقربوط Scurvy: حالة مرضية تنتج عن نقص فيتامين ج (C)، مما يؤدِّي إلى نزف اللثة وآلام في المفاصل. (ص ٦٤)

الأسموزية Osmosis: هي صافي حركة انتقال جُزيئات الماء من منطقة ذات جهد ماء مُرتفع (محلول مُنخفض التركيز) إلى منطقة ذات جهد ماء مُنخفِض (محلول مُرتفِع التركيز) عبر غشاء شبه مُنفِذ. (ص ٣٣)

الألياف Fibres: مادة غير قابلة للهضم يحتاج إليها الجسم للمحافظة على صحّة القناة الهضمية كي تؤدّي وظيفتها بطريقة صحيحة. (ص ٦٥)

الانتشار Diffusion: صافي انتقال الجُزيئات بسبب حركتها العشوائيّة من المنطقة ذات التركيز الأعلى إلى المنطقة ذات التركيز الأقلّ، بناءً على مُنحدَر التركيز. (ص ٢٩)

الأنزيمات Enzymes: بروتينات تعمل كعوامِل حفّازة حيوية. (ص ٥٠)

الإنسولين Insulin: هرمون يفرزه البنكرياس، يحثّ الكبد على زيادة امتصاص الجلوكوز من الدم. وتحويل الفائض منه الى جلايكوجين. (ص ٩٩)

الأهداب Cilia: نتوءات أو امتدادات سيتوبلازمية تخرج من جوانب الخلية. (ص ٢٤)

البروتين Protein: جُزيء حيوي مُكوَّن من سلاسل من أحماض أمينية، وهو مادة غذائية يحتاج إليها الجسم للنمو وترميم الخلايا. (ص ٤٨)

البُقعة العمياء Blind spot: منطقة في شبكية العين، تخلو من المُستقبِلات الحسّيَّة للضوء، حيث يخرج العصب البصري خارج مُقلة العين. (ص ٨٩)

البلاستيدة الخضراء Chloroplast: عُضيَّة تحتوي على الكلوروفيل. وهي موقع حدوث عملية التمثيل الضوئي في الخلايا النباتية. (ص ٢٠)

البلزمة Plasmolysis: عملية انسحاب غشاء الخلية نحو الداخل بعيدًا عن جدار الخلية في خلايا النبات، بسبب انتشار الماء خارج الخلية. (ص ٣٦)

تحت المهاد Hypothalamus: جزء الدماغ الذي يتحسس درجة حرارة الدم ويضبطها. وهو يتلقّى المعلومات من مُستقبِلات الحرارة في الجلد. ويقوم أيضًا بمراقبة درجة حرارة الدم مباشرة، فيحثّ على القيام بآليات رفع أو خفض درجة حرارة الدم. (ص ٩٥)

التشابُك العصبي Synapse منطقة بين الخلايا العصبيَّة يتمّ فيها انتقال المعلومات كيميائيًّا لا كهربائيًّا. (ص ٨٣)

تضيُّق الأوعية الدموية Vasoconstriction: تقلُّص أقطار الأوعية الدموية ممّا يخفض من كمّية الدم الذي يتدفَّق عبرها، كتضيُّق الشرايين الصغيرة التي تزوِّد الشُّعيرات الدموية عند سطح الجلد، ويؤدّي ذلك إلى انخفاض تدفُّق الدم والتقليل من فقدان الحرارة. (ص ٩٥)

التغذية Nutrition: هي تناول الموادّ الغذائية للحصول على الطاقة اللازمة للنموّ والتطوّر. (ص ١٦)

التغذية الراجعة السلبية Negative feedback: آليّة اتِّزان داخلي تعود نتيجتها لتعمل على تثبيط أو تقليل عمل الآليّة التي أنتجتها. (ص ٩٧)

التفاعُلات الأيضية Metabolic reactions: التفاعُلات الكيميائية اللازمة للكائنات الحية كي تبقى على قيد الحياة، (تفاعلات الهدم و البناء) كالتنفُّس والهضم. (ص ٢٠، ٤٣)

التكاثُر Reproduction: إنتاج الكائنات الحية لكائنات جديدة من نفس النوع. (ص ١٦)

تكيُّف العين Accommodation: التغيُّر في شكل عدسة العين من أجل ضبط أشعَّة الضوء القادمة من جسم قريب أو بعيد وتركيزها. (ص ٩١)

التنفُّس Respiration: هو مجموعة التفاعلات الكيميائيّة التي تحدث داخل الخلايا التي تعمل على تفكيك جُزيئات الموادّ الغذائيّة وتحرّر الطاقة المطلوبة لعمليات الأيض. (ص ١٦، ٧٤)

التنفُّس الهوائي Aerobic respiration: هو مجموعة التفاعُلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا، وتستخدم الأكسجين لتفكيك جُزيئات المواد الغذائية من أجل تحرير الطاقة المُختزنة فيها. (ص ٧٤)

التنفُّس اللاهوائي Anaerobic respiration: هو مجموعة التفاعُلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا ويتمّ من خلالها تفكيك جُزيئات المواد الغذائية من أجل تحرير الطاقة المُختزَنة فيها دون استخدام الأكسجين. (ص ٧٤)

توسُّع الأوعية الدموية Vasodialation: ازدياد أقطار الأوعية الدموية الذي يزيد تدفُّق الدم عبرها، كاتِّساع الشرايين الصغيرة التي تُغذّي الشُّعَيرات الدموية عند سطح الجلد، ممّا يؤدّي إلى زيادة تدفُّق الدم وزيادة طرح الحرارة. (ص ٩٦)

الجدار الخلوي Cell wall: تركيب صلب يحيط بالخلية النباتية يوفِّر لها الدعم. (ص ٢٠)

جهد الماء Water potential: مقياس مقدار جُزيئات المياه الحرَّة، فكلما انخفض تركيز المحلول زاد جهد الماء. (ص ٣٤)

الجلايكوجين Glycogen: كربوهيدرات مُعقَّدة مُكوَّنة من سلسلة من جُزيئات الجلوكوز، توجد في خلايا الإنسان والحيوان. (ص ٤٤)

الجلوكاجون Glucagon: هرمون يفرزه البنكرياس الذي يحثّ الكبد على تفكيك الجلايكوجين إلى الجلوكوز وإطلاقه في الدم. (ص ٩٩)

الجلوكوز Glucose: كربوهيدرات أحادية (بسيطة). (ص ٤٤)

الحركة Movement: هي عمل يقوم به الكائن الحيّ أو جزء من الكائن الحيّ، ويؤدّي إلى تغيّر وضعيّته أو مكانه. (ص ١٦)

حمض اللبنيك (اللاكتيك) Lactic acid: حمض ينتج عن التنفُّس اللاهوائي في الإنسان والحيوانات؛ غير أنّ الحاجة إلى التخلُّص منه تولِّد عَوَز الأكسجين. (ص ٧٤)

خلايا الدم الحمراء Red blood cells: خلايا تقوم بنقل الأكسجين في الإنسان والحيوانات. (ص ٢٣)

خلايا الطبقة الوسطى العمادية Palisade mesophyll cells: خلايا تقوم بالتمثيل الضوئي في النباتات. (ص ٢٥)

خلية البُوَيضة Egg cell: خلية تناسُلية (مشيج) أنثوية في الثدييات يتم إخصابها بواسطة الحيوان المنوي ثم تنمو وتتطور إلى كائن حي جديد. (ص ٢٤)

خلية الحيوان المَنَوي Sperm cell: خلية تناسُلية (مشيج) ذكرية في الثدييات تقوم بإخصاب البويضة. (ص ٢٤)

خليَّة الشُعَيرة الجذرية Root hair cell: خلية موجودة في جذور النباتات تقوم بامتصاص الماء. (ص ٢٥)

الخلية العصبية (العصبون) الحركية Motor neurone: خلية عصبية تنقُل السيّال العصبي من الجهاز العصبي المركزي إلى عضو الاستجابة. (ص ٨٤)

الخلية العصبية الحسّية Sensory neurone: خلية عصبية تنقل المؤثِّر (المُنبِّه) من المُستقبِلات إلى الجهاز العصبي المركزي. (ص ٨٤)

الخلية العصبية الموصلة Relay neurone: خلية عصبية في الجهاز العصبي المركزي تنقل السيّالات العصبية الحسّية إلى الخلايا العصبية الحركية. (ص ٨٤)

الدهون Fats, Lipids: مواد غذائية حيوية تُستخدَم كمخزن للطاقة وكمادة عازلة للحرارة؛ يتكوَّن جُزَيئها من جليسرول وثلاثة أحماض دهنية. (ص ٤٦)

الرخوة Flaccid: صفة للخلية المُنكمِشة بسبب فقدان الماء من السيتوبلازم. (ص ٣٦)

السُّمنة Obesity: حالة ناتجة عن اعتماد نظام غذائي يحتوي على كمّية من الطاقة تفوق الكمّية التي تُستخدَم للأيض، والنمو، والأنشطة لفترة زمنيّة طويلة، ممّا يؤدِّي إلى العديد من المُشكلات الصحّية. (ص ٦٧)

سوء التغذية Malnutrition: ينتج عن اعتماد الشخص نظامًا غذائيًّا لا يتضمّن التوازن الصحيح للمواد الغذائية. (ص ٦٨)

السيّال العصبي Nerve impulse: إشارة كهربائية تنتقل عبر الخلايا العصبية. (ص ٨٣)

السيتوبلازم Cytoplasm: مادة في الخلايا تُشبه الهُلام حيث تحدث التفاعُلات الأيضية فيها. (ص ٢٠)

الشبكية Retina: جُزء العين الحسّاس للضوء، والذي يحتوي على خلايا مُستقبِلة (مُستقبِلات حسّيَّة). (ص ٨٧)

الشرايين الصغيرة Arterioles: فُروع صغيرة من الشريان تنتهي بالشُّعَيرات الدمويَّة، حاملة الدم إليها، كتلك التي تقع عند سطح الجلد. (ص ٩٥)

ضغط الامتلاء Turgor pressure: ضغط السيتوبلازم داخل الخلية النباتية على جدار الخلية؛ يزداد هذا الضغط عندما تصبح الخلية النباتية أكثر انتفاخًا. (ص ٣٦)

العامل الحفّاز Catalyst: مادة تزيد من سرعة تفاعُل كيميائي من دون أن تتغيَّر أثناء التفاعل. (ص ٥٠)

العدسة Lens: جُزء من العين يتحكّم بتكيُّفها، يركِّز الضوء المُنكسر من القرنية على الشبكية، ويضبط أشعَّة الضوء القادمة من مسافات مختلفة. (ص ٩٠)

العصب البصري Optic nerve: ينقل السيّالات العصبية من الشبكية إلى الدماغ. (ص ٨٨)

العضلات المُتضادة Antagonistic muscles: عضلات تعمل معًا بشكل أزواج. ولكل زوج من العضلات تأثير مختلف بهدف تأدية وظيفة مُعيَّنة، ومثال ذلك العضلات الشعاعية والعضلات الدائرية للقزحية اللتان تتحكَّمان في الفعل المُنعكس للقزحية. (ص ٨٩)

العضلات الناصبة للشعر Hair erector muscles: عضلات في الجلد تتحكَّم في وضعية الشعر لرفع حرارة الجسم أو خفضها. (ص ٩٥)

العضلات الهدبية Ciliary muscles: عضلات دائرية في العين تتحكَّم في شكل العدسة. (ص ٩٢)

عضو الاستجابة Effector organ: عضلة أو غدَّة في الكائن الحي تستجيب لمؤثِّر (مُنبِّه). (ص ٨٢)

العُضيّات Organelles: تراكيب صغيرة موجودة في الخلايا. (ص ٢٠)

الغدد العَرَقية Sweat glands: غدد في الجلد تفرز العَرَق استجابة لإشارات من تحت المهاد. (ص ٩٥)

الغشاء الخلوي Cell membrane: تركيب يحيط بالخليَّة من الخارج، شبه مُنفِذ؛ يتحكَّم في مرور المواد من الخليَّة وإليها. (ص ٢٠)

الغشاء شبه المُنفِذ Partially permeable membrane: غشاء يسمح بمرور بعض الجُزيئات من خلاله، ولا يسمح لبعضها الآخر. (ص ٢٠، ٣٣)

الفجوة العُصارية Vacuole: حيِّز محاط بغشاء في داخل الخلية يحتوي على محلول. تكون الفجوة العُصاريَّة كبيرة الحجم في الخلايا النباتية وتحتوي على العصارة الخلوية؛ وتكون صغيرة الحجم أو لا تكون موجودة في الخلايا الحيوانية. (ص ٢٠)

الفعل المُنعكِس Reflex action: خاصّية تمكِّن الجهاز العصبي من الاستجابة للمؤثِّرات الخارجية بصورة تلقائية وسريعة ومُنسَّقة من خلال أعضاء الاستجابة (العضلات والغدد). (ص ٨٥)

الفيتامينات Vitamins: مواد غذائية عضوية يحتاج إليها الجسم بكمّيات قليلة لأداء وظائف معيّنة. (ص ٦٤)

القُرْنية Cornea: جزء من العين يسبِّب انكسار أشعَّة الضوء. (ص ٨٨)

القُزحية Iris: الجزء المُلَّون من العين والذي يتحكَّم في مقدار الضوء الذي يدخل العين. (ص ٨٩)

قوس الانعكاس Reflex arc: المسار الذي يسلكه سيّال عصبي والذي يشمل مُستقبِلاً، وخلية عصبية حسّية، وخلية عصبية موصِّلة، وخلية عصبية حركية، وعضو استجابة. (ص ٨٥)

الكربوهيدرات Carbohydrate: جُزيء حيوي يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين. تشمل الكربوهيدرات السكّريات والنشويات، وهي مادة غذائية ضرورية لإنتاج الطاقة. (ص ٤٣)

الكساح Rickets: حالة مرضية تنتج عن نقص فيتامين د (D)، حيث تصبح العظام ليّنة ومُشوَّهة. (ص ٦٤)

الكواشيوركور Kwashiorkor: شكل من أشكال أمراض سوء التغذية ينتج عن نقص البروتينات في النظام الغذائي. (ص ٦٨)

الماء Water: مُكوِّن مُهمّ للكائن الحي ضروري لصنع السيتوبلازم، والحفاظ على الدعم داخل الخلايا، وحدوث التفاعلات الأيضية، فهو مذيب جيد للمواد ويشكِّل وسيلة لنقلها. (ص ٤٣)

مادة التفاعل Substrate: المادة المتفاعلة في التفاعل الذي يحفِّزه أنزيم. (ص ٥٠)

مرض القلب التاجي Coronary heart disease: ينتج عن تراكُم رواسب الدهون المُشبَعة على الأسطح الداخلية لجدران الشرايين التاجية للقلب، ويتسبّب في ضيق الشرايين وازدياد صلابتها ممّا يؤدِّي إلى عدم وصول كمّيات كافية من الدم والأكسجين إلى القلب. (ص ٦٥)

المُستقبِلات Receptors: خلايا أو أعضاء تستجيب لتغيُّر في المُوثِّر فتولِّد سيّالاً عصبيًّا ينتقل إلى خلية عصبية حسّية. (ص ٨٢)

المسخ (التلف / التغيُّر في طبيعة المركَّب) Denature: تغيُّر دائم في شكل جُزيء حيوي (مثل البروتين) يُفقِده خصائصه الوظيفية؛ فعندما يحدث ذلك للأنزيم (جُزيء بروتيني) يتغيَّر شكل الموقع النشط ولا يعود بإمكان الأنزيم تحفيز التفاعلات. (ص ٥٢)

المعادن Minerals: مواد غذائية غير عضوية يحتاج إليها الجسم بكمّيات صغيرة للقيام بوظائف مُحدَّدة. (ص ٦٥)

موقع الارتباط Binding site: موقع في مادة التفاعُل له شكل يتلاءم مع شكل الموقع النشط للأنزيم حيث تثبت مادة التفاعُل وترتبط معه ليتشكَّل مُعقَّد الأنزيم-مادة التفاعل. (ص ٥٠)

الموقع النشط الفعّال Active site: موقع على الأنزيم ترتبط معه مادّة التفاعُل. (ص ٥٠)

المُمتلئة Turgid: صفة للخلية المُنتفخة. (ص ٣٦)

مُنحدر التركيز Concentration gradient: الفرق بين تركيز سائلين؛ كلما ارتفع منحدر التركيز ارتفع الفرق في التركيز. (ص ٣٤)

المؤثِّر (المُنَبِّه) Stimulus: تغيُّرٌ في بيئة الكائن الحي يستشعره هذا الكائن. (ص ٨٢)

النشا Starch: كربوهيدرات مُعقَّدة مُكوَّنة من سلسلة من جُزيئات الجلوكوز؛ يوجد النشا في الخلايا النباتية. (ص ٤٤)

النظام الغذائي المُتوازِن Balanced diet: نظام غذائي يحتوي على المواد الغذائية التالية: الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهون، والفيتامينات، والماء، والمعادن، والألياف، بكمّيات ونسب صحيحة. (ص ٦١)

نقص التغذية Deficiency: نقص مادة غذائية مُعيَّنة في نظام غذائي. (ص ٦٤)

النموّ Growth: هو استمرار الزيادة في حجم الكائن الحي وكتلته الجافّة نتيجة زيادة عدد خلاياه أو حجمها أو كليهما. (ص ١٦)

النواة Nucleus: موقع المعلومات الوراثية في الخلية. (ص ٢١)

الهرمون Hormone: مادّة كيميائيّة تفرزها الغدد الصّماء ويحملها الدم لتوثِّر على نشاط عضو أو أكثر من الأعضاء المُستهدَفة. (ص ٩٢)

الهُزال الشديد Marasmus: شكل من أشكال أمراض سوء التغذية ينتج عن نقص في مصادر كل من البروتينات والطاقة (الكربوهيدرات والدهون) في النظام الغذائي. (ص ٦٨)

الهضم Digestion: تفكيك جُزيئات الطعام الكبيرة وغير القابلة للذوبان في الماء إلى جُزيئات صغيرة قابلة للذوبان في الماء باستخدام عمليات ميكانيكية وكيميائية. (ص ٥٠)

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفون والناشرون بالشكر الجزيل إلى جميع من منحهم حقوق استخدام مصادرهم أو مراجعهم. وبالرغم من رغبتهم فى الإعراب عن تقديرهم لكل جهد تم بذله، وذكر كل مصدر تم استخدامه لإنجاز هذا العمل، إلا أنه يستحيل ذكرها وحصرها جميعًا. وفي حال إغفالهم لأي مصدر أو مرجع فإنه يسرهم ذكره في النسخ القادمة من هذا الكتاب.

John Durham/SPL; Delphotos/Alamy; Ed Reschke/GI; Eleanor Jones; Biophoto Associates/SPL; Ed Reschke/GI; Dr Keith Wheeler/SPL; Phototake Inc./Alamy; Geoff Jones; Johan Olsson/GI; Martyn F. Chillmaid/SPL; Andrew Lambert Photography/SPL; Top-Pics TBK/Alamy; Andrew Lambert Photography/SPL (X2); Geoff Jones (X4); Alex Segre/Alamy; Images of Africa Photobank/Alamy; Ed Reschke/GI; Christian Petersen/GI; Nurphoto/GI; Science Photo Library - Ktsdesign/GI; Fotosearch/GI.

Key: GI= Getty Images, SPL= Science Photo Library.

رقم الإيداع : ٢٨١٥ / ٢٠٢٠ م

مزون للطباعة والنشر والتغليف (ش.م.م) - ٢٤٨١٥٦٩٣

الأحياء

كتاب الطالب ٩

يزخر كتاب الطالب بالعديد من الموضوعات مع شرح واضح وسهل لكل المفاهيم المتضمنة في هذه الموضوعات، ويقدِّم أنشطة ممتعة لاختبار مدى فهم الطلاب.

يتضمن كتاب الطالب:

- أنشطة عملية في كل وحدة، لمساعدة الطلاب على تطوير مهاراتهم العملية.
- أسئلة عن كل موضوع لتعزيز الفهم.
- مصطلحات علمية رئيسية موضَّحة في الوحدات، فضلاً عن قاموس للمصطلحات يرد في آخر الكتاب.
- أسئلة في نهاية كل وحدة من شأنها تأهيل الطلاب لخوض الاختبارات.

إجابات الأسئلة مُتضمَّنة في دليل المعلّم.

يشمل منهج الأحياء للصف التاسع من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب النشاط
- دليل المُعلِّم

ISBN 978-9-996935-06-0

www.moe.gov.om