سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الأحياء

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1444 هـ - 2022 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الأحياء

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1444 هـ - 2022 م

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 ٢٠٢٢ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – الأحياء للصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للأحياء
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين ماري جونز، ريتشارد فوسبيري، دينيس تايلور،
جنيفر غريغوري.

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

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠٢٢/١٢١ .واللجان المنبثقة عنه

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

**ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملًا أو مجزّأ أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**

المغفور لـه

السلطان قابوس بن سعيد

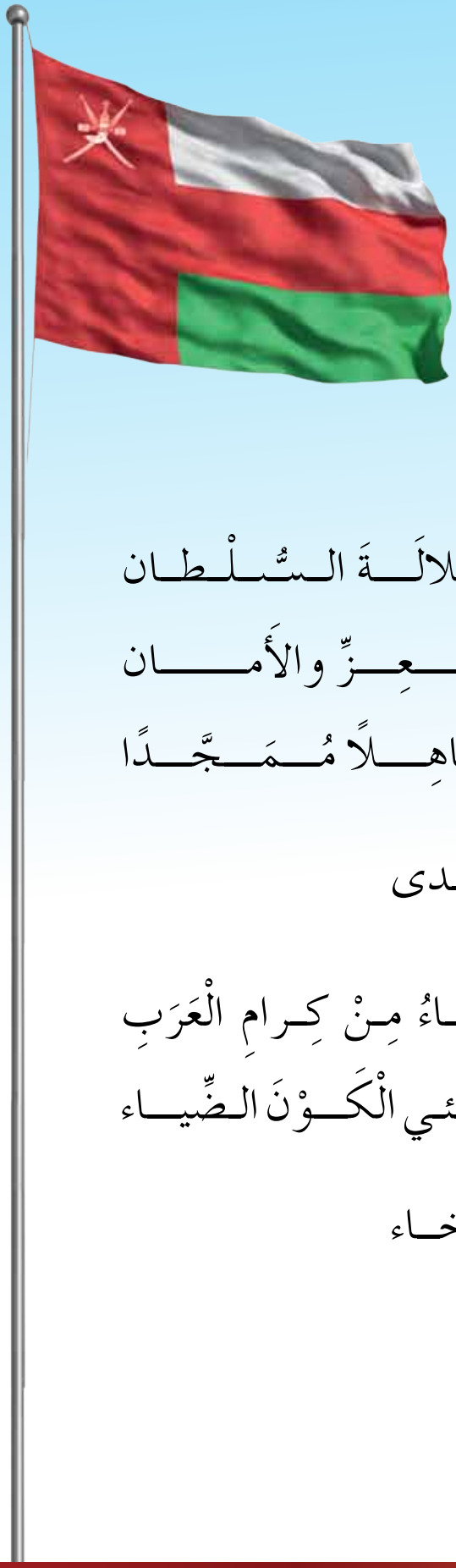
-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنـــــة عُمـــــان



النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ الضِّياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

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

لقد 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 أساسيًا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات 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 المتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة، 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 ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى لأبنائنا الطلبة 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 المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذه السلسلة xiii

كيف تستخدم هذا الكتاب xv

الوحدة الأولى: تركيب الخلية

١-١ علم الخليّة واستخدام المجهر ٢٠

١-٢ الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة كما تُرى بالمجهر الضوئي ٢٢

١-٣ حساب القياسات ومقدار التكبير ٢٨

١-٤ الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة كما تُرى بالمجهر الإلكتروني ٣١

١-٥ البكتيريا ٤٩

١-٦ الفيروسات ٥٣

الوحدة الثانية: الجزيئات الحيوية

٢-١ الكيمياء الحيوية ٦٦

٢-٢ الكربوهيدرات ٦٨

٢-٣ الدهون ٧٦

٢-٤ البروتينات ٧٩

٢-٥ الماء ٩٠

الملحق رقم ١ ..... ١٠٢

الوحدة الثالثة: الإنزيمات

٣-١ ما هو الإنزيم ١٠٥

٣-٢ طريقة عمل الإنزيم ١٠٦

٣-٣ استقصاء سير تفاعل محفّز بالإنزيم .. ١٠٩

٣-٤ العوامل المؤثرة في عمل الإنزيم ١١١

٣-٥ مقارنة ألفة (تلاؤم) الإنزيمات ١١٤

٣-٦ مثبّطات الإنزيم ١١٥

٣-٧ الإنزيمات المثبتة ١١٧

الوحدة الرابعة: دورة الخلية والانقسام المتساوي

٤-١ النمو والتكاثر ودور الكروموسومات ... ١٢٩

٤-٢ دورة الخلية ١٣١

٤-٣ الانقسام المتساوي ١٣٢

٤-٤ دور التيلوميرات ١٣٨

٤-٥ دور الخلايا الجذعيّة ١٣٩

٤-٦ السرطانات ١٤٠

قائمة المصطلحات ١٤٧

الملحق رقم ٢ .....

المقدمة

يستند هذا الكتاب بشكل أساسيّ إلى كتاب علم الأحياء الذي كتب لمنهج كامبريدج (Cambridge AS & A Level Biology 9700). ويغطي الفصل الدراسي الأول من منهج سلطنة عمان لمادة الأحياء للصف الحادي عشر.

تعتمد دراسة الكتاب على جهودك الخاصة في التعلم، وعلى ما يوجهك المعلم إليه. وترتكز وحداته على المعارف والمهارات التي درستها في سنوات سابقة، كما ترتكز بعض الوحدات المتأخرة على المعرفة المتأتية من الوحدات التي عرضت قبلها.

تؤمّن الكثير من الأسئلة الواردة في المحتوى فهمًا أعمق للحقائق والمفاهيم، وبالتالي لن يكفي حفظ العبارات ومحتوى الرسوم التخطيطيّة، واسترجاعها، بل يفترض بك أن تطوّر فهمًا معمّقًا لكل مفهوم. وسيساعدك في تحقيق ذلك محاولتك الإجابة عن الأسئلة الواردة ضمن الوحدات وفي نهايتها.

من المهم جدًا إدراك أن جميع موضوعات الكتاب ترتبط بعضها ببعض، على الرغم من أنك ستدرسها على شكل سلسلة من الموضوعات المختلفة، وستحتاج إلى تكوين روابط بين المفاهيم المختلفة لتتمكّن من الإجابة عن بعض الأسئلة. على سبيل المثال، قد تتطلب الإجابة عن أحد الأسئلة الجمع بين المعرفة عن بناء البروتين والأمراض المعدية وعمليات النقل في الثدييات. وستلاحظ أن بعض المفاهيم الأساسيّة تتكرر باستمرار، ومنها:

- الخلايا كوحدات للحياة.
- العمليات الكيميائيّة الحيويّة.
- جزيء الوراثة DNA.
- الكائنات الحيّة في بيئاتها.
- الملاحظة والتجربة.

فكّر، أثناء تعلمك، في ما تعلمته سابقًا، ومدى ارتباطه بما تتعلمه الآن. ستجد في بعض أسئلة التفكير الواردة في نهاية الوحدات روابط معيّنة يمكنك التفكير فيها، وهي تحفزك على أن تفكر في طريقة تعلمك، بما يساعدك في تحقيق أقصى استفادة من وقتك وقدراتك أثناء تعلمك. يمكنك الاستفادة أيضًا من قوائم التقويم الذاتي الواردة في نهاية كل وحدة لتستكشف مدى فهمك لكل موضوع، وتعرف ما إذا كنت في حاجة إلى بذل مزيد من الجهد في دراسته.

تمثل المهارات العمليّة جزءًا مهمًا في كتاب الأحياء، وستطوّر مهاراتك مع إجرائك للأنشطة والاستقصاءات العمليّة المرتبطة بالموضوعات التي تدرسها.

يؤمّن كتاب التجارب العملية والأنشطة إرشادات عامة ذات صلة بكثير من المهارات التي تحتاج إلى تطويرها وأنت تجري الأنشطة والاستقصاءات العمليّة – ومن ذلك، رسم التمثيلات البيانيّة وتحليلها والتخطيط للتجارب – وحل المسائل المختلفة. كما يشتمل على الكثير من الشروح، بما فيها الشرح المفصّل عن كيفيّة إجراء جميع الاستقصاءات العمليّة التي يتضمنها المنهج.

ستكون دراستك لكتاب الأحياء هذا مثيرة للاهتمام، بخاصة مع الاكتشافات المتلاحقة والتقنيات الجديدة التي تعرضها وسائل الإعلام. لذا، نأمل أن تجد في ما ستدرسه الفائدة والمتعة اللتَين نتوخّاهما، وأن تطوّر مزيدًا من الاهتمام بعلم الأحياء باستمرار.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الأحياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدّم «كتاب الطالب» دعمًا شاملًا لمنهج الأحياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدّم شرحًا للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيدًا من التطبيقات العلمية الأساسية.

يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الأحياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي سوف يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية جميعها. وتشمل هذا المهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمّن هذا الدليل أفكارًا تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلًا عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعلم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضًا دعمًا مفصلًا لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

أهداف التعلّم

تُمثّل هذه الأهداف مضمون كل وحدة دراسية، وتساعد على إرشاد الطلبة خلال دراسة «كتاب الطالب»، كما تشير إلى المفاهيم المهمة المطروحة في كل موضوع، ويتم التركيز عليها عند تقويم الطالب.

قبل أن تبدأ بدراسة الوَحدة

تحتوي هذه الميزة على أسئلة وأنشطة تتمحور حول المعرفة القبلية للموضوعات التي ستحتاج إليها قبل البدء بدراسة الوحدة.

العلوم ضمن سياقها

تُقدّم هذه الميزة أمثلة وتطبيقات واقعية للمحتوى الموجود في كل وحدة دراسية، ما يعني أنها تشجع الطلبة على إجراء المزيد من البحث في الموضوعات المختلفة.

مهارة عملية

لا يحتوي هذا الجزء من الكتاب على تعليمات مفصلة لإجراء تجارب معيّنة، لكنك ستجد، في مربّعات النص هذه، توجيهات أساسية حول النشاط العملي الذي تحتاج إلى تطبيقه.

أسئلة

يتخلّل النص أسئلة تمنحك فرصة للتحقق من أنك قد فهمت الموضوع الذي قرأت عنه.

أمثلة

تحتوي على أمثلة محلولة توضّح كيفية استخدام صيغة رياضية معيّنة لإجراء عملية حسابية.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات لها في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات.

سوف تجد أيضًا تعريفات لهذه المصطلحات في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب.

أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصًا عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفًا لها.

سوف تجد أيضًا التعريفات نفسها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب.

مهمّ

يتم في مربّعات النص هذه إدراج حقائق وإرشادات مهمّة للطلبة.

ملخّص

تحتوي مربّعات النص هذه على ملخّص للنقاط الرئيسية في نهاية كل وحدة.

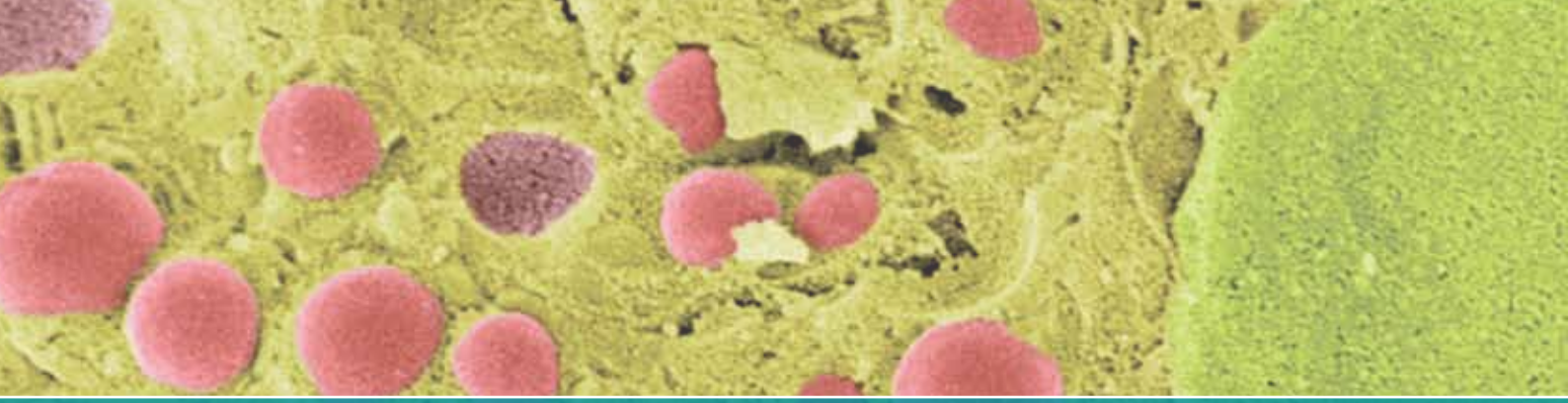
أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة. تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلم.

قائمة تقييم ذاتي

تلي الملخّص عبارات تتضمّن عناوين منها: «أستطيع أن» التي تتطابق مع أهداف التعلم الموجودة في بداية الوحدة؛ و «أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد»، أو «متمكّن إلى حدٍّ ما» اللتَين تشيران إلى وجوب مراجعة ما تراه ضروريًا في هذا المجال. وقد تجد أنه من المفيد تقييم مدى ثقتك بكل من هذه العبارات أثناء عملية المراجعة.

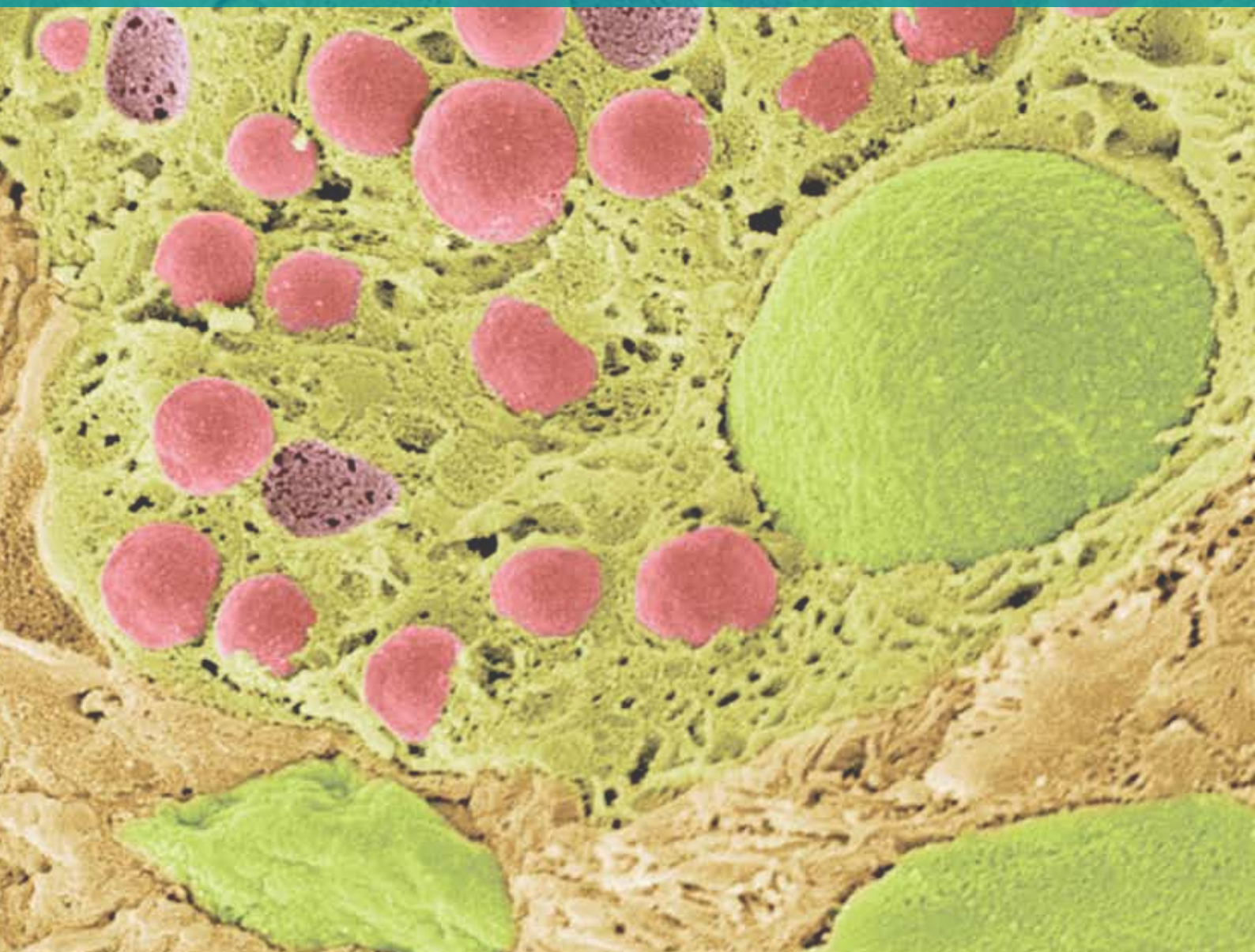
أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدٍّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا



الوحدة الأولى

تركيب الخلية

Cell structure



أهداف التعلّم

١-١ يُعِدّ شرائح مجهرية مؤقّتة لخلايا حية يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي.

١-٢ يرسم خلايا حية من شرائح وصور مجهرية ضوئية.

١-٣ يحسب مقدار تكبير الرسوم والصور، ويحسب القياسات الحقيقية للعيّنات من مقياس الرسوم، والصور المجهريّة الضوئية، والرسوم المجهريّة الإلكترونيّة (بالمجهر الماسح والمجهر النافذ).

١-٤ يستخدم مقياس العدسة العينية ومقياس المنضدة لإجراء القياسات ويستخدم الوحدات المناسبة: المليمتر (mm)، والميكرومتر (µm)، والنانومتر (nm)

١-٥ يتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي ويحدّد تركيبها ووظائفها مقتصراً على:

- غشاء سطح الخلية
- النواة
- جهاز جولجي
- الميتوكوندريا
- السنتريولات
- البلاستيدات الخضراء
- الجدار الخلوي
- غشاء الفجوة في الخلايا النباتيّة (التونوبلاست) وفجوة مركزية كبيرة دائمة في الخلايا النباتيّة

١-٦ يتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها تحت المجهر الإلكتروني ويحدّد تركيبها ووظائفها مقتصراً على:

- الغلاف النووي والنوية
- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة
- الشبكة الاندوبلازمية الناعمة
- العرف ووجود DNA حلقي صغير في الميتوكوندريا
- الرايبوسومات (80S في السيتوبلازم و 70S في البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا)
- الليسوسومات
- الأنيبيبات الدقيقة
- الأهداب
- الخملات
- الثايلاكويدات ووجود DNA حلقي صغير في البلاستيدات الخضراء.
- الروابط البلازميّة

١-٧ يصف ويفسّر الصور المجهريّة الضوئية والصور المجهريّة الإلكترونيّة ورسوم الخلايا النباتيّة والحيوانيّة النموذجية.

١-٨ يقارن تركيب الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة النموذجيّة.

١-٩ يذكر أن الخلايا تستخدم ATP من عمليّة التنفس للعمليات التي تتطلّب الطاقة.

١-١٠ يحدّد خصائص التراكيب الأساسيّة للخليّة بدائيّة النواة كما توجد في بكتيريا نموذجيّة، بما في ذلك:

- أحادية الخلية
- قطر (µm 5–1) غالبا
- جدران خلويّة من ببتيدوجلايكان
- DNA حلقي
- رايبوسومات 70S
- الافتقار لعضّيات محاطة بأغشية مزدوجة.

١-١١ يقارن تركيب الخليّة بدائيّة النواة كما هي في بكتيريا نموذجيّة بتركيب الخلايا حقيقيّة النواة النموذجيّة في النباتات والحيوانات.

١-١٢ يذكر أنّ جميع الفيروسات تراكيب غير خلويّة تحتوي على حمض نووي (DNA أو RNA) وغلاف بروتيني يعرف بالمحفظة، وأنّ لبعض الفيروسات غلافًا خارجياً مكونا من دهون مفسفرة.

قبل أن تبدأ بدراسة الوَحدة

- اكتب قائمة بأسماء التراكيب التي يمكن أن توجد في الخليّة.
- حاول كتابة وظائف التراكيب التي أوردتها في القائمة.
- أيّ التراكيب توجد في الخلايا النباتيّة؟ وأيّها توجد في الخلايا الحيوانيّة؟
- هل توجد خلايا ليست حيوانيّة أو نباتيّة؟

العلوم ضمن سياقها

خلايا في الفضاء

شهدت السنوات المئة والخمسون الماضية تقدّمًا سريعًا في فهمنا للخلايا. ومع التطور التكنولوجي الذي ساعد في إجراء دراسات أكثر تفصيلًا للخلايا، تزايد الاهتمام بعلم الخلية وتطبيقاتها في الطب وإنتاج الغذاء والهندسة الوراثيّة وغيرها من المجالات أو التطبيقات الأخرى.

قام علماء الخلية في أوائل القرن العشرين بزراعة الخلايا في أطباق بتري مسطّحة (أسطح ثنائية الأبعاد)، وكانوا يعتمدون في رؤيتها على المجاهر الضوئيّة، ثم المجاهر الإلكترونيّة بعد وضعها على شرائح مسطّحة. لكن الخلايا ليست مسطحة، بل أجسام ثلاثيّة الأبعاد تحتوي على عُضيّات ثلاثيّة الأبعاد، تتجمع وتترابط لتكوّن أنسجة وأعضاء تشغل مساحة ثلاثيّة الأبعاد أيضًا. تؤدّي الطريقة التقليديّة لتنمية الخلايا أو زراعتها في بيئة ثنائيّة الأبعاد إلى ظروف نموّ غير طبيعيّة للخلايا، ولا تكوّن الأشكال والتراكيب التي يتوقّعها العلماء.

في ثمانينيّات القرن الماضي، أرادت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا-NASA)، معرفة ما إذا كان يمكن للخلايا والأنسجة أن تنمو في ظروف الجاذبيّة الصغرى للفضاء، وذلك بهدف تطوير علاجات لرواد الفضاء في حال إصابتهم بجروح أو بمرض ما أثناء رحلاتهم الفضائيّة. وعملت على تطوير مفاعل حيوي ذي وعاء جداري دوّار RWV bioreactor لمحاكاة ظروف الجاذبيّة المنخفضة في الفضاء، والذي يزيل أو يقلّل أيّة قوى تؤثّر على زراعة الخلايا. وتبيّن أن هذا المفاعل الحيوي قد حسّن من زراعة الخلايا بصورة كبيرة. فالخلايا، من دون قوّة الجاذبيّة، قادرة على التمايز وتكوين أنسجة بطريقة طبيعيّة جدًا، تمامًا كما تنمو الأجنّة في الرحم.

وعلى الرغم من أنه جرى تطوير المفاعل الحيوي لمعرفة كيفيّة نموّ الخلايا في الفضاء، إلّا أنه يتمّ الاستفادة من هذا التطوّر الآن في زراعة الخلايا على الأرض، وفي دراسة نمو الخلايا السرطانية وانتقال مسبّبات الأمراض، وفي أبحاث اللقاحات والأدوية الجديدة. يعمل علماء الخليّة أيضًا مع روّاد الفضاء في محطة الفضاء الدوليّة (ISS-International Space Station) على دراسة الخلايا الحيوانيّة والنباتيّة والبكتيريا في بيئة السقوط الحرّ Free fall لمراقبة الاختلافات، وتحسين فهمنا حول الخلايا وطريقة نموّها. لا شكّ في أنّ التكنولوجيا الجديدة تواكب التكنولوجيا التقليديّة، القائمة على المجاهر الضوئيّة مثلًا، وذلك بهدف تحقيق اكتشافات وتطبيقات جديدة في مجال علم الخليّة.

الصورة ١-١ لوكا بارميتانو، رائد الفضاء الأوروبي في محطة الفضاء الدولية (ISS)، يجري تجربة في علم الخليّة للكشف عن كيفية تأثر تمايز الخلايا بالجاذبية الصغرى

أسئلة للمناقشة

- اقترح تطوّرات تكنولوجيّة أخرى تزيد من فهمنا لعلم الخلية.
- لماذا تعتقد أنه من المهمّ فهم كيف تتأثر وتستجيب الخلايا في بيئات مختلفة؟

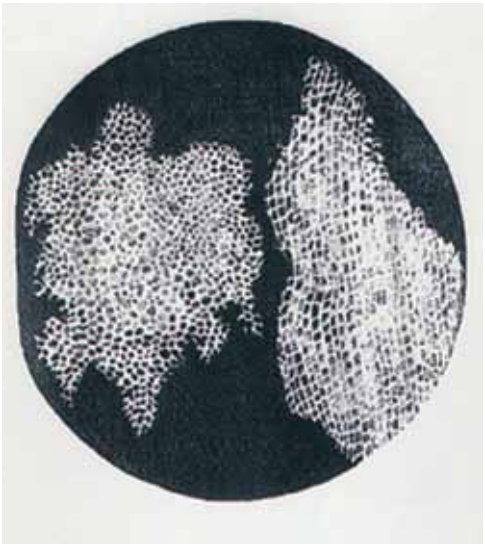
١.١ علم الخليّة واستخدام المجهر

حقّق العلماء في منتصف القرن التاسع عشر اختراقًا علميًا أساسيًا في فهم الحياة. لقد أدركوا أن الوحدة الأساسيّة للحياة هي **الخلية The cell**.

تعود أصول هذه الفكرة إلى بدايات استخدام المجهر، عندما فحص العالم الإنجليزي روبرت هوك Robert Hooke شرائح رقيقة من موادّ نباتيّة، كالفلّين، ورسم رسومًا مجهريّة للتراكيب المنتظمة التي شاهدها بالمجهر، كما في الصورة ١-٢.

مصطلحات علمية

الخليّة The Cell: الوحدة الأساسيّة لجميع الكائنات الحيّة. وهي محاطة بغشاء سطح الخلية (الغشاء البلازمي)، وتحتوي على المادّة الوراثيّة (DNA) وسيتوبلازم يحتوي على العضيات **Organelles**.



الصورة ١-٢ رسم لخلايا الفلين كما شاهدها روبرت هوك ونشرها عام 1665 م

إذا تفحّصت الرسم، فسترى تراكيب منتظمة أطلق عليها هوك «خلايا». تبدو كلّ خليّة كصندوق فارغ يحيط به جدار. وقد اكتشف هوك الوحدة الأساسيّة لجميع الكائنات الحيّة ووصفها من دون أن يدرك ذلك.

وعلى الرغم من معرفتنا الآن أن خلايا الفلّين ميتة، فقد قدّم هوك وعلماء آخرون مشاهدات أخرى لخلايا في موادّ حيّة. ومع ذلك، لم تظهر النظريّة العامّة للخليّة إلّا بعد 200 عام على يد عالمَين ألمانيَّين. ففي عام 1838م، اقترح عالم النبات شلايدن Schleiden أنّ جميع النباتات تتكوّن من خلايا، وبعد عام من تاريخه أكّد عالم الحيوان شوان Schwann هذه النظرية على الحيوانات أيضًا. وسرعان ما تبيّن أن جميع الخلايا تنشأ من خلايا مماثلة موجودة سابقًا، بعمليّة الانقسام الخلوي.

لماذا الخلايا؟

يمكن تشبيه الخليّة بكيس تجري فيه أنشطة كيمياء الحياة، بمعزل عن البيئة المحيطة بها. ويحاط الكيس (الخليّة) بغشاء رقيق، وهو سمة تركيبية أساسية لجميع الخلايا لأنه يتحكّم بتبادل الموادّ بين الخليّة والبيئة المحيطة بها. يعمل الغشاء كحاجز، ولكنه يعمل أيضًا على تنظيم حركة الموادّ عبره في كلا الاتّجاهَين، وبالتالي يوصَف بأنه منفذ جزئيًا Partially permeable. ولو كان الغشاء منفذًا كليًا، لَما وجدت حياة، إذ ستختلط الموادّ الكيميائيّة في الخليّة ببساطة مع الموادّ الكيميائيّة في محيطها أثناء الانتشار، وبالتالي سيماثل محتواها محتوى بيئتها المحيطة.

نوعان من الخلايا

خلال القرن العشرين، وعندما كان العلماء يدرسون خلايا البكتيريا وخلايا كائنات حية أكثر تعقيدًا مثل النباتات والحيوانات، بدأوا يدركون بوجود نوعَين مختلفَين من الخلايا بعضها بسيط جدًّا وبعضها الآخر كبير وأكثر تعقيدًا. تحتوي الخلايا المعقّدة على **نواة Nucleus** (جمعها: **نوى Nuclei**) محاطة بغشاءَين، وتوجد المادّة الوراثيّة DNA بداخلها؛ أمّا الخلايا البسيطة فلا يحاط DNA فيها بأغشية، بل يوجد حرًا في السيتوبلازم. تسمّى الكائنات الحيّة التي تتكوّن من خلايا تحتوي على نواة محاطة بغشاء **حقيقيّة النواة Eukaryotes**، وتسمّى الخلايا البسيطة التي تفتقر إلى نواة محاطة بغشاء **بدائيّة النواة Prokaryotes**. تشمل بدائيّة النواة البكتيريا والعتائق، وتشمل حقيقيّة النواة الحيوانات والنباتات والفطريات وبعض الكائنات الحيّة الأخرى.

أنواع المجاهر

أدّت دراسة الخلايا إلى ظهور فرع مهمّ من علم الأحياء يسمّى «علم الخليّة». يدرس العلماء الخليّة باستخدام العديد من الطرائق المختلفة، بما فيها استخدام أنواع من المجاهر أشهرها نوعان يختلفان اختلافًا جوهريًا: المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني. ويستخدم كلّ منهما شكلًا من أشكال الإشعاع لمشاهدة العيّنة. إذ يستخدم المجهر الضوئي الضوء مصدرًا للإشعاع، بينما يستخدم المجهر الإلكتروني (الماسح أو النافذ) الإلكترونات لذلك.

وحدات القياس

نحتاج إلى استخدام وحدات قياس صغيرة جدًا لقياس الأجسام بالمجهر. فبحسب الاتفاق الدولي، يجب استخدام النظام الدولي للوحدات (The International System of Units-SI units). ويمثل المتر (m) وحدة الطول الأساسيّة. كما تمّ إنشاء وحدات أخرى باعتماد أطوال أطول أو أقصر من المتر بآلاف المرّات. تستخدم البادئات للوحدات، على سبيل المثال البادئة «كيلو» تعني 1000 مرّة. وبالتالي 1 كيلومتر = 1000 متر. ويبيّن الجدول ١-١ وحدات القياس المرتبطة بدراسة الخليّة.

مصطلحات علمية

النواة Nucleus (جمعها: نوًى): وهي عضيّة كبيرة نسبيًا توجد في الخلايا حقيقيّة النواة، ولا توجد في الخلايا بدائيّة النواة. تحتوي النواة على DNA، وتتحكّم بالتالي بأنشطة الخليّة. وهي محاطة بغشاءَين يشكّلان معًا الغلاف النووي.

حقيقي النواة Eukaryote: كائن حي تحتوي خلاياه على نواة محاطة بغشاء وعضيات أخرى.

بدائي النواة Prokaryote: كائن حي لا تحتوي خلاياه على نواة محاطة بغشاء أو أيّة عضيات أخرى محاطة بغشاء.

جزء من المتر	الوحدة	الرمز
واحد من الألف = 0.001 = $\frac{1}{1000} = 10^{-3}$	مليمتر	mm
واحد من المليون = 0.000001 = $\frac{1}{1000000} = 10^{-6}$	ميكرومتر	µm
واحد من الألف مليون = 0.000000001 = $\frac{1}{1000000000} = 10^{-9}$	نانومتر	nm

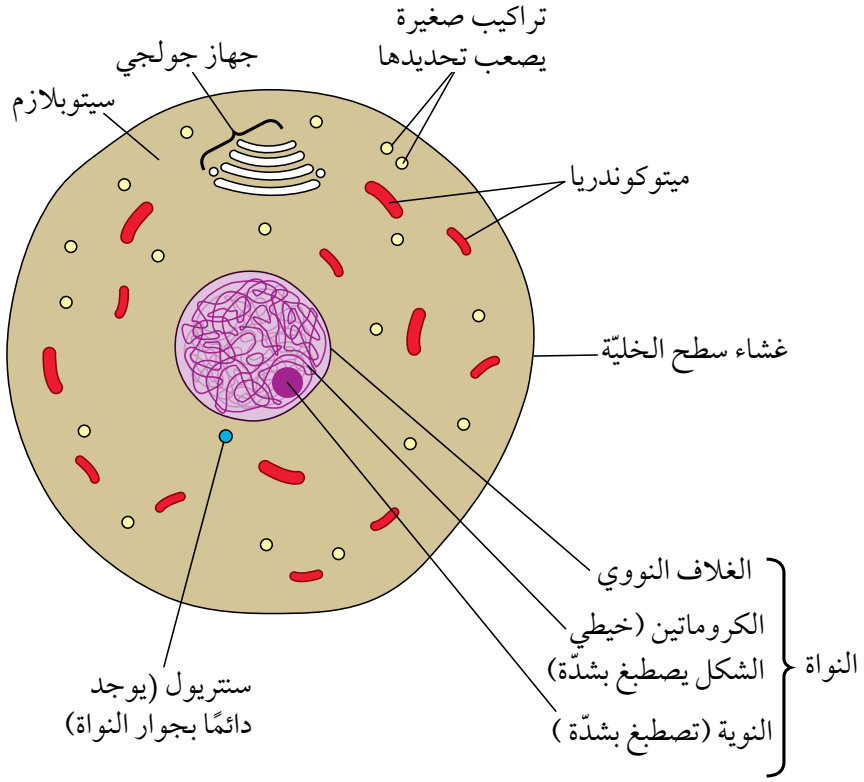
الجدول ١-١ وحدات القياس المرتبطة بدراسة الخلايا: 1 ميكرومتر هو جزء من ألف من المليمتر، و 1 نانومتر هو جزء من ألف من الميكرومتر

يبلغ قطر أصغر تركيب مرئي لعين الإنسان (50–100 µm) (كقطر الطرف الحادّ للدبوس تقريبًا). تتنوّع خلايا جسم الإنسان من حيث حجمها، إذ تتراوح بين (5–40 µm). ويصعب تخيّل مدى صغر حجم هذه الخلايا عندما تشاهد بوضوح مجهريًا. يبلغ قطر خلية البكتيريا (1 µm) تقريبًا، وأحد أصغر التراكيب التي ستدرسها في هذا الكتاب، الرايبوسوم، والذي يبلغ قطره (25 nm).

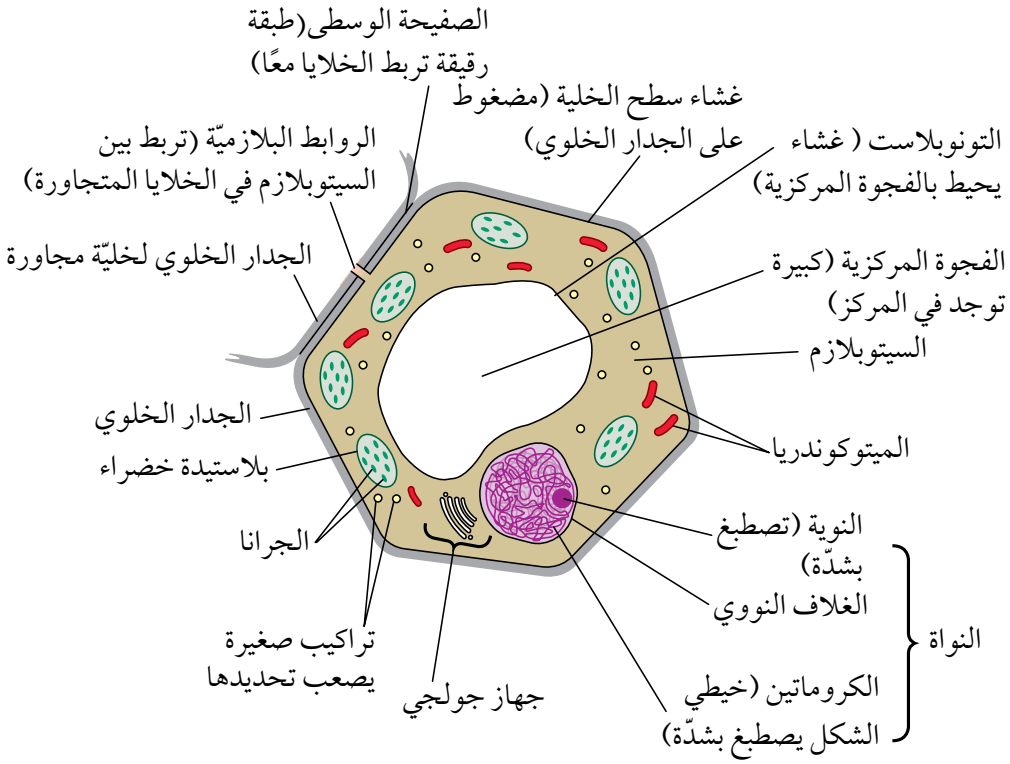
٢.١ الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة كما تُرى بالمجهر الضوئي

تسمّى المجاهر التي تستخدم الضوء مصدرًا للإشعاع بالمجاهر الضوئيّة. لقد سبق أن استخدمت هذه المجاهر، وتعرف كيفية استخدامها. يبيّن الشكل ١–١ رسمًا لتركيب خليّة حيوانيّة عامّة، ويبيّن الشكل ١–٢ رسمًا لتركيب خليّة نباتيّة عامّة، كما تشاهدان بالمجهر الضوئي (تبيّن الخليّة العامّة التراكيب التي يمكن مشاهدتها في أيّة خليّة). الصورتان ١–٣ و١–٤ هما صورتان مجهريتان ضوئيتان. والصورة المجهرية الضوئية ١–٣ تبيّن خلايا من بطانة خد الإنسان، والصورة ١–٤ خلايا من ورقة نبات حزازي. وكلاهما مكبّرتان 400 مرة، وهو ما يعادل استخدام العدسة الشيئيّة الكبرى في المجهر الضوئي.

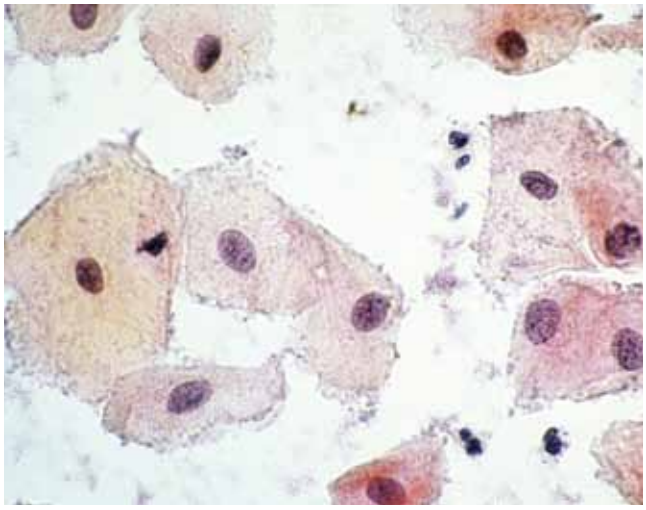
في الخليّة توجد مكوّنات كثيرة شفّافة وعديمة اللون، لذا يجب صبغها بصبغات ملوّنة ليمكن رؤيتها. خلايا الإنسان في الصورة ١–٣ مصبوغة، والكروماتين في النواة مصبوغ بشدة. لم تصبغ الخلايا النباتيّة في الصورة ١–٤ لاحتواء البلاستيدات الخضراء على الكلوروفيل، ويمكن بالتالي رؤيتها بسهولة بدون صبغها.



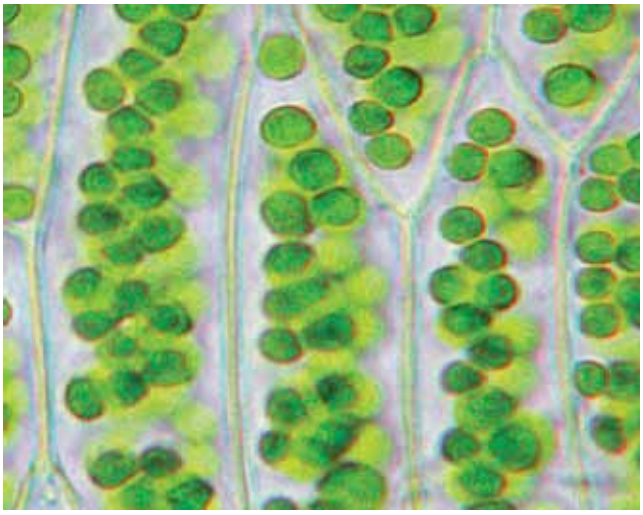
الشكل ١–١ تركيب خليّة حيوانيّة عامّة (قطرها 20 ميكرومتر) كما ترى بمجهر ضوئي عالي الجودة



الشكل ١–٢ تركيب خليّة نباتيّة عامّة (قطرها 40 µm) كما ترى بمجهر ضوئي عالي الجودة



الصورة ١–٣ خلايا من بطانة خدّ الإنسان (400 X). يظهر في كلّ خليّة نواة مركزيّة، وهي سمة تركيبية في الخلايا الحيوانيّة. وهذه الخلايا جزء من نسيج طلائي حرشفي (مسطح)



الصورة ١–٤ خلايا من ورقة نبات حزازي قائم (400 X). تشاهد بلاستيدات خضراء كثيرة داخل كلّ خليّة، وتظهر الجرانا على شكل حبوب سوداء داخل البلاستيدات الخضراء (جرانا تعني حبيبات). تظهر الجدران الخلويّة بوضوح (تفتقر الخلايا الحيوانيّة لجدران خلويّة)

سؤال

(١) من خلال الشكلَين ١–١ و ١–٢، سَمِّ التراكيب التي:

أ. تشترك فيها الخلايا الحيوانيّة والخلايا النباتيّة.

ب. توجد فقط في الخلايا الحيوانيّة.

ج. توجد فقط في الخلايا النباتيّة.

خصائص تشترك فيها الخلايا الحيوانيّة والخلايا النباتيّة

غشاء سطح الخليّة

تحاط جميع الخلايا بغشاء رقيق جدًا يسمّى غشاء سطح الخلية **Cell surface membrane** أو الغشاء البلازمي **Plasma membrane**. وهذا الغشاء منفذ جزئيًا ويتحكّم بتبادل الموادّ بين الخليّة والبيئة المحيطة بها.

النواة

النواة تركيب كبير نسبيًا تصطبغ بشدّة فتسهل بالتالي رؤيتها بالمجهر. تسمّى المادة التي تصطبغ بشدّة في النواة الكروماتين **Chromatin** (كروما تعني اللون). الكروماتين كتلة من الخيوط الملتفّة تتكثف أثناء الانقسام المتساوي على هيئة كروموسومات **Chromosomes**. يحتوي الكروماتين على **DNA** (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين)، وهو الجُزيء الذي يحتوي على التعليمات (الجينات) التي تتحكّم في أنشطة الخليّة.

السيتوبلازم

تسمّى كل المادّة الحيّة داخل الخلية البروتوبلازم **Protoplasm**، وتسمّى المادة الحيّة المحيطة بالنواة السيتوبلازم **Cytoplasm**، وهكذا فإنّ السيتوبلازم + النواة = البروتوبلازم.

السيتوبلازم مادّة مائيّة، يتراوح قوامها بين السائل والمادّة الهلاميّة. يمكن فيه مشاهدة العديد من التراكيب الصغيرة التي تسمّى العضيات **Organelles**. ويمكن تعريف العضيّة بأنها جزء من الخليّة متميّز وظيفيًا وتركيبيًا، مثل الميتوكوندريا وجهاز جولجي.

الميتوكوندريا

الميتوكوندريا **Mitochondria** (مفردها ميتوكوندريون **Mitochondrion**) أكثر العضيات مشاهدة بالمجهر الضوئي، وقد أظهرت مقاطع الفيديو الملتقطة بالمجهر الضوئي قدرة الميتوكوندريا على الحركة والانقسام وتغيير شكلها؛ وهي متخصّصة في القيام بعملية التنفّس الهوائي.

جهاز جولجي

في عام 1898م أدّى استخدام العالم كاميلو جولجي لصبغة خاصة تحتوي على الفضّة إلى اكتشاف جهاز جولجي Golgi apparatus. ويجمع جهاز جولجي الجُزيئات داخل الخليّة ويعالجها، خصوصًا البروتينات.

الفروق بين الخلايا الحيوانيّة والخلايا النباتيّة

أحد التراكيب الشائعة الموجودة في الخلايا الحيوانيّة وغير موجودة في معظم الخلايا النباتيّة هو السنتريول Centriole. كما تختلف الخلايا النباتيّة عن الخلايا الحيوانيّة باحتوائها على جدران خلويّة وفجوات مركزية كبيرة دائمة وبلاستيدات خضراء.

مصطلحات علمية

غشاء سطح الخلية
Cell surface membrane غشاء رقيق جدًا يحيط بجميع الخلايا يبلغ سمكه 7 نانومتر تقريبًا. وهو شبه منفذ، ويتحكّم بتبادل الموادّ بين الخليّة والبيئة المحيطة بها.

الكروماتين
Chromatin: المادّة التي تتكوّن منها الكروموسومات. وهي تتكوّن من DNA وبروتينات ومقادير قليلة من RNA. وعندما تصبغ تبدو على شكل بقع أو ألياف داخل النواة.

الكروموسوم
Chromosome: يوجد في نواة الخلايا حقيقية النواة على هيئة تركيب يتكوّن من كروماتين ملتفّ بإحكام (DNA وبروتينات و RNA)، ويشاهد أثناء انقسام الخليّة. ويستخدم المصطلح DNA الحلقي ليشمل الخيط الدائري الملتف من DNA الموجود في الخليّة بدائيّة النواة.

السنتريولات

تبدو السنتريولات Centrioles بالمجهر الضوئي كتركيب صغير بالقرب من النواة (الشكل ١-١)؛ والتي سيتمّ مناقشتها لاحقًا في هذا الفصل.

الجدار الخلوي

تشاهد الخلايا النباتيّة بالمجهر الضوئي بسهولة أكبر من الخلايا الحيوانيّة، ويعود ذلك لكونها أكبر حجمًا، ويحيط بها **جدار خلوي** **Cell wall** بخلاف الخلايا الحيوانيّة. لاحظ أن الجدار الخلوي تركيب إضافي يوجد خارج غشاء سطح الخلية. والجدار الخلوي صلب نسبيًا لوجود ألياف من السليلوز (عديد تسكر)، والذي يُكسب الخليّة شكلًا محدّدًا، ويمنع انفجارها عندما يدخل إليها الماء بالإسموزيّة، مسبّبًا ارتفاع الضغط بداخلها بشكل كبير. وقد تدعم جدران الخليّة بسليلوز إضافي أو بمادّة صلبة تسمّى لجنين Lignin تمنحها مزيدًا من القوّة. فالجدران الخلويّة منفذة كليًا، بحيث تسمح للجُزيئات والأيونات أن تنتقل بحرّية.

الفجوات

الفجوات **Vacuoles** تراكيب كيسيّة الشكل محاطة بغشاء مفرد، الذي يتحكم بتبادل المواد بين الفجوة والسيتوبلازم. وبالرغم من أنه يوجد فجوات صغيرة مؤقّتة كفجوات البلعمة في الخلايا الحيوانيّة، فإننا نرى في الخلايا النباتيّة الناضجة غالبًا فجوة مركزية كبيرة ودائمة، وتحاط بغشاء يسمى **غشاء الفجوة (تونوبلاست)** **Tonoplast**. وتحتوي الفجوة المركزية على محلول يتكوّن من صبغات وإنزيمات وسكّريات ومركّبات عضويّة أخرى (بما فيها بعض الفضلات) وأملاح معدنيّة وأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

وتساعد الفجوات المركزية على تنظيم الخصائص الأسموزيّة للخلايا النباتيّة (تدفّق الماء إلى الداخل وإلى الخارج)، بالإضافة إلى مجموعة واسعة من الوظائف الأخرى، على سبيل المثال؛ يمكن أن تحتوي على صبغات تلوّن بتلات بعض الأزهار، وأجزاء من بعض الخضار كالصبغة الحمراء في الشمندر.

البلاستيدات الخضراء

البلاستيدات الخضراء **Chloroplasts** عضيّات متخصّصة بعملية **التمثيل الضوئي** **Photosynthesis**، توجد في أجزاء النبات الخضراء، بخاصّة الأوراق. وهي عضيات كبيرة نسبيًا، لذا تشاهد بسهولة بالمجهر الضوئي، حتى إنه يمكن بالمجهر الضوئي رؤية حُبيبات **جرانا** **Grana** (مفردها **جرانوم** **Granum**) داخل البلاستيدات الخضراء (الشكل ١-٢)، وهي أجزاء من البلاستيدات الخضراء التي تحتوي على الكلوروفيل (الصبغة الخضراء التي تمتصّ الضوء أثناء عمليّة التمثيل الضوئي). ستناقش البلاستيدات الخضراء بمزيد من التفصيل لاحقًا.

تابع

البروتوبلازم
Protoplasm: المادّة الحيّة داخل الخليّة (السيتوبلازم + النواة).

السيتوبلازم
Cytoplasm: محتويات الخليّة باستثناء النواة.

العضيّة **Organelle**: تركيب متميّز وظيفيًا وتركيبيًا من الخليّة، على سبيل المثال الرايبوسوم والميتوكوندريون

الميتوكوندريون
Mitochondrion (جمعها ميتوكوندريا): العضية في الخلايا حقيقية النواة حيث تجري عملية التنفّس الهوائي.

الجدار الخلوي
Cell wall: الجدار الذي يحيط بخلايا بدائية النواة والنبات والفطريات. يحتوي الجدار على مادّة داعمة تحمي الخليّة من الضرر الميكانيكي، وتدعمه، وتحول دون انفجارها نتيجة الأسموزيّة إذا وجدت في محلول ذي جهد مائي مرتفع.

مصطلحات علمية (تابع)

الفجوة Vacuole: عضيّة موجودة في الخلايا حقيقيّة النواة. وتمثّل الفجوة المركزية الكبيرة والدائمة سمة تركيبية للخلايا النباتيّة، وهي تقوم بعدّة وظائف، تشمل تخزين الموادّ الكيميائيّة الحيويّة مثل الأملاح والسكّريات والفضلات. وقد تتكوّن الفجوات المؤقّتة مثل الفجوات البلعميّة في الخلايا الحيوانيّة.

تونوبلاست Tonoplast: غشاء منفذ جزئيًا يحيط بالفجوات المركزية النباتيّة.

البلاستيدة الخضراء Chloroplast: عضيّة يحيط بها غلاف (غشاءان)، وتجري فيها عمليّة التمثيل الضوئي في الخلايا حقيقية النواة.

التمثيل الضوئي Photosynthesis: عملية إنتاج موادّ عضويّة من مواد غير عضويّة باستخدام طاقة الضوء.

الجرانا Grana (مفردها جرانوم Granum): كومة من الأغشية توجد داخل البلاستيدة الخضراء.

مهمّ

- غالبًا ما تكون الخليّة النباتيّة أكبر من الخليّة الحيوانيّة بكثير، بالرغم من الاختلاف الكبير في أحجام الخلايا.
- لا تخلط بين جدار الخليّة وغشاء سطح الخلية، فجدران الخلايا سميكة نسبيًا وصلبة، في حين أن الأغشية السطحية الخلويّة رقيقة جدًا. وجدران الخلايا منفذة كليًا، في حين أنّ أغشية سطح الخلية منفذة جزئيًا. ولجميع الخلايا غشاء سطح خلوي، لكن ليس للخلايا الحيوانيّة جدار خلوي.
- لا تقتصر الفجوات على الخلايا النباتيّة. قد تحتوي الخلايا الحيوانيّة على فجوات صغيرة مثل الفجوات البلعميّة، لكنها غالبًا ما تكون غير دائمة.

مهارات عملية ١-١

إعداد شرائح مجهريّة مؤقّتة

الطريقة الشائعة لفحص الموادّ بالمجهر الضوئي هي قطع شرائح رقيقة من المادّة المراد فحصها، تسمّى مقاطع، وملاحظتها بالمجهر الضوئي. ميزة هذه المقاطع أنها رقيقة بحيث يمرّ الضوء من خلالها. إذ يوضع المقطّع على شريحة زجاجيّة ويغطّى بغطاء شريحة لحمايته، ثمّ يمرّ الضوء عبره مكوّنًا صورة يمكن تكبيرها بعدسات المجهر الشيئيّة والعينيّة. يمكن فحص الموادّ الأحيائية وهي حيّة أو محفوظة. فالشرائح المعدّة تحتوي على عينة ميتة تُحفظ في حالة مماثلة للعينة الحية.

إن إعداد الشرائح المؤقّتة أسهل وأسرع من إعداد الشرائح الدائمة، وغالبًا ما تستخدم لفحص العيّنة الحيّة الطازجة التي تحتوي على خلايا حيّة، وفي كلا الحالتَين تصبغ الشرائح والعيّنات قبل وضعها على الشريحة الزجاجيّة. تذكّر الالتزام بالمعايير الصحية عند التعامل مع العينات البيولوجية، وبخاصة العينات الحيوانية.

الشرائح المؤقّتة للعيّنة الطازجة تفيد في إجراء فحص مجهري أولي سريع. ويمكن أحيانًا استخدام عيّنات مقطّعة كما في حالة فحص تركيب أنسجة الخشب. ويشيع استخدام عدد من الصبغات المؤقّتة، على سبيل المثال: محلول يوديد البوتاسيوم مفيد لعيّنات النبات، فهو يصبغ باللون الأزرق الداكن، ويلوّن النواة والجدار الخلوي باللون الأصفر الفاتح. ويستخدم محلول أزرق الميثيلين المخفّف لصبغ الخلايا الحيوانيّة، مثل خلايا باطن الخد. ستساعدك مشاهدة العينات بالمجهر الضوئي على فهم التراكيب وتذكّرها. يمكنك تعزيز فهمك عبر استخدام القلم الرصاص لتظهير الرسوم على ورق عادي. تذكّر دائمًا أن ترسم ما تراه، وليس ما تعتقد أنك يجب أن تراه.

الخطوات

ضع العيّنة الأحيائية على شريحة زجاجيّة نظيفة، وأضف قطرة أو قطرتَين من الصبغة. غَطِّ العيّنة لحماية عدسة المجهر وتفاديًا لجفاف العيّنة. كما يمكن تلافي جفاف العيّنة بإضافة قطرة من الجليسرين، ومزجها مع الصبغة.

- العينة الحيوانيّة المناسبة: خلايا من بطانة خدّ الإنسان، تؤخذ عبر كشط بطانة الخدّ باستخدام أعواد تنظيف الأذن.
- العينة النباتيّة المناسبة: خلايا بشرة البصل، خلايا بشرة الخسّ، خلايا طحلب الكلوريلا، أوراق نبات حزازي (لمزيد من المعلومات، انظر الاستقصاء العملي ١-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة)

مهارات عملية ١-٢

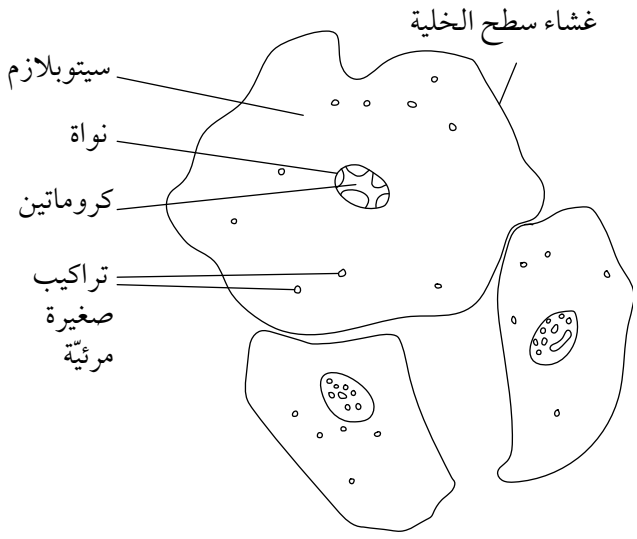
الرسم البيولوجي

لتعزيز تعلّمك، من المفيد إنشاء الرسوم والصور المجهريّة لبعض الشرائح المؤقتة والدائمة مع كتابة مسمياتها.

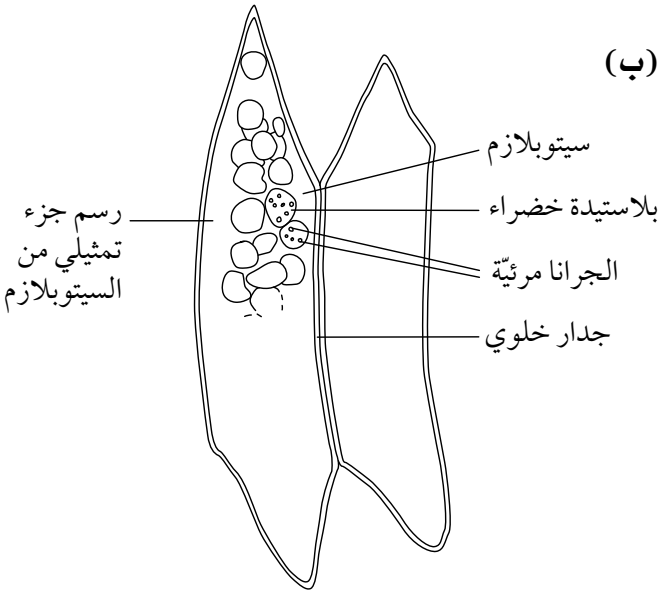
لا بد أنك تتذكّر من خلال الأنشطة العملية التي قمت بها سابقًا كيفية إنشاء رسم بيولوجي واضح.

يبيّن الشكل ١-٣ (أ و ب) أمثلة لتقنية الرسم الجيّد وتسمياته اعتمادًا على الصورتَين ١-٣ و ١-٤. لاحظ أنه يمكنك رسم جزء تمثيلي فقط من محتويات الخليّة من الصورة ١-٤ مع كتابة تسميات تفسّره.

(أ)



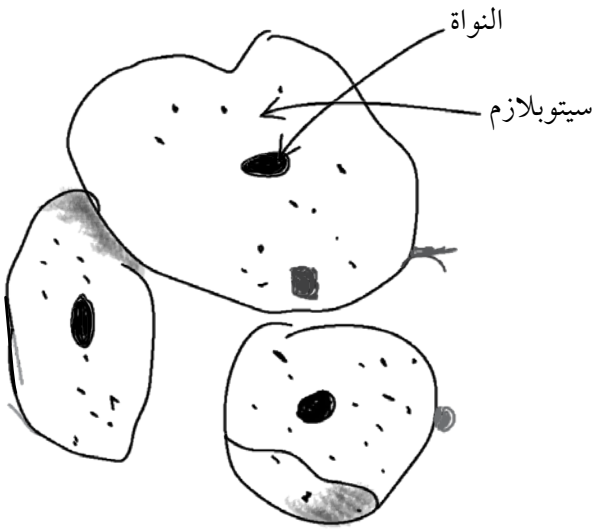
(ب)



الشكل ١-٣ أمثلة على تقنية الرسم الجيّد: (أ) رسم بقوّة تكبير عالية لثلاث خلايا حيوانيّة متجاورة من الصورة ١-٣. (ب) رسم بقوّة تكبير عالية لخليّتَين نباتيتَين متجاورتَين من الصورة ١-٤

سؤال

(٢) طُلب إلى أحد الطلبة إنشاء رسم بقوة تكبير عالية لثلاث خلايا متجاورة من الصورة ١-٣. يبيّن الشكل ١-٤ أدناه الرسم الذي نفّذه الطالب. اقترح كيف يمكن تحسين الرسم في الشكل ١-٤.



الشكل ١-٤ رسم نفّذه أحد الطلبة بقوّة تكبير عالية لثلاث خلايا متجاورة من الصورة ١-٣

انظر الاستقصاء العملي ١-١ في كتاب التجارب العملية والأنشطة

٣.١ حساب القياسات ومقدار التكبير

مقدار التكبير Magnification هو عدد مرّات تكبير صورة الجسم مقارنة بالقياس الحقيقي. لا بد أنك تتذكر استخدام الصيغة الآتية لحساب مقدار التكبير كما درستها في الصف التاسع.

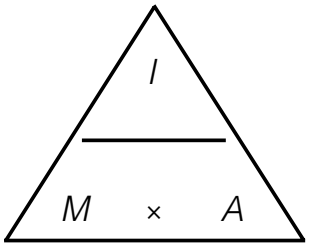
$$\text{مقدار التكبير} = \frac{\text{القياس المُشاهد}}{\text{القياس الحقيقي}} \quad \text{أو} \quad \boxed{M = \frac{I}{A}}$$

M = مقدار التكبير

I = قياس الصورة المشاهد Image size (يمكن قياسه بالمسطرة)

A = القياس الحقيقي Actual size (القياس الفعلي وهو قياس الخليّة قبل التكبير)

إذا كنت تعرف قيمتَين من القيم M، I، A يمكنك حساب القيمة الثالثة، على سبيل المثال: إذا كان قياس الصورة المشاهد ومقدار التكبير معروفَين، يمكنك حساب القياس الحقيقي للعيّنة باستخدام $A = \frac{I}{M}$ وإذا كتبت الصيغة في مثلّث كما هو مبيّن أدناه، وأخفيت القيمة المراد إيجادها، يجب أن يكون واضحًا كيف تجري العمليّة الحسابيّة الصحيحة.



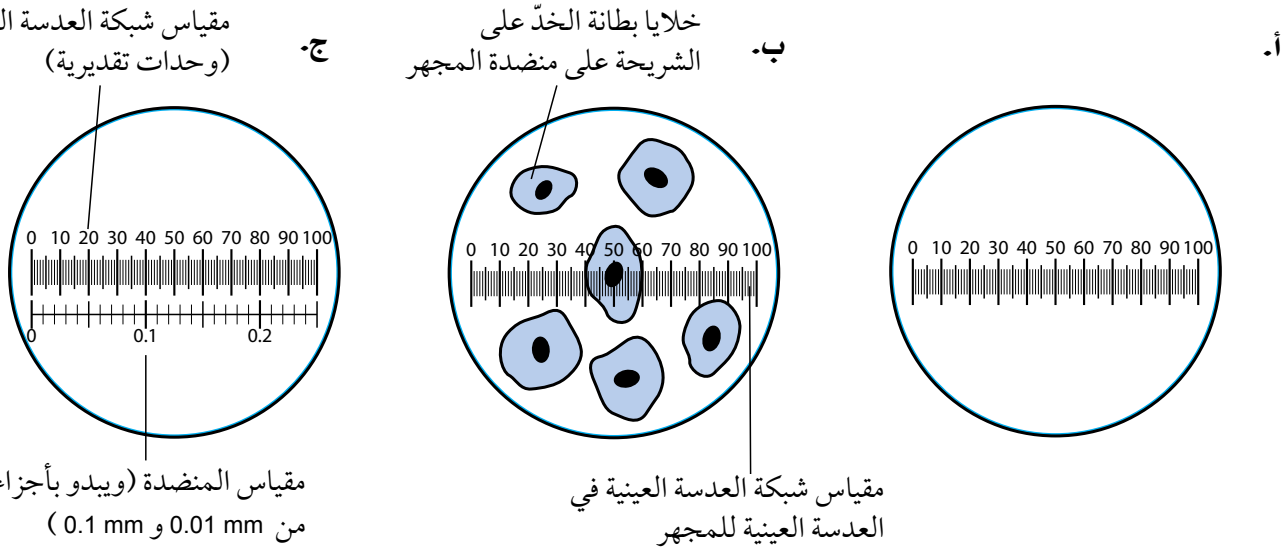
مصطلحات علمية

مقدار التكبير Magnification: عدد مرّات تكبير صورة الجسم مقارنة بالقياس الحقيقي؛ أو مقدار التكبير = قياس الصورة ÷ القياس الحقيقي (الفعلي) للعيّنة أو الجسم.

شبكة العدسة العينيّة Eyepiece graticule: مقياس صغير يوجد في العدسة العينيّة للمجهر.

قياس الخليّة

يمكن قياس حجم الخلايا والعضيات بداخلها بمقياس **شبكة العدسة العينيّة Eyepiece graticule**. يتكوّن هذا المقياس الشفاف من 100 جزء كما في الشكل ١-٥أ وعادة يوجد هذا المقياس داخل العدسة العينية بحيث يمكن رؤيته أثناء قياس العيّنة، كما في الشكل ١-٥ب، والذي يوضح وضعية المقياس فوق خليّة من بين 6 خلايا طلائيّة من بطانة الخدّ (مثل تلك المبيّنة في الصورة ١-٣). تقع الخلية المختارة بين الرقمَين 40 و 60



الشكل ١-٥ القياس المجهري. ثلاثة مجالات رؤية تُشاهد باستخدام عدسة شيئيّة بقوّة تكبير عالية (X 40): (أ) مقياس شبكة العدسة العينيّة يتكون من 100جزء. (ب) صور متراكبة لخلايا بطانة الخدّ الطلائيّة ومقياس شبكة العدسة العينيّة (ج) صورة متراكبة لمقياس شبكة العدسة العينيّة ومقياس المنضدة

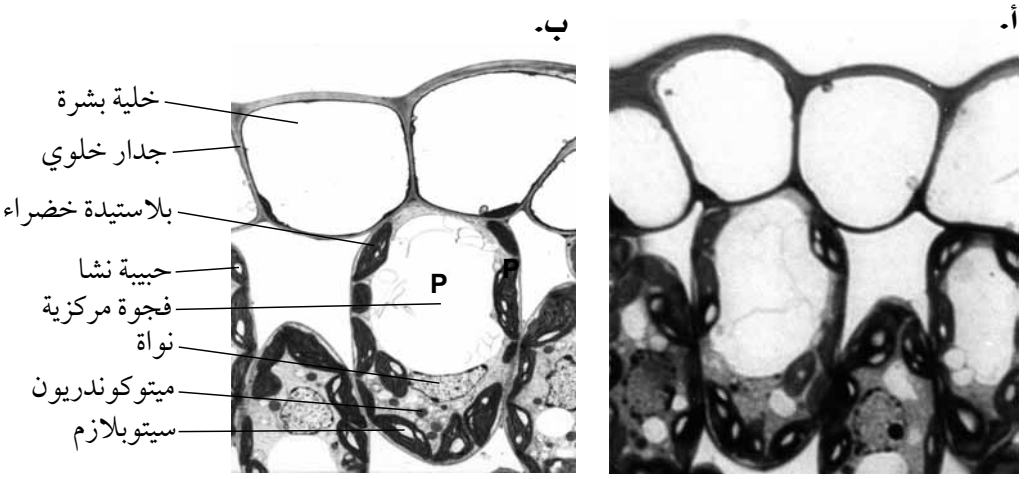
على المقياس، لذا فإنه يقيس قطر 20 وحدة عدسة عينيّة (الفرق بين 60 و 40). ويجب أولًا ضبط مقياس العدسة العينيّة لمعرفة القياس الحقيقي لهذه الوحدات.

لضبط مقياس شبكة العدسة العينيّة، توضع مسطرة شفافة صغيرة تسمى **مقياس المنضدة Stage micrometer** على منضدة المجهر، ويتم التركيز عليها. وقد يكون هذا المقياس محفورًا على شريحة زجاجيّة أو مطبوعًا على غشاء شفاف، وعادة ما يتضمن أجزاء فرعيّة من 0.1 و 0.01 مم. بعد ذلك، يمكن وضع صورة مقياس المنضدة ومقياس شبكة العدسة العينيّة الواحدة فوق الأخرى، كما في الشكل ١– ٥ج.

حساب مقدار التكبير

تبيّن الصورة ١–٥ **صورًا مجهريّة Micrographs** لمقطعَين من الخليّة النباتيّة نفسها، والفرق بينهما موضح في البند التالي. عند معرفة الطول الحقيقي (الفعلي) للخليّة في مثل هذه الصورة، يمكن حساب مقدار تكبيرها *M* باستخدام الصيغة الآتية:

$$M = \frac{I}{A}$$



الصورة ١–٥ صورة مجهريّة لقطاعَين من الخليّة النباتيّة نفسها كما يشاهدان: (أ) بالمجهر الضوئي؛ (ب) بالمجهر الإلكتروني. يشاهد كلاهما بمقدار التكبير نفسه (**750 X** تقريبًا)

مصطلحات علمية

مقياس المنضدة Stage micrometer: مقياس صغير جدًّا محفور على شريحة مجهريّة ومرسوم بدقة بأبعاد معروفة.

صورة مجهريّة Micrograph: صورة تلتقط باستخدام المجهر؛ الصورة المجهرية الضوئية تلتقط باستخدام المجهر الضوئي، والصورة المجهريّة الإلكترونيّة تلتقط باستخدام المجهر الإلكتروني.

مثال

١. في مقياس شبكة العدسة العينيّة المبيّن في الشكل ١–٥ يبلغ طول 100 وحدة 0.25 mm، لذا تبلغ قيمة كل وحدة في العدسة العينيّة

$$\frac{0.25}{100} = 0.0025 \text{ mm}$$

أو بتحويل المليمتر (mm) إلى ميكرون (µm):

$$\frac{1000 \times 0.25}{100} = 2.5 \text{ µm}$$

يبلغ قطر الخليّة الذي يشاهد فوق المقياس في الشكل ١–٥ 20 وحدة عدسة عينيّة، لذا فإن قطرها الحقيقي هو:

$$20 \times 2.5 \text{ µm} = 50 \text{ µm}$$

وهذا القطر أكبر من قطر خلايا كثيرة لدى الإنسان، لأن هذه الخلايا طلائيّة مسطحة.

مثال

٢. افترض أنك تريد معرفة مقدار تكبير الخليّة النباتيّة P في الصورة ١- ٥ب. القياس الحقيقي للخليّة يبلغ 80 µm.

الخطوة ١: استخدم المسطرة لتقيس طول الخليّة (أبعد نقطتَين) في الصورة المجهريّة بالمليمتر. ستجد أنه 50 mm تقريبًا.

الخطوة ٢: حوّل المليمتر (mm) إلى ميكرومتر (µm) (من الأسهل أن يتم تحويل جميع القياسات إلى الوحدات نفسها- وفي هذه الحال الميكرومتر، µm)

1000 µm = 1 mm

طول الخلية بالميكرومتر = 1000 µm X 50

50000 µm =

الخطوة ٣: استخدم الصيغة لحساب مقدار التكبير

مقدار التكبير، M = قياس الصورة، / القياس الحقيقي

$= \frac{I}{A}$

$= \frac{50000\ \mu m}{80\ \mu m}$

= X 625

رمز مقدار التكبير (X) أمام العدد 625 يعني «مرة». لذا يكون مقدار التكبير «625 مرة».

مثال

٣. يبيِّن الشكل ١-٦ خليّة لمفاويّة مع شريط قياس لحساب مقدار التكبير.

الشكل ١-٦ خليّة لمفاويّة

الخطوة ١: قس طول شريط القياس، ويبلغ هنا 36 mm.

الخطوة ٢: حوّل mm إلى µm.

طول الخلية بالميكرومتر = 1000 µm X 36

36000 µm =

الخطوة ٣: يمثل شريط القياس 6 µm. هذا هو القياس الحقيقي، A. استخدم الصيغة لحساب مقدار التكبير.

مقدار التكبير، M = قياس الصورة، / القياس الحقيقي،

$= \frac{I}{A}$

$= \frac{36000\ \mu m}{6\ \mu m}$

= X 6000

حساب القياس الحقيقي لجسم بعد تكبيره

لحساب القياس الحقيقي أو الفعلي لجسم، يمكن استخدام صيغة التكبير نفسها.

مثال

٤. تبين الصورة ١-٧ أجزاء من ثلاث خلايا نباتيّة مكبرة 5600 X. افترض أننا نريد معرفة الطول الحقيقي للبلاستيدة الخضراء في صورة المجهر الإلكتروني.

الخطوة ١: استخدم المسطرة لقياس الطول المشاهد لصورة البلاستيدة الخضراء (I)، بالمليمتر. الطول الأقصى هو 20 mm.

الخطوة ٢: حوّل mm إلى µm.

طول البلاستيدة الخضراء بالميكرومتر

1000 X 20 = 20000 µm

الخطوة ٣: استخدم الصيغة لحساب الطول الحقيقي:

القياس الحقيقي A = قياس الصورة، / مقدار التكبير،

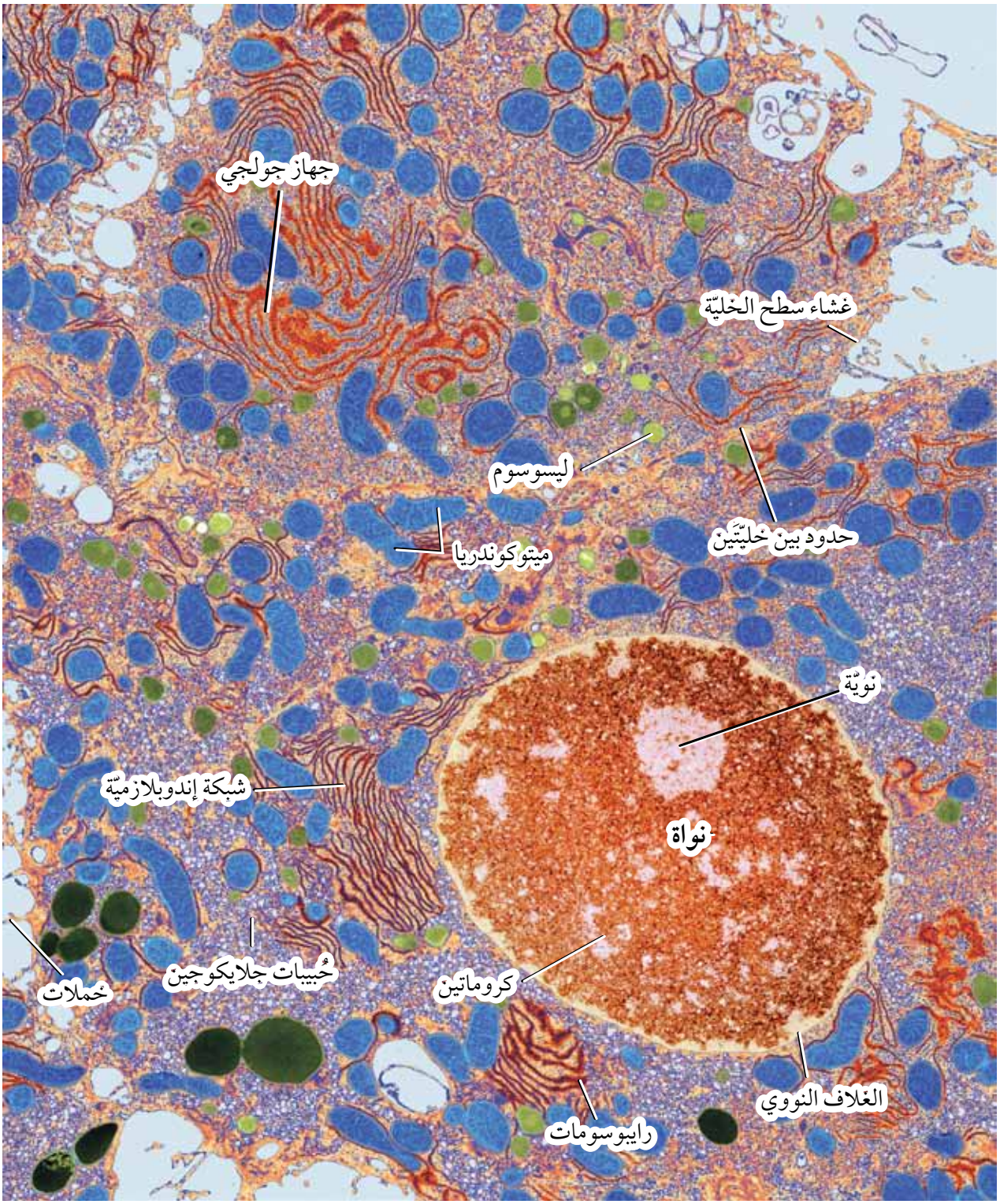
$= \frac{I}{M}$

$= \frac{20000\ \mu m}{5600}$

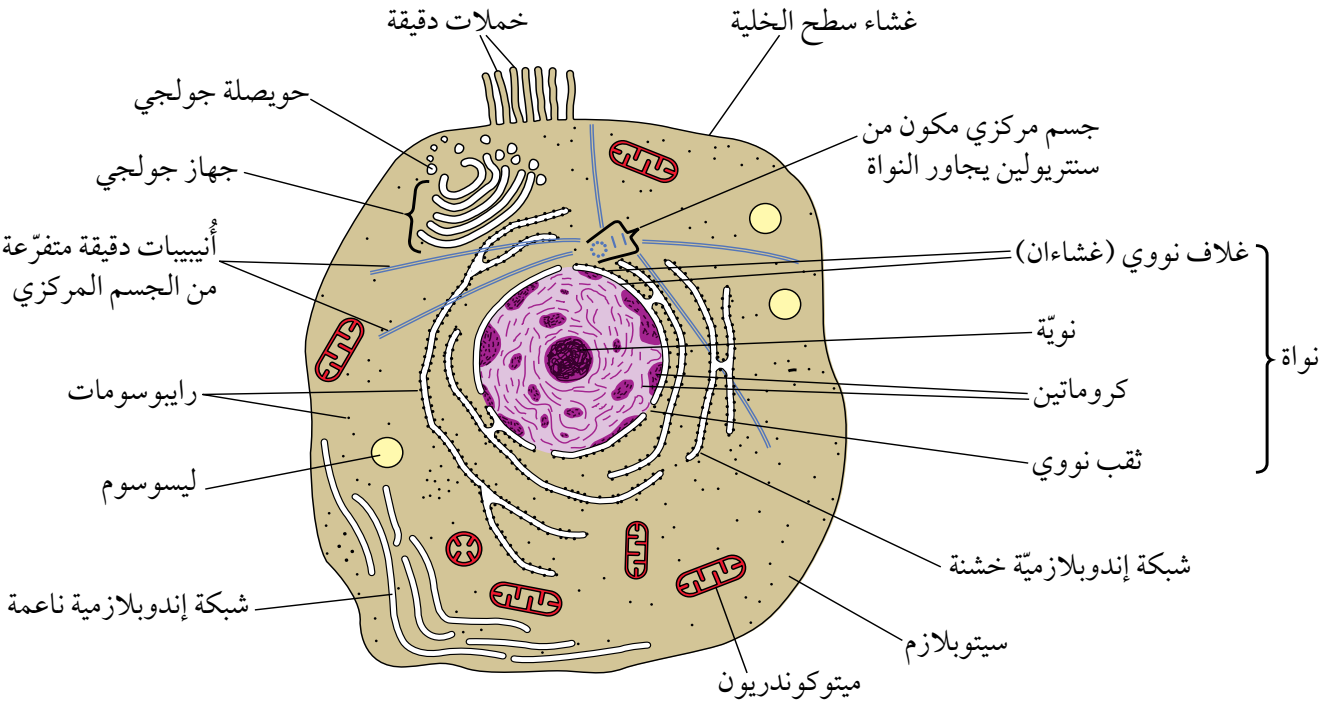
= 3.6 µm

١-٤ الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة كما تُرى بالمجهر الإلكتروني

يبيّن الشكلان ١-٧ و١-٨ والصورتان من ١-٦ و ١-٧ التركيب الدقيق (التفصيلي) للخليّة.



الصورة ١-٦ أجزاء من خليّتَين حيوانيتَين تمثيليّتَين (نموذجيّتَين) كما تُرى بالمجهر الإلكتروني النافذ. الخليّتان لكبد جرذ (X 9600). تظهر النواة بوضوح في إحدى الخليّتَين، ويصعب رؤية الحدود بين الخليّتَين لأن أغشية أسطح الخلايا رقيقة جدًا

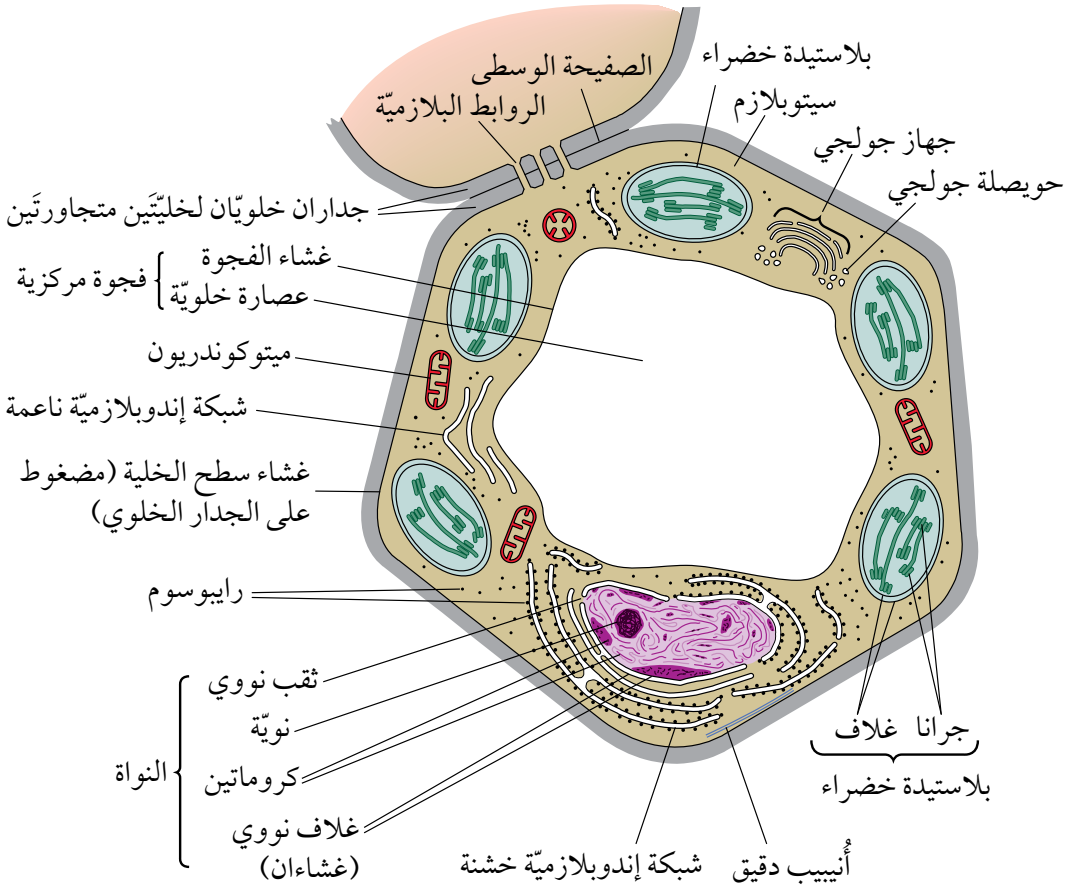


الشكل ١-٧ التركيب الدقيق لخليّة حيوانيّة نموذجيّة كما ترى بالمجهر الإلكتروني. يعتمد هذا الرسم على عدة صور مجهريّة لخلايا حيوانيّة. في الواقع، تكون الشبكة الإندوبلازميّة والرايبوسومات الحرة أوسع انتشارًا مما هو ظاهر. توجد أحيانًا حبيبات جلايكوجين في السيتوبلازم

سؤال

(٣) قارن الشكل ١-٧ بالشكل ١-١. سَمِّ التراكيب في الخليّة الحيوانيّة التي يمكن رؤيتها بالمجهر الإلكتروني ولا تُرى بالمجهر الضوئي.

الصورة ١-٧ صورة مجهرية ملونة محسّنة للخلايا النباتية كما تُرى بالمجهر الإلكتروني النافذ ((TEM). وهي خلايا من قمة جذر نبات رشاد أذن الفأر Arabidopsis thaliana. تبدو البلاستيدات الخضراء أصغر مما هي في الخلايا النباتية الأخرى لأنها لا تزال في طور النمو ، وسوف يُثبط تطورها في الخلايا الجذرية بالأكسين (x5600)



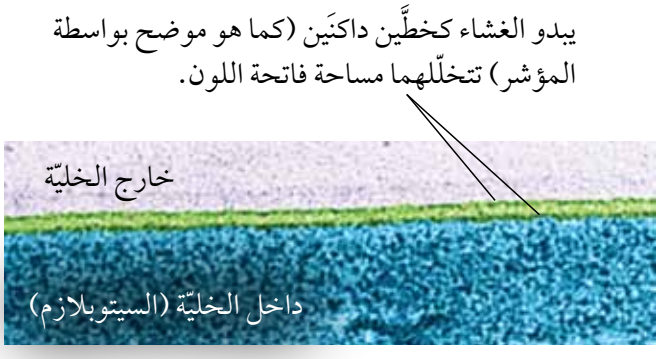
الشكل ١–٨ التركيب الدقيق لخليّة نباتيّة نموذجيّة كما ترى بالمجهر الإلكتروني. يعتمد هذا الرسم على عدّة صور مجهريّة لخلايا نباتية. في الواقع، تكون الشبكة الإندوبلازميّة والرايبوسومات الحرة أوسع انتشارًا مما هو ظاهر

سؤال

٤ قارن الشكل ١– ٨ بالشكل ١–٢. سَمِّ التراكيب في الخليّة النباتيّة التي يمكن رؤيتها بالمجهر الإلكتروني ولا تُرى بالمجهر الضوئي.

غشاء سطح الخلية (الغشاء البلازمي)

غشاء سطح الخلية رقيق جدًا (7 nm تقريبًا). إلّا أنه، في حال رؤيته بصورة مكبّرة، يبدو مكوّنًا من ثلاث طبقات، أو من طبقتَين داكنتَين (مصبوغتَين بشدّة) تتخلّلهما مساحة ضيّقة فاتحة اللون (الصورة ١–٨). الغشاء مُنفِذ جُزئيًّا ويتحكّم في تبادل الموادّ بين الخليّة وبيئتها المحيطة. سيتم دراسة تركيب غشاء الخلية ووظيفته بالتفصيل في وحدة الغشاء البلازمي والنقل.



الصورة ١–٨ صورة مجهرية لغشاء سطح خلية (X 250000). عند قوّة التكبير هذه، يبدو الغشاء كخطَّين داكنَين عند حافة الخليّة

الخملات الدقيقة

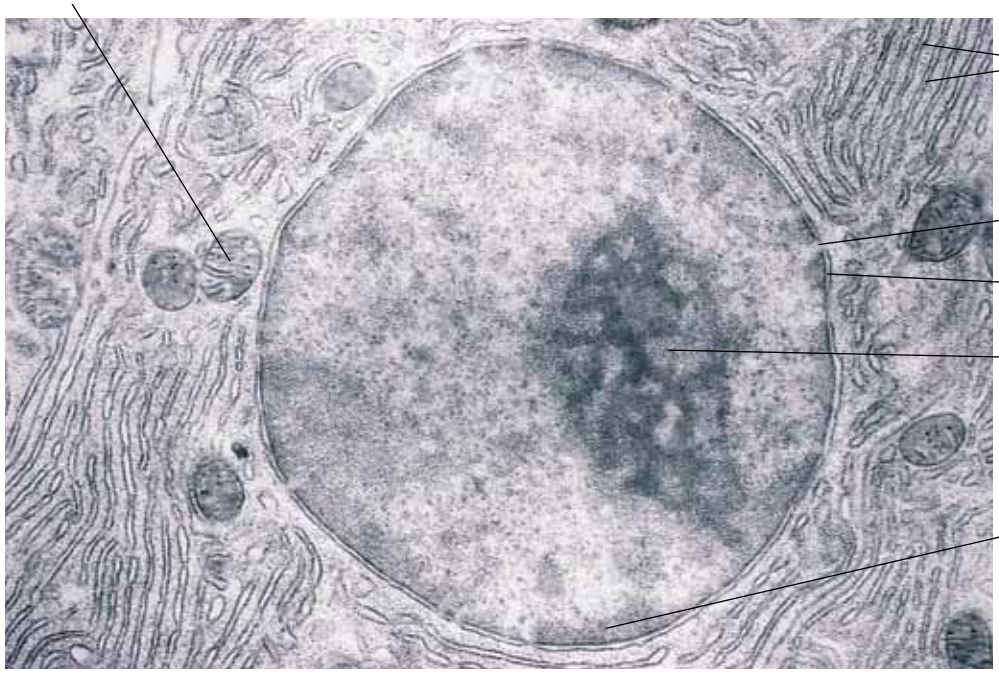
الخملات الدقيقة Microvilli (مفردها **خملة دقيقة Microvillus**) نتوءات (بروزات)، على هيئة أصابع، وهي امتداد لغشاء سطح الخلية، وتوجد في بعض الخلايا الحيوانية، مثل الخلايا الطلائيّة التي تغطّي أسطح التراكيب. تزيد الخملات الدقيقة من مساحة سطح غشاء الخلية كما هو مبيّن في الشكل ١-٧، بما يفيد، على سبيل المثال، في إعادة الامتصاص في الأنابيب الملتوية القريبة من الكِلية، وامتصاص الطعام المهضوم في الخلايا المبطِّنة للأمعاء.

مصطلحات علمية

الخملات الدقيقة Microvilli (مفردها **خملة دقيقة Microvillus**): نتوءات على هيئة أصابع تمتدّ من سطح الخليّة فتزيد من مساحة سطح الخليّة لامتصاص أو إفراز أكثر كفاءة.

النواة

النواة هي العُضيّة الأكبر في الخليّة كما هو مبين في (الصورة ١-٩).



الصورة ١-٩ صورة للنواة بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM). هذه النواة لخليّة من بنكرياس خفاش (X 11000)، وهي دائرية الشكل محاطة بغلاف نووي مزدوج يحتوي على ثقوب نووية. وتبدو النوية مصبوغة بشدّة (داكنة اللون). ويمكن رؤية الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة في السيتوبلازم

سؤال

٥ **أ.** حدّد أطول قطر حقيقي للنواة المبيّنة في (الصورة ١-٩) مُستخدمًا مقدار التكبير المذكور أسفل الشكل.

ب. القطر الذي حسبته للنواة المبيّنة في (الصورة ١-٩) ليس بالضرورة أطول قطر لهذه النواة. اشرح ذلك.

الغلاف النووي

تُحاط النواة بغشاءَين يشكّلان معًا **الغلاف النووي** Nuclear envelope. والغشاء الخارجي من الغلاف النووي يكون على اتّصال مع الشبكة الإندوبلازميّة (الشكل ١-٧ والصورة ١-٩).

يحتوي الغلاف النووي على ثقوب صغيرة كثيرة تسمّى **الثقوب النووية** Nuclear pores، تسمح بتبادل الموادّ بين النواة والسيتوبلازم وتتحكّم فيها. ومن أمثلة الموادّ التي تخرج من النواة عبر الثقوب RNA المرسال (mRNA) وRNA الناقل (tRNA) والرايبوسومات لبناء البروتينات. ومن أمثلة الموادّ التي تدخل عبر ثقوب النواة، البروتينات (لتساعد في صنع الرايبوسومات)، والنيوكليوتيدات، وأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، وبعض الهرمونات مثل هرمون الغدّة الدرقيّة T3.

الكروموسومات والكروماتين

تحتوي النواة على الكروموسومات، التي تحتوي بدورها على المادّة الوراثيّة DNA. ينتظم DNA في وحدات وظيفيّة تسمّى الجينات، تتحكّم في أنشطة الخليّة والوراثة. وبذلك، فإن النواة تتحكّم في أنشطة الخليّة.

تتميز جُزيئات DNA بأنها طويلة جدًا، (تحتوي خليّة الإنسان مثلًا على مترَين تقريبًا من DNA)، والتي يجب طيّها بإحكام لمنع تشابكها. ويتمّ تحقيق ذلك من خلال تداخلها مع بروتينات خاصة تسمّى هستونات Histones. إنّ مجموعة DNA مع البروتين تسمّى الكروماتين. يحتوي الكروماتين أيضًا على بعض جُزيئات RNA، وهكذا، فإن الكروموسومات تتكوّن من الكروماتين.

عندما تكون الخليّة على وشك الانقسام، تنقسم المادة الوراثية أولًا، لذلك يكون لكلّ خليّة جديدة نواتها الخاصة. ويكون داخل النواة أيضًا تركيب يسمّى النويّة.

النويّة

تظهر **النويّة** Nucleolus على شكل تركيب كروي داكن اللون (الصورة ١-٩). ويمكن أن توجد نوية أو أكثر في النواة، على الرغم من أن وجود نويّة واحدة هو الأكثر شيوعًا. الوظيفة الرئيسية للنويّة صنع الرايبوسومات، باستخدام المعلومات في DNA الموجود فيها. وهي تحتوي على لُبّ من DNA يتكوّن من كروموسوم واحد أو أكثر، تحتوي على الجينات التي تشفّر بناء RNA الرايبوسومي (rRNA) المستخدم في تكوين الرايبوسومات. وتحتوي أيضًا على الجينات اللازمة لبناء tRNA. وحول اللُّبّ مناطق أقل كثافة، يتمّ فيها تجميع الوحدات الرايبوسوميّة الفرعيّة، بربط rRNA مع البروتينات الرايبوسوميّة من السيتوبلازم. وكلّما ازداد عدد الرايبوسومات التي تبنيها الخليّة، تكون نويتها أكبر.

تتجمّع الأجزاء المختلفة للنوية أثناء بناء الرايبوسومات فقط، وهي تنفصل بعضها عن بعض أثناء الانقسام المتساوي، فيتوقّف بناء الرايبوسوم، وتختفي النويّة كتركيب.

مصطلحات علمية

الغلاف النووي Nuclear envelope: الغشاءان المتجاوران اللذان يحيطان بالنواة، وبه ثقوب نوويّة.

الثقوب النوويّة Nuclear pores: ثقوب توجد في الغلاف النووي وتتحكّم في تبادل الموادّ، مثل mRNA، بين النواة والسيتوبلازم.

النويّة Nucleolus: تركيب صغير واحد أو أكثر يوجد داخل النواة. تشاهد النويّة عادة كجسم شديد الاصطباغ، ووظيفتها استخدام تعليمات DNA الموجود فيها لبناء الرايبوسومات.

الشبكة الإندوبلازميّة

تبدو **الشبكة الإندوبلازميّة Endoplasmic reticulum** كثيرة التفاصيل بالمجهر الإلكتروني (الصور ١-٩ و١-١٠ و ١-١٣). تشكّل أغشية الشبكة أكياسًا (أنبوبية الشكل) يمكن أن تنتقل عبرها الجُزيئات، بشكل منفصل عن باقي السيتوبلازم. وتمتدّ هذه الشبكة لتتّصل بالغشاء الخارجي للغلاف النووي (الشكل ١-٧ و ١-٨).

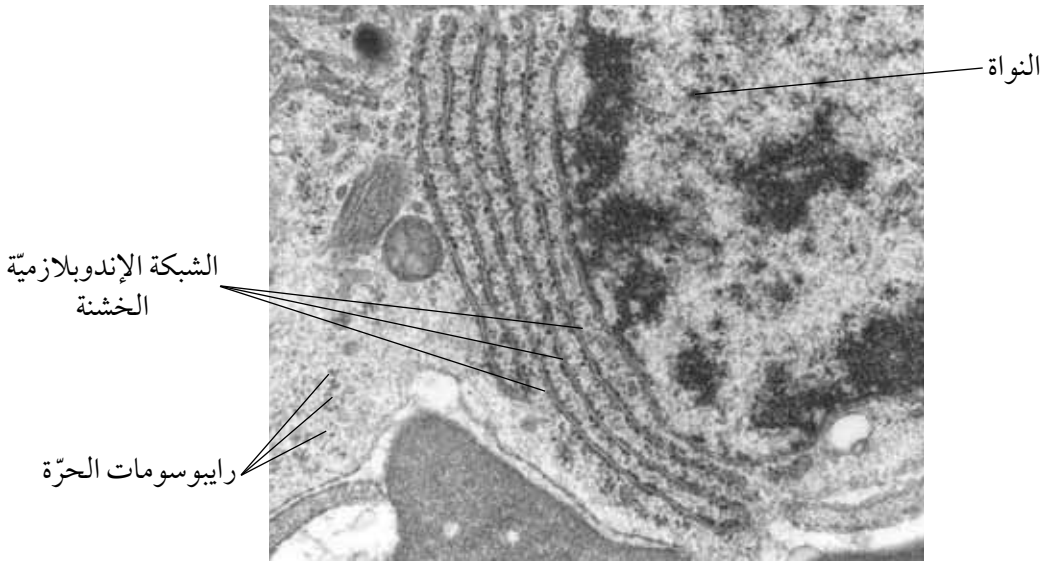
يوجد نوعان من الشبكة الإندوبلازميّة (ER): الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة (Rough endoplasmic Reticulum: RER) والشبكة الإندوبلازميّة الناعمة (Smooth Endoplasmic Reticulum: SER).

مصطلحات علمية

الشبكة الإندوبلازميّة Endoplasmic reticulum (ER): شبكة من أكياس مسطّحة تمتدّ عبر سيتوبلازم الخلايا حقيقيّة النواة تنتقل عبرها الجُزيئات، بشكل منفصل عن باقي السيتوبلازم، وتمتدّ هذه الشبكة لتتّصل بالغشاء الخارجي للغلاف النووي.

الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة

تسمّى الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة بهذا الاسم لأنها مغطّاة بكثير من العُضيّات الصغيرة المسمّاة رايبوسومات (تعرض لاحقًا). وهي تبدو فقط كنقاط سوداء في (الصورة ١-١٠) . الرايبوسومات هي مواقع بناء البروتين، ويمكن أن توجد أيضًا حرة في السيتوبلازم. وتقوم الشبكة الإندوبلازمية الخشنة بنقل البروتينات.



الصورة ١-١٠ صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ للشبكة الإندوبلازميّة الخشنة مغطاة بالرايبوسومات (النقاط السوداء) (X 17000). يمكن رؤية بعض الرايبوسومات الحرّة في السيتوبلازم جهة اليسار

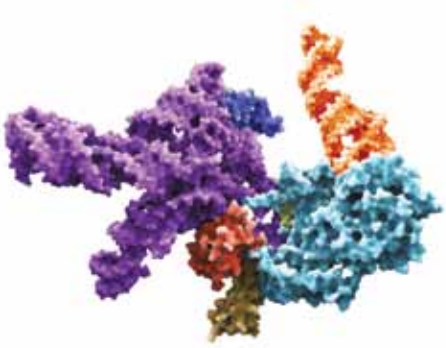
الشبكة الإندوبلازميّة الناعمة

للشبكة الإندوبلازميّة الناعمة مظهر أملس لعدم وجود رايبوسومات عليها. وتختلف وظيفتها عن وظيفة الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة، فهي تصنع الدهون والستيرويدات مثل الكولسترول والهرمونات الجنسيّة: الإستروجين والتستوستيرون. وهي موقع تخزين أساسي للكالسيوم، بما يفسّر وفرتها في خلايا العضلات، حيث تشارك أيونات الكالسيوم في الانقباض العضلي. وتشارك الشبكة الإندوبلازميّة الناعمة في أيض الدواء في الكبد.

الرايبوسومات

الرايبوسومات Ribosomes عضيات صغيرة جدًا ولا تُرى بالمجهر الضوئي. وعند تكبيرها باستخدام المجهر الإلكتروني يمكن رؤيتها تتكوّن من وحدتَين: وحدة كبيرة ووحدة صغيرة. ويقاس هذا الحجم الصغير غالبًا بوحدات S (وحدات سفيدبرج). وهي وحدات تقيس سرعة ترسّب الموادّ في أجهزة الطرد المركزي عالية السرعة (جهاز الطرد المركزي الفائق). وكلّما كان ترسّب الموادّ أسرع، كان الرقم S أكبر. فتعرف رايبوسومات الخلايا حقيقيّة النواة بـ 80S، أمّا رايبوسومات الخلايا بدائيّة النواة فتعرف بـ 70S، وهي أصغر قليلًا من رايبوسومات حقيقية النواة. وتحتوي الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء أيضًا على رايبوسومات 70S.

تتكوّن الرايبوسومات من مقادير متساوية تقريبًا في الكتلة من RNA الرايبوسومي (rRNA) والبروتين، وقد تمّ معرفة تركيبها ثلاثي الأبعاد (الشكل ١-٩). تتيح الرايبوسومات لجميع الجُزيئات المتفاعلة في عمليّة بناء البروتين، مثل mRNA و tRNA والأحماض الأمينيّة والبروتينات المنظّمة بأن تتجمع معًا في مكان واحد.



الشكل ١-٩ نموذج حاسوبي لتركيب رايبوسوم خلايا الإنسان 80 S

جهاز جولجي

جهاز جولجي Golgi appartus كومة من الأكياس الغشائية المسطّحة Cisternae (الصورة ١-١١)، وقد نجد في الخليّة أكثر من جهاز جولجي واحد. تتكوّن كومة الأكياس هذه باستمرار عند أحد الأطراف من حويصلات تنتج من تبرعم أغشية الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة، ثمّ تنفصل مرّة أخرى عند الطرف الآخر لتنشأ **حويصلات جولجي Golgi vesicles**. وتسمّى كومة الأكياس مع الحويصلات المرتبطة فيها جهاز جولجي **Golgi apparatus** أو معقّد جولجي **Golgi complex**.

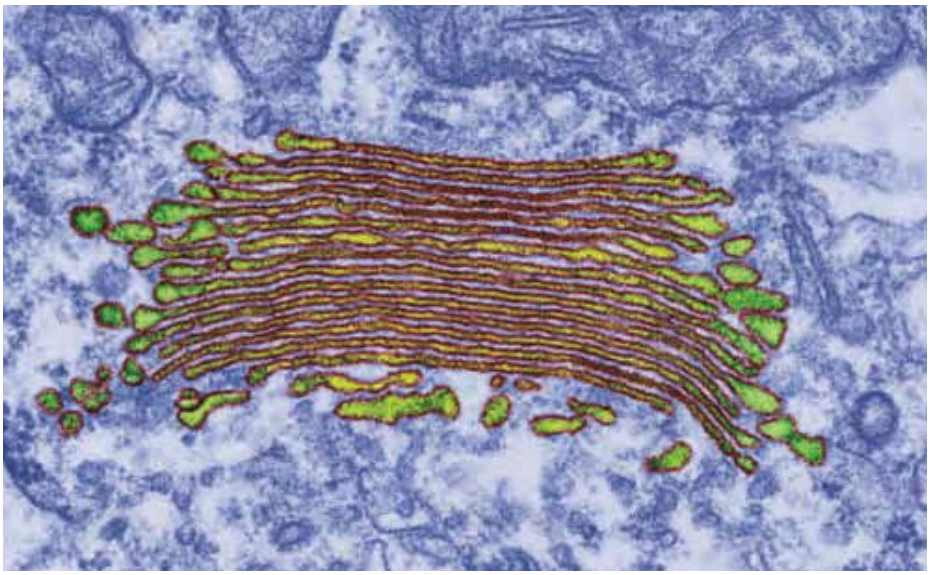
يجمع جهاز جولجي الجُزيئات، خصوصًا البروتينات، من الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة، ويعالجها. وهو يستخدم في ذلك مئات الإنزيمات التي يحتويها. وتنتقل الجُزيئات بعد معالجتها إلى أجزاء أخرى من الخليّة أو إلى خارجها. ويسمّى إطلاق الجُزيئات إلى خارج الخليّة إفرازًا، ويسمّى المسار الذي تسلكه الجُزيئات مسارَ الإفراز.

مصطلحات علمية

الرايبوسوم Ribosome: عُضيّة صغيرة توجد بأعداد كبيرة في جميع الخلايا. يبلغ قطر رايبوسوم الخلايا بدائيّة النواة 20 nm تقريبًا، في حين يبلغ قطر رايبوسومات الخلايا حقيقيّة النواة 25 nm تقريبًا.

جهاز جولجي Golgi apparatus (أجسام جولجي Golgi bodies أو معقّد جولجي Golgi complex): عُضيّة توجد في الخلايا حقيقيّة النواة، وهي تتكوّن من كومة من الأكياس الغشائية المسطّحة، وتتشكّل باستمرار من أحد الطرفَين، ثم تنفصل لتكوّن حويصلات جولجي عند الطرف الآخر. ويعدّل جهاز جولجي التركيب الكيميائي للجُزيئات التي ينقلها، فعلى سبيل المثال: يمكنه إضافة السكّريات إلى البروتينات لتكوين البروتينات السكريّة.

حويصلات جولجي Golgi vesicles: تحمل محتوياتها إلى أجزاء أخرى من الخلية، غالبًا ما يكون غشاء سطح الخلية، ليتمّ إفرازها.



الصورة ١-١١ جهاز جولجي كما يبدو بالمجهر الإلكتروني النافذ. يمكن رؤية حويصلات جولجي الصغيرة تتبرعم من أكياس الكومة المركزيّة كأسية الشكل (اللون الأخضر) وتنفصل عنها. قد تكوّن، هذه حويصلات إفرازيّة تطلق محتوياتها عند سطح الخليّة عن طريق الإخراج الخلوي

وفيما يأتي أمثلة على وظائف جهاز جولجي:

- تستخدم حويصلات جولجي في بناء الليسوسومات.
- تضاف السكّريات إلى البروتينات لتكوين جُزيئات البروتينات السكّريّة.
- تضاف السكّريات إلى الدهون لتكوين الدهون السكّرية.البروتينات السكّرية والدهون السكّرية مكوّنات مهمّة للأغشية، وتمثّل جُزيئات مهمّة في الاتصال الخلوي.
- أثناء انقسام الخلية النباتيّة، يشارك جهاز جولجي في بناء جدران الخلايا الجديدة.
- في القناة الهضميّة وجهاز تبادل الغازات، تطلق الخلايا الكأسية مادّة ميوسين من جهاز جولجي وهي أحد المكوّنات الرئيسية للمخاط.

الليسوسومات

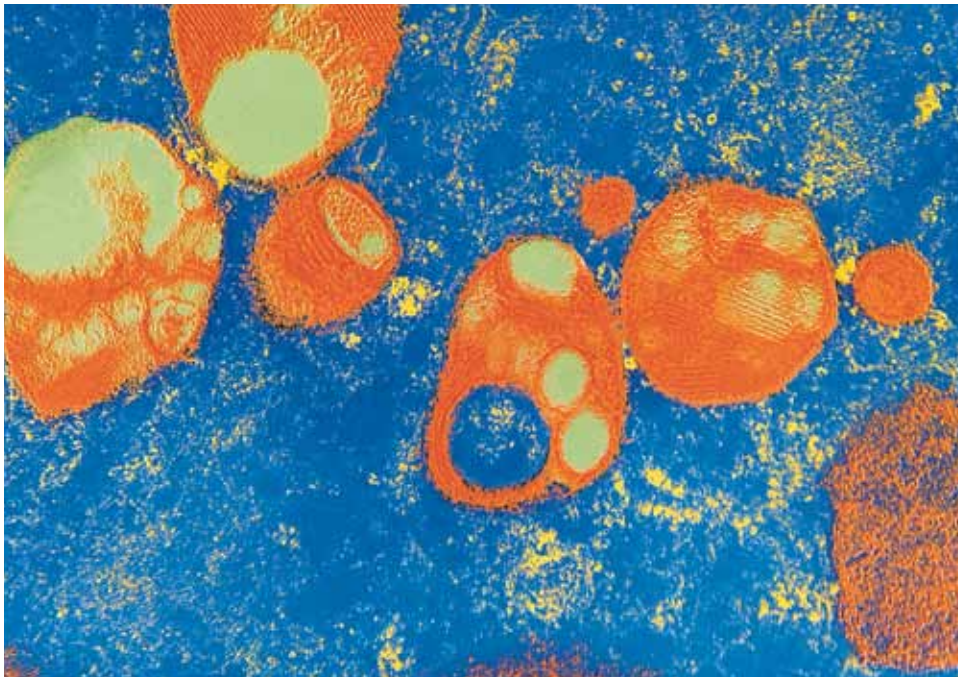
الليسوسومات Lysosomes حويصلات كروية بسيطة محاطة بغشاء مفرد، يبلغ قطرها في الخلايا الحيوانيّة عادة 0.1 - 0.5 µm (الصورة ١-١٢).

قد تعمل الفجوة المركزيّة الكبيرة في الخلايا النباتيّة عمل الليسوسوم، على الرغم من وجود تراكيب شبيهه بالليسوسومات كتلك التي في الخلايا الحيوانيّة، وتشاهد في السيتوبلازم.

تحتوي الليسوسومات على إنزيمات هاضمة، وهي تسمّى إنزيمات التحلُّل المائي Hydrolases، لأنها تحفّز تفاعلات التحلل المائي. يجب أن تبقى الإنزيمات منفصلة عن بقيّة مكوّنات الخليّة لتجنّب حدوث ضرر، إذ تقوم الليسوسومات بتحطيم (هضم) الموادّ والتراكيب غير المرغوب فيها مثل العُضيّات القديمة أو حتى الخلايا الكاملة. ويعمل التحلّل المائي بشكل سريع في وسط حمضي، له pH بين 4-5 مقارنة مع السيتوبلازم المحيط الذي له pH يساوي 7. وتحتوي الليسوسومات على أكثر من 60 إنزيمًا من بينها البروتييز والليبييز والنيوكلييز، والتي تفكّك البروتينات والدهون والأحماض النوويّة على

مصطلحات علمية

الليسوسوم Lysosomes: عُضيّة كرويّة الشكل توجد في الخلايا حقيقيّة النواة. وهي تحتوي على إنزيمات هاضمة (إنزيمات التحلّل المائي). وتؤدي وظائف تفكيك وهدم متنوعة، مثل إزالة عُضيّات الخليّة القديمة.



الصورة١-١٢ الليسوسومات (باللون البرتقالي) في خليّة كلية فأر (X 55000) تحتوي على تراكيب خلويّة أثناء عمليّة الهضم. يبدو السيتوبلازم باللون الأزرق هنا

التوالي. تصنّع الإنزيمات على الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة (RER)، وتُرسل إلى الليسوسومات عبر جهاز جولجي. يمكن تصنيف أنشطة الليسوسومات في أربع فئات كما يأتي:

التخلّص من المواد غير المرغوب فيها في الخلية

يمكن أن تبتلع الليسوسومات مكوّنات الخليّة غير المرغوب فيها، مثل الجُزيئات أو العُضيّات الميتة أو المحطمة التي توجد داخل الخليّة.

الإدخال الخلوي

يحدث الإدخال الخلوي عندما يغلّف غشاء الخلية المادّة بالكامل خارج الخلية ثم تدفع إلى داخل الخلية، على سبيل المثال: عندما تبتلع خلايا الدم البيضاء البكتيريا. فقد تندمج الليسوسومات مع الفجوات البلعميّة المتشكّلة وتطلق إنزيماتها لهضم المحتويات (المزيد من التفصيل في وحدة الإنزيمات).

الإخراج الخلوي

يمكن أن يتمّ إطلاق إنزيمات الليسوسومات من الخليّة لتستخدم في الهضم خارج الخليّة؛ ومثال على ذلك، استبدال غضروف العظم أثناء النموّ. كما أن رؤوس الحيوانات المنوية تحتوي على ليسوسوم خاص هو الجسم القمي (الأكروسوم)، لهضم الخلايا المحيطة بالبويضة ليشكل مسارًا يمكّنه من الوصول إلى البويضة عند الإخصاب.

الهضم الذاتي

أحيانًا، يتمّ إطلاق محتويات الليسوسومات في السيتوبلازم، الأمر الذي يؤدّي إلى هضم الخليّة بأكملها (عمليّة التحلّل الذاتي). قد يكون هذا جزءًا من النموّ الطبيعي، كما هو الحال عندما يعاد امتصاص ذيل الشرغوف أثناء التحوّل، أو عندما يستعيد الرحم حجمه الطبيعي بعد الحمل، أو كما يحدث بعد وفاة الإنسان حيث تفقد الأغشية نفاذيتها الجُزئية.

الميتوكوندريا

مصطلحات علمية

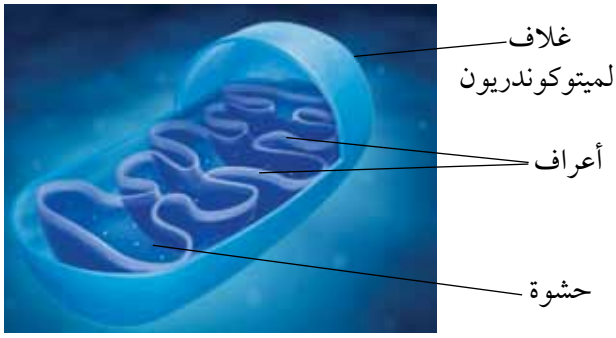
أعراف Cristae (مفردها عرف Crista): طيّات من الغشاء الداخلي لغلاف الميتوكوندريا حيث توجد جُزيئات من إنزيم ATP سينثيز، وسلاسل نقل الإلكترون، المرتبطة بعملية التنفّس الهوائي.

التركيب

تبيّن الصورتان ١-٦ و ١-١٣ الميتوكوندريون Mitochondrion (جمعه الميتوكوندريا Mitochondria) كما يُرى بالمجهر الإلكتروني. يبلغ قطر الميتوكوندريا عادة حوالي 1µm، وتكون على عدّة أشكال، وعلى الأغلب عصوية، كما في الصورة ١-١٣. وتحاط الميتوكوندريا بغشاءَين (الغلاف)، ويكون الغشاء الداخلي منثنيًا مُكوّنًا بروزات (على شكل أصابع) تسمّى **الأعراف Cristae** (مفردها عرف Crista)، تمتدّ إلى داخل الميتوكوندريا المسمّى الحشوة Matrix، والمساحة بين الغشاءَين تُسمى الحيّز بين غشاءَين كما في الشكل ١-١٠.

تحتوي الميتوكوندريا على رايبوسومات 70S وحمض نووي حلقي خاصة بها، لتمكنها من بناء البروتينات اللازمة للتنفس. عدد الميتوكوندريا في تغيّر دائم؛ ولكونها مسؤولة عن التنفّس الهوائي، فالخلايا النشطة كخلايا الكبد والعضلات تحتاج إلى مقدار عالٍ من الطاقة، لذلك تكثر فيها الميتوكوندريا، فقد تحتوي خليّة الكبد مثلًا على 2000 ميتوكندريون. وإذا كنت تمارس الرياضة بانتظام فإن عضلاتك ستصنع المزيد من الميتوكوندريا.

الصورة ١-١٣ الميتوكوندريون (الوردي والأزرق) مع غشائها المزدوج (الغلاف)، ينثني الغشاء الداخلي ليشكّل الأعراف (X 20000) الميتوكوندريون هي الموقع الذي تجري فيه عملية التنفس الهوائي. لاحظ أيضًا الشبكة الإندوبلازمية الخشنة



الشكل ١-١٠ رسم توضيحي حاسوبي (رقمي) للميتوكوندريون

مصطلحات علمية

أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) Adenosine triphosphate: الجُزيء الذي يمثّل «العملة المتداولة العامة» للطاقة في جميع الكائنات الحيّة؛ والغرض من عملية التنفّس هو تكوين ATP.

وظائف الميتوكوندريا ودور ATP

الوظيفة الرئيسية للميتوكوندريا هي القيام بعمليّة التنفّس الهوائي، على الرغم من قيامها بوظائف أخرى من بينها تشكيل الدهون. تجري سلسلة من التفاعلات أثناء التنفّس التي تطلق الطاقة من جُزيئات غنيّة بالطاقة مثل السكّريات والدهون. وتتحوّل معظم الطاقة إلى جُزيئات **ATP** (**أدينوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine triphosphate**)، الجُزيء الحامل للطاقة في جميع الخلايا الحيّة، والذي يعرف بعملة الطاقة المتداولة.

تحدث تفاعلات عملية التنفّس في محلول الحشوة وفي الغشاء الداخلي (الأعراف).

ويحتوي محلول الحشوة على إنزيمات، بما في ذلك إنزيمات دورة كريبس Krebs cycle، كما توجد إنزيمات نقل الإلكترونات في الأعراف.

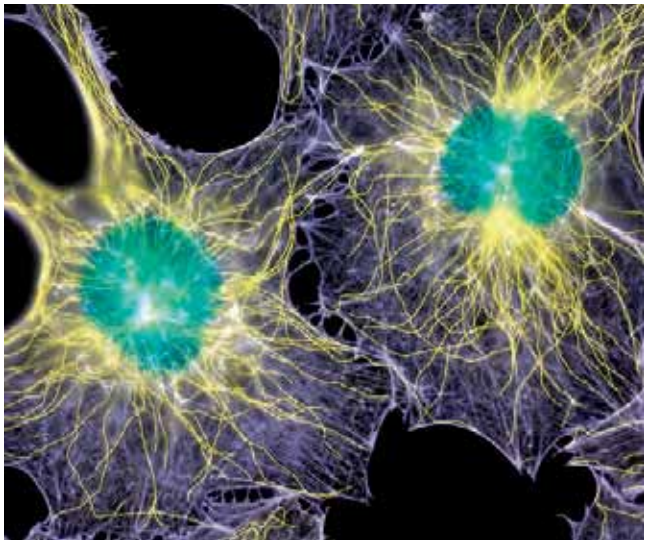
وبعد أن يتكوّن ATP يغادر الميتوكوندريون. وبما أنه جُزيء صغير قابل للذوبان، يمكن أن ينتشر بسرعة في جميع أنحاء الخليّة بحسب الحاجة إلى الطاقة. وتنطلق الطاقة من ATP بتحطيمه إلى **ADP** (**أدينوسين ثنائي الفوسفات Adenosine diphosphate**)، في تفاعل تحلّل مائي. ثم يعاد تدوير ADP في الميتوكوندريون مرّة أخرى ليتحوّل إلى ATP أثناء التنفّس الهوائي.

مصطلحات علمية

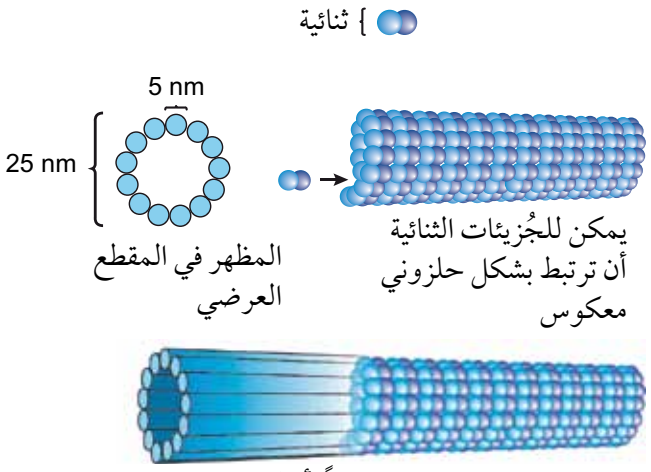
أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) Adenosine diphosphate: جزيء يتحوّل إلى ATP بإضافة الفوسفات (بتفاعل يسمّى الفسفرة) أثناء عملية التنفّس. والإنزيم المسؤول عن هذا التحوّل هو ATP سينثيز، ويتطلّب التفاعل طاقة.

الأُنيبيبات الدقيقة ومراكز تنظيمها

الأُنيبيبات الدقيقة Microtubules أنابيب طويلة نسبيًا صلبة مجوّفة توجد في السيتوبلازم. وهي صغيرة جدًا، إذ يبلغ قطرها 25 nm تقريبًا، وتشكّل مع خيوط الأكتين والخيوط الوسطية الهيكلَ الخلوي Cytoskeleton، الذي يؤمّن الدعم وتحديد شكل الخلية. وتتكوّن الأُنيبيبات الدقيقة من بروتين يسمّى التيوبيولين Tubulin، ينتظم على هيئة ثنائيات Dimers، تشمل وحدتَين من التيوبيولين يرتبطان معًا ويشكلان خيوطًا أولية، كما هو مبيّن في الشكل ١-١١ و الصورة ١-١٤. والأسطوانة من الخيوط الأولية هي أنيبيب دقيق.



الصورة ١-١٤ تنظيم الأُنيبيبات الدقيقة (تبدو باللون الأصفر) في خليّتَين



الشكل ١-١١: تركيب الأُنيبيب الدقيق

مصطلحات علمية

الأُنيبيبات الدقيقة Microtubules: أُنيبيبات صغيرة تتكوّن من بروتينات تسمى تيوبيولين، وتوجد في معظم الخلايا حقيقيّة النواة. وهي تؤدّي وظائف كثيرة متنوّعة، بما في ذلك دعم الخليّة وتحديد شكلها. تتكون خيوط المغزل من أنيبيبات دقيقة تساعد في فصل الكروماتيدات والكروموسومات أثناء الانقسام المتساوي.

وبالإضافة إلى وظيفة الدعم، تؤدّي الأُنيبيبات الدقيقة عدّة وظائف أخرى أهمّها:

- انتقال الحويصلات الإفرازيّة والعُضيّات أو مكوّنات خلوية أخرى على طول الأسطح الخارجيّة للأُنيبيبات مشكّلة نظام نقل داخل الخلايا، كما في حركة حويصلات جولجي أثناء الإخراج الخلوي.
- استخدام خيوط المغزل المكوّنة من الأُنيبيبات أثناء الانقسام المتساوي، في فصل الكروماتيدات أو الكروموسومات بعضها عن بعض.
- تشكل الأُنيبيبات الدقيقة جزءًا من تركيب السنتريولات.
- تشكل الأُنيبيبات الدقيقة جزءًا رئيسيًا من آليّة حركة الأسواط والأهداب.

يتم تكوين الأُنيبيبات الدقيقة من جزيئات تيوبيولين عبر مواقع خاصّة في الخلايا تسمّى مراكز تنظيم الأُنيبيبات الدقيقة (Microtubule organizing centres MTOCs). وسيناقش ذلك بالتفصيل في البند التالي حول السنتريولات. إن الأُنيبيبات الدقيقة بسيطة التركيب، لذا يمكن أن تتكوّن أو أن تتحطّم بسهولة في مراكز تنظيم الأنيبيبات الدقيقة، استنادًا إلى حاجة الجسم إلى ذلك.

السنتريولات

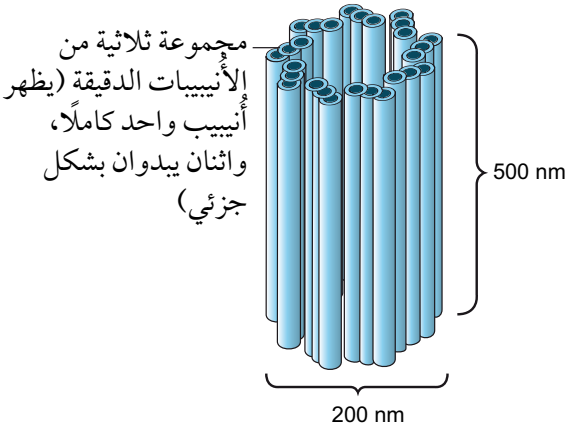
يبين المجهر الإلكتروني وجود **سنتريولين** **Centrioles** خارج نواة الخليّة الحيوانيّة وليس سنتريولا واحدًا كما يبدو بالمجهر الضوئي (قارن الشكلَين ١-١ و ١-٧). وهما متقاربان، ويشكّل أحدهما زاوية قائمة بالنسبة إلى الآخر، في منطقة تسمّى **الجسم المركزي (السنتروسوم)** **Centrosome** ولا يوجد الجسم المركزي والسنتريولات في معظم الخلايا النباتيّة.

وللسنتريول شكل أسطوانة مجوّفة طولها 500 nm تقريبًا، مكوّنة من حلقة من أُنيبيبات قصيرة تصطفّ على هيئة دائرة. يحتوي كلّ سنتريول على 9 ثلاثيات من الأُنيبيبات الدقيقة (الشكل ١-١٢ والصورة ١-١٥).

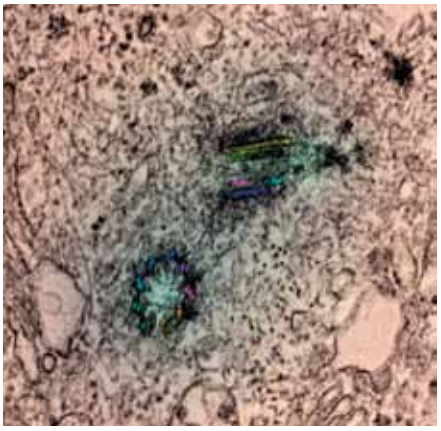
مصطلحات علمية

السنتريول
Centriole: واحد من تركيبَين أسطوانيَّين صغيرَين يتكوّن من الأُنيبيبات الدقيقة، في الخلايا الحيوانيّة، في منطقة قريبة من النواة تسمّى الجسم المركزي (السنتروسوم). ويوجد التركيبان أيضًا عند قاعدة الأهداب والأسواط.

الجسم المركزي (السنتروسوم)
Centrosome: المركز الرئيسي لتنظيم الأُنيبيبات الدقيقة في الخلايا الحيوانيّة.



الشكل ١-١٢ تركيب السنتريول. يتكوّن من **9** مجموعات من الأُنيبيبات الدقيقة، وتتكوّن كلّ مجموعة من **3** أُنيبيبات



الصورة ١-١٥ قطاع عرضي وقطاع طولي في السنتريول بألوان غير حقيقية (**X 330000**)

تعمل السنتريولات مع الأجسام المركزية كمراكز لتنظيم الأنبيبيات الدقيقة أثناء الانقسام المتساوي. وقد تتحول السنترويولات إلى أجسام قاعدية Basal bodies لتشكل قاعدة تمتد منها الأنيبيبات الدقيقة المكونة للأهداب والأسواط، وبالتالي تساعدها على الحركة المجدافية أو الموجية.

الأهداب والأسواط

الأهداب Cilia (مفردها **هُدْب Cilium**) و**الأسواط Flagella** (مفردها **سوط Flagellum**) لها تراكيب متماثلة، فهي امتدادات من غشاء سطح الخلية في العديد من الخلايا حقيقية النواة وتُحدث حركة موجية. الأسواط طويلة ويوجد منها عادة واحد أو اثنان لكل خلية، في حين أن الأهداب قصيرة وغالبًا ما تكون عديدة.

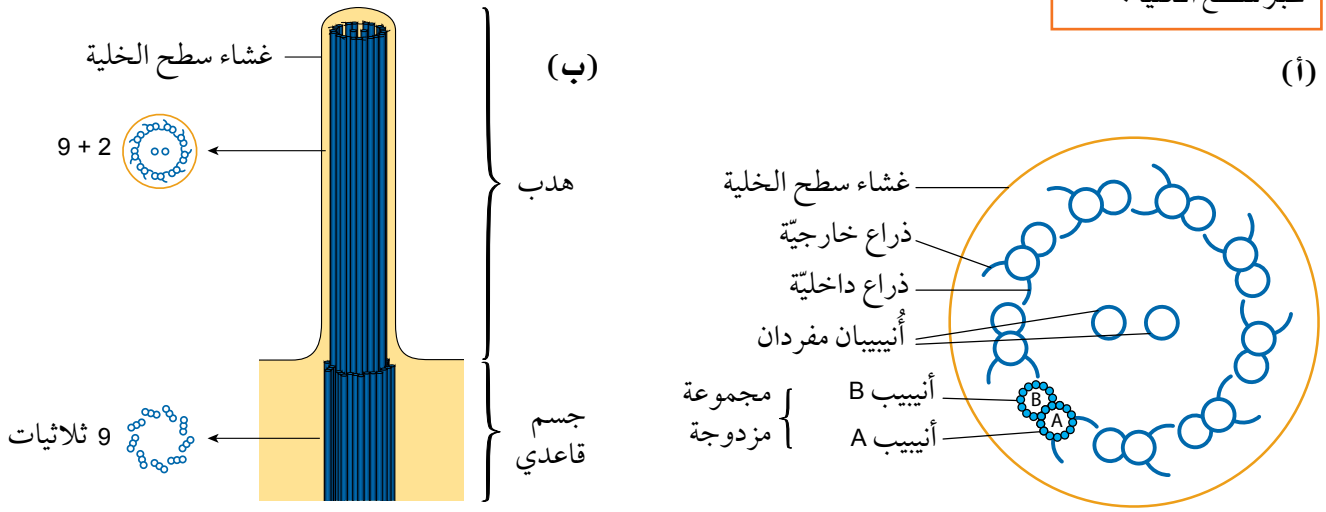
التركيب

الأهداب والأسواط تراكيب معقّدة جدًا تتكوّن من أكثر من 600 عديد ببتيد مختلف، ما يؤدّي إلى تحكّم دقيق في كيفية تحرّكها. يبيّن الشكل ١–١٥ تركيب الهدب. يتكوّن الهُدب من أُنيبيبَين دقيقَين مركزيَين منفردَين محاطَين بحلقة دائرية من 9 مجموعات من الأُنيبيبات الدقيقة المزدوجة؛ يسمّى هذا التركيب النمط «9+2». تحتوي كل مجموعة مزدوجة من الأُنيبيبات الدقيقة على أُنيبيب A وأُنيبيب B (الشكل ١–١٥). أمّا جدار الأُنيبيب A فهو عبارة عن حلقة كاملة من 13 خيطًا أوّليًا، في حين أنّ الأُنيبيب B المرفق هو عبارة عن حلقة غير مكتملة مكوّنة من 10 خيوط أوّلية فقط (الشكل ١–١٥أ)، ويبين هذا الشكل أن لكلّ أُنيبيب A أذرعًا داخليّة وأذرعًا خارجيّة مكوّنة من بروتين داينين

مصطلحات علمية

الأسواط Flagella (مفردها **سوط Flagellum**): امتدادات من سطح بعض الخلايا الحيوانية وخلايا العديد من الكائنات أحادية الخلية، تتحرك بشكل موجي ما يؤدّي إلى التنقل أو تحريك السائل حولها فوق سطح الخلية؛ تشبه في تركيبها الأهداب لكنها أطول منها.

الأهداب Cilia (مفردها **هدب Cilium**): تراكيب تشبه السوط تمتد من سطح العديد من الخلايا الحيوانيّة، والعديد من الكائنات أحاديّة الخليّة؛ تتحرّك بشكل موجي ما يؤدّي إلى التنقل أو تحرُّك السوائل حولها عبر سطح الخليّة.



الشكل ١–١٣ تركيب الهدب. (أ) مقطع عرضي في الهدب. لاحظ الترتيب «9+2» للأنيبيبات الدقيقة. (ب) مقطعان عرضيان في الهدب (9+2) وفي الجسم القاعدي (9 ثلاثيات)

Dynein، وهي ترتبط بالأُنيبيب B من مجموعة الأُنيبيبات المزدوجة المجاورة أثناء الحركة. إذا تخيّلت الأُنيبيب بثلاثة أبعاد، فسيكون هناك صفّان من عدّة مئات من أذرع داينين على امتداد محيط كل أُنيبيب. التركيب الأسطواني داخل غشاء سطح الخلية يسمّى الخيط المحوري Axoneme. وهكذا الأسواط لها تركيب مماثل (الشكل ١-١٣).

عند قاعدة كل هُدب وسوط يوجد تركيب يسمّى الجسم القاعدي Basal body، الذي ينمو منه الأهداب التي توضحها الصورة ١-١٦، والأسواط.

الصورة ١-١٦ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للأهداب في الجهاز التنفسي

آلية حركة الأهداب

تنتج حركة الأهداب من تلامس أذرع بروتين الداينين Dynein بعضها مع بعض وتحرّكها على امتداد الأُنيبيبات الدقيقة المجاورة، الأمر الذي يولّد القوّة اللازمة لتحريك الهدب. كما تنزلق المجموعات المزدوجة للأُنيبيبات المتجاورة وتتراكم فوق بعضها، لتتحوّل الحركة الانزلاقيّة إلى انحناء بواسطة أجزاء أخرى من الهُدب.

وظائف الأهداب

تستخدم الكائنات أحاديّة الخليّة الأهداب للتنقّل. يمكنك بسهولة العثور على مقاطع فيديو على شبكة الإنترنت عن هذه الحركة. وفي الفقاريات، توجد الأهداب النابضة على بعض الخلايا الطلائيّة، كتلك التي تبطّن المسالك التنفسيّة. ويكون على المليمتر المربّع الواحد من سطح هذه المسالك أكثر من 10 ملايين هُدب، وهي تساعد المخاط على إزالة الترسبات مثل الغبار والبكتيريا من الجهاز التنفّسي.

البلاستيدات الخضراء

تبيّن الصورة ١-١٧ و الشكل ١-١٤ تركيب البلاستيدة الخضراء Chloroplast كما تُرى بالمجهر الإلكتروني. تميل البلاستيدات الخضراء إلى أخذ شكل متطاول بقطر 3-10 µm تقريبًا (مقارنة مع قطر 1 µm للميتوكوندريا)، وهي محاطة بغشاءَين، مثل الميتوكوندريا، يشكّلان غلاف البلاستيدة.

الوظيفة الأساسيّة للبلاستيدة القيام بعملية التمثيل الضوئي، وخلال المرحلة الأولى من عملية التمثيل الضوئي (مرحلة التفاعلات الضوئيّة) تمتصّ صبغات التمثيل الضوئي، خصوصًا الكلوروفيل طاقة الضوء. وتوجد هذه الصبغات على أغشية البلاستيدة الخضراء.

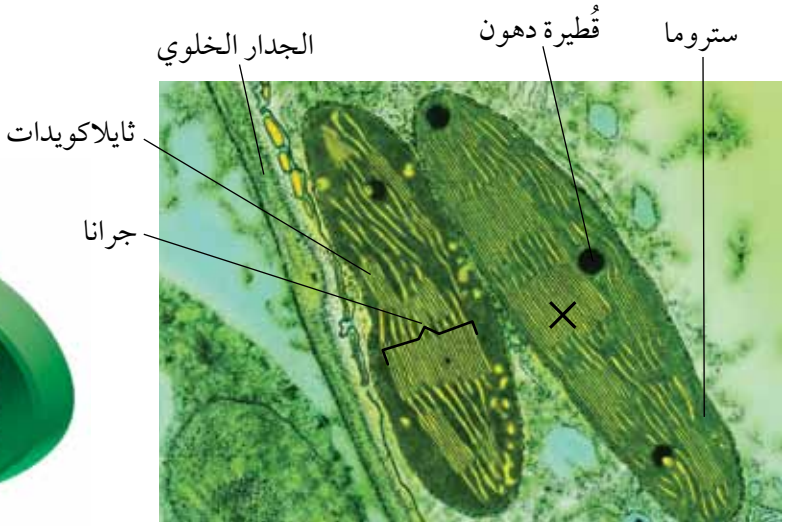
تتكوّن البلاستيدة الخضراء من نظام هو بمثابة أكياس غشائية مسطّحة مليئة بسائل تسمّى **الثايلاكويدات Thylakoids**، تنبسط لتأخذ شكل صفائح ثلاثيّة الأبعاد. وتشكّل الثايلاكويدات تراكيب دائرية الشكل يتراكم بعضها فوق بعض على شكل كومة من قطع معدنية، مشكّلة تراكيب تسمّى جرانا Grana (جرانا تعني حُبيبات).

المرحلة الثانية من عملية التمثيل الضوئي هي مرحلة التفاعلات اللاضوئيّة التي تحدث في الستروما Stroma وتُستخدم الطاقة المتولّدة في المرحلة الأولى من التفاعلات لتحويل غاز ثاني أكسيد الكربون إلى سكّريات. والسكريات المتكوّنة قد تُخزّن على شكل حُبيبات نشا في الستروما (الصورة ١-١٧).

يمكن أيضًا رؤية قطيرات من الدهون في الستروما، والتي تبدو في صور المجهر الإلكتروني على شكل كرات داكنة (الشكل ١-١٤). وهي تمثّل مخزون الدهون التي تُستخدم لبناء الأغشية، أو التي تشكّلت من تحطم الأغشية الداخليّة للبلاستيدات المسنّة.

مصطلحات علمية

الثايلاكويد
Thylakoid: كيس مسطّح محاط بغشاء مملوء بسائل، وهو موقع التفاعلات الضوئيّة في عملية التمثيل الضوئي في البلاستيدة الخضراء.



الصورة ١-١٧ صورة مجهرية تظهر اثنين من البلاستيدات الخضراء (X 16000). تتوزع الثايلاكويدات (الصفراء) داخل الستروما (الأخضر الداكن) وتتراص في مواقعها فوق بعضها لتكون الجرانا. تمثل الدوائر السوداء فيما بين الثايلاكويدات قطيرات دهنية. يشار إلى البلاستيدة الخضراء X في كتاب التجارب العملية والأنشطة

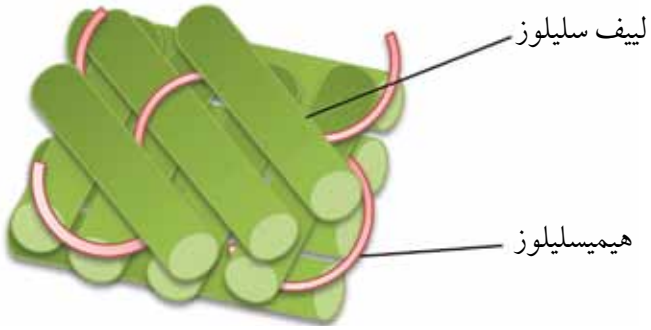
الشكل ١-١٦ رسم توضيحي حاسوبي (رقمي) للبلاستيدة الخضراء

ولدى البلاستيدات الخضراء كما في الميتوكوندريا، آليتها في بناء ما تحتاج إليه من البروتينات، بما في ذلك رايبوسومات 70 S و DNA الحلقي. ويمكن رؤية الرايبوسومات في الستروما كنقاط سوداء في صور المجهر الإلكتروني.

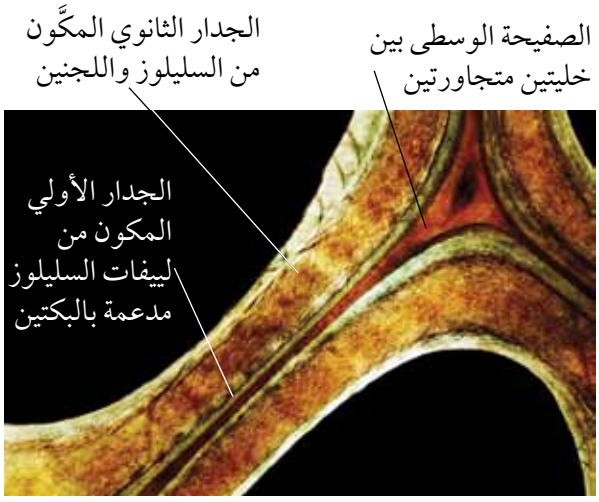
الجدران الخلوية

التركيب

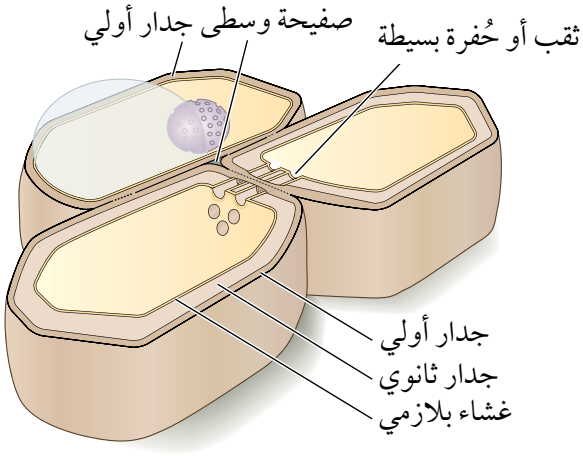
الجدران الأولى التي تتكوّن في الخلايا النباتيّة تسمّى الجدران الأوليّة Primary walls، وهي صلبة نسبيًا. يتكوّن الجدار الأولي من ألياف متوازية من عديد التسكر، السليلوز، تمتدّ عبر حشوة من عديد التسكر أخرى مثل البكتين والهيميسليلوز. إن ألياف السليلوز غير مرنة، ولها قوّة شدّ عالية، بما يعني أنه يصعب قطعها إذا تمّ سحب كلّ طرف. كما يجعل من الصعب تمدّد الجدار الخلوي، عندما يدخل الماء إلى الخليّة بالإسموزيّة.



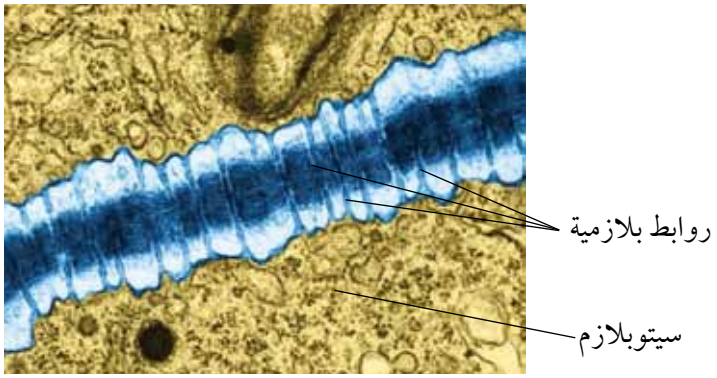
الشكل ١-١٥ تتكون كل طبقة من طبقات السليلوز في جدار الخلية الأولى من ليفيات سليلوز المتوازية. تمتد الطبقات في اتجاهات مختلفة لتكون تركيبًا قويًا متقاطع الطبقات



الصورة ١-١٨ صورة مجهرية الكترونية ملونة بالمجهر النافذ لجدران خلايا نباتية. تبين الصورة الصفيحة الوسطى (بالاحمر) وهي تركيب مشترك بين خليتين متجاورتين؛ كما يظهر الجدار الخلوي الأولي (بالأخضر) والجدار الخلوي الثانوي (بالبرتقالي)



الشكل ١-١٦ رسم توضيحي لخلايا نباتية قد كونت جدارًا ثانويًا بالإضافة إلى الجدار الأولي



الصورة ١-١٩ صورة ملونة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ TEM للروابط البلازمية بين خليتين من نبات الطحالب Chara

تضاف طبقات أخرى من السليلوز إلى الطبقة الأولى من الجدار الأولي في معظم الخلايا، مكوّنة جدارًا ثانويًا Secondary wall. وفي هذه الطبقة تكون ألياف السليلوز متوازية أيضًا، لكن الألياف في الطبقات المختلفة تمتدّ باتجاهات مختلفة، مكوّنة بالنتيجة تركيبًا متقاطعًا أقوى من ذي قبل.

تصبح بعض الجدران الخلويّة Cell walls أقوى وأكثر صلابة بإضافة اللجنين Lignin إليها. ومن أمثلة ذلك الأوعية الخشبيّة والنسيج الإسكلرنشيمي Sclerenchyma. يضيف اللجنين قوّة الضغط إلى قوّة الشدّ (فيمنع الالتواء)، وهو ما يعطي الخشب (الخشب الثانوي) القوّة اللازمة لدعم الأشجار الصغيرة والكبيرة. ترتبط الخلايا النباتيّة مع الخلايا المجاورة بواسطة ثقوب تحتوي على خيوط رفيعة من السيتوبلازم، تسمّى **الروابط البلازميّة Plasmodesmata** (مفردها **رابطة بلازميّة Plasmodesma**) والتي يبطّنها غشاء سطح الخليّة. ويعتقد أن هذه الثقوب تنظم الحركة عبرها.

الوظائف

يمكن تلخيص بعض الوظائف الرئيسية لجدران الخلايا بما يأتي:

- يُكسب الخلايا المفردة والنبات ككل القوّة الميكانيكيّة والدعم. ومن وسائل الدعم التخشيب أو اللجننة، أما الأنسجة الممتلئة فهي وسيلة أخرى من الدعم التي تعتمد على الجدران القويّة للخلايا.
- تمنع الجدران الخلويّة انفجار الخلايا بالإسموزيّة، عند وجود الخلايا في محلول ذات جهد ماء مرتفع.
- يُساعد ترتيب ألياف السليلوز باتّجاهات مختلفة على تحديد أشكال الخلايا أثناء نموّها.
- يسمّى نظام ترابط الجدران الخلويّة في النبات الممرّ خارج خلوي Apoplast، وهو مسار نقل (غير حي) رئيسي للماء والأيونات غير العضويّة وموادّ أخرى.
- تساعد الارتباطات الحيّة عبر جدران الخلايا المتجاورة، والتي تسمّى الروابط البلازميّة، في تكوين مسار نقل (حي) آخر عبر النبات يسمّى الممرّ داخل خلوي Symplast.
- تكون جدران الخليّة في البشرة الداخليّة للجذور مشرّبة بمادّة سوبرين Suberin العازلة للماء، وتشكّل حاجزًا أمام حركته، بما يساعد في تنظيم حركة الماء والأملاح المعدنيّة الممتصّة.
- غالبًا ما تتكوّن، على الجدران الخارجيّة لخلايا البشرة، طبقة عازلة للماء من الكيوتين الشمعي Waxy cutin ومن الكيوتكل Cuticle، تقلّل من تبخر الماء.

مصطلحات علمية

الرابطة البلازميّة Plasmodesma (الجمع: الروابط البلازمية Plasmodesmata): تركيب يشبه الثقب يوجد في جدران الخليّة النباتيّة. تنتظم الروابط البلازمية في الخلايا النباتيّة المتجاورة لتشكّل مسارًا يشبه الأنبوب عبر جدران الخليّة، ما يسمح بمرور الموادّ من خليّة إلى أخرى. تحتوي الثقوب على شبكة إندوبلازميّة، وهي مبطّنة بغشاء سطح الخليّة.

الفجوات

الفجوات Vacuoles في الخلايا الحيوانيّة صغيرة جدًا، وتشمل الفجوات البلعميّة والفجوات الغذائية وفجوات الالتهام الذاتي. وهي غالبًا ما تكون تراكيب مؤقتة غير موجودة دائمًا.

تؤدّي الفجوة المركزية عدّة وظائف في الخلايا النباتيّة المختلفة، ومن ذلك:

الدعم

يكون المحلول في الفجوة مركّزًا نسبيًا، لذلك يدخل الماء إلى الفجوة بالإسموزيّة مسبّبًا تضخمّها وزيادة الضغط فيها، وتسمّى الخليّة الممتلئة Turgid cell. وتساعد الأنسجة المنتفخة في دعم سيقان النباتات التي تفتقر إلى الخشب (يوضح الذبول أهميّة ذلك).

النشاط الليسوسومي

قد تحتوي الفجوات على إنزيمات التحلّل المائي، فتعمل عمل الليسوسومات.

نتاجات الأيض الثانويّة

تحتوي النباتات على مجموعة واسعة من الموادّ الكيميائيّة المسمّاة نتاجات الأيض الثانويّة، والتي بالرغم من أنها ليست ضروريّة للنموّ والتطوّر، إلّا أنها تساعد في البقاء على قيد الحياة بوسائل مختلفة. هذه المواد غالبًا ما تخزن في الفجوات، ومن الأمثلة على وظائفها:

- الأنثيوسيانينات Anthocynins صبغات تعطي معظم الألوان الأحمر والأرجواني والوردي والأزرق للأزهار والثمار، وهي تجذب الملقّحات وناثرات البذور كالحشرات.
- بعض أشباه القلويات والعفص أو التانينات Tannins تمنع آكلات الأعشاب من أكل النبات.
- يمكن أن يتراكم السائل الحليبي اللاتكس Latex في الفجوات، كما في أشجار المطاط والتين. ويحتوي لاتكس خشخاش الأفيون على أشباه قلويات مثل المورفين الذي يشتقّ منه الأفيون والهيروبين.

تخزين الغذاء

يمكن أن تخزّن الفجوات موادّ غذائيّة وأملاحًا معدنيّة في داخلها، ومثال ذلك تخزين الشمندر السكّري وكذلك الفجوات المخزنة للبروتينات شائع في البذور أيضًا.

الترسّبات

يمكن أن تخزّن الفجوات ترسّبات مثل بلورات أوكسالات الكالسيوم.

النمّو في الحجم

امتصاص الماء إلى داخل الفجوة المركزية بالإسموزيّة مسؤول عن معظم الزيادة في حجم الخلايا النباتيّة أثناء النموّ. ويمكن أن تحتلّ الفجوة المركزية حتى ثلث الحجم الكلّي للخليّة.

مهارات عملية ١-٣

يكون العمل في مجموعات من **10** أفراد. تنسخ كل مجموعة نسخة واحدة من الجدول على بطاقة من الورق المقوّى.

البداية	تحدث عملية التمثيل الضوئي في هذه العُضيّة
البلاستيدة الخضراء	توجد الكروموسومات في هذا التركيب في الخلايا حقيقيّة النواة
النواة	توجد على الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة
الرايبوسومات	يحتوي هذا التركيب على السليلوز كمادّة داعمة
الجدار الخلوي	يكوّن الرايبوسومات
النويّة	موقع بناء ATP في عملية التنفس الهوائي
الميتوكوندريون	يكوّن الليسوسومات
جهاز جولجي	تتّصف بنمط التركيب "9+2" للأُنيبيبات الدقيقة
الهُدْب	يحتوي بشكل أساسي على إنزيمات هاضمة
الليسوسوم	النهاية

اقطع البطاقة بحيث يحتوي كل جزء منها على مصطلح واحد ووصف واحد (صفّ واحد أفقي من الجدول). وسيكون هناك بالتالي عشر بطاقات.

اخلط البطاقات ثم خذ واحدة منها. يقرأ الطالب الذي يحمل بطاقة **البداية** الوصف، ويقرأ طالب آخر المصطلح العلمي الصحيح المطابق للوصف من بطاقته. ثم يقرأ الطلبة الوصف من بطاقاتهم. ويستمرّ الأمر كذلك حتى الوصول إلى بطاقة **النهاية**. سيساعدك معلّمك في الإجابة عن أي سؤال.

يمكن إعادة خلط البطاقات وتكرار النشاط للتأكّد من مهارتك في إنجاز العملية بشكل أسرع في المرّة القادمة.

١-٥ البكتيريا

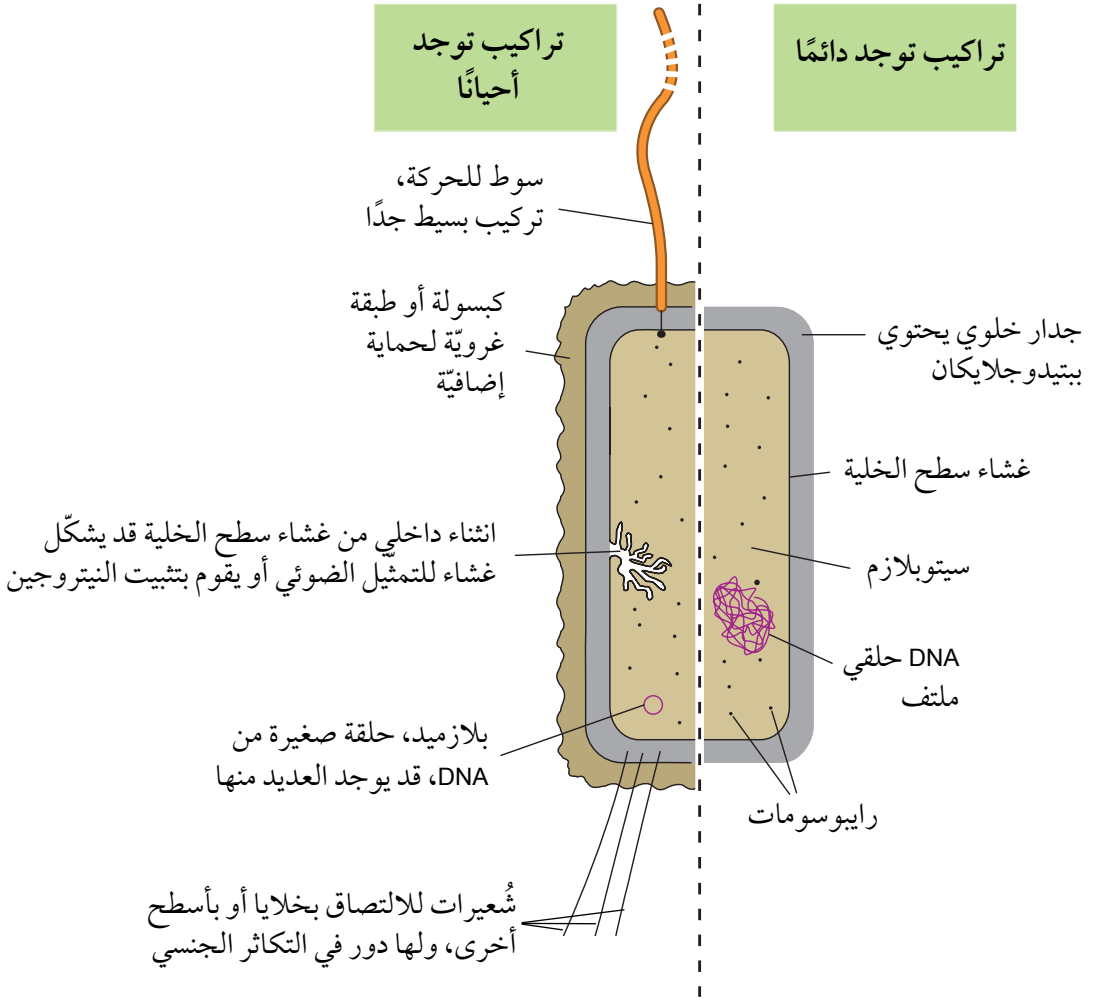
مصطلحات علمية

البكتيريا Bacteria (مفردها **خليّة بكتيريوم Bacterium**): مجموعة من الكائنات الحيّة الدقيقة بدائيّة النواة أحاديّة الخليّة، تتّصف بعدّة ميزات مثل القدرة على تكوين الأبواغ، والتي تميزها عن العتائق Archaea.

تذكّر أن هناك نوعَين رئيسيَين من الخلايا: حقيقية النواة مثل الخلايا الحيوانية والنباتية التي درستها، وبدائية النواة كالبكتيريا والتي خلاياها أبسط بكثير من تلك الموجودة في حقيقيّة النواة. فبدائية النواة أصغر حجمًا بنحو 1000 مرّة من حقيقية النواة، وتفتقر إلى النواة المحاطة بغشاء مزدوج. كما تنقسم إلى مجموعتَين تعرفان باسم البكتيريا والعتائق Archaea. وسنعرض البكتيريا فقط في هذا الكتاب.

تركيب البكتيريا

يبيّن الشكل ١-١٧ تركيب خليّة بكتيريوم **Bacterium** (جمعها: بكتيريا **Bacteria**) نموذجية. يبيّن الجانب الأيمن من الرسم التراكيب التي توجد دائمًا، ويبيّن الجانب الأيسر التراكيب التي يمكن أن توجد في البكتيريا أحيانًا.



الشكل ١-١٧ رسم تخطيطي لبكتيريوم. يبلغ قطر الخلايا بشكل عام 1-5 µm تقريبًا

مصطلحات علمية

ببتيدوجلايكان Peptidoglycan: عديد تسكر متّحد مع أحماض أمينيّة، وهو يكسب جدار البكتيريا صلابة.

جدار الخليّة

يحتوي جدار خليّة البكتيريا على مادّة قوية (صلبة) تسمّى **ببتيدوجلايكان Peptidoglycan**. وبالتالي يؤمّن لها الحماية وهو ضروري لبقائها على قيد الحياة، كما يمنع انتفاخ الخليّة وانفجارها إذا دخل الماء إليها بالإسموزيّة.

غشاء سطح الخلية

تحاط الخلايا البكتيريّة بغشاء سطح الخلية مثل كل الخلايا.

السيتوبلازم

لا يحتوي السيتوبلازم على أيّة عُضيّة محاطة بغشاء.

DNA الحلقي الملتف

جُزيء DNA في البكتيريا حلقي، يوجد في منطقة نووية تسمّى نظير النواة Nucleoid، والتي تحتوي أيضًا على بروتينات وكمّيات صغيرة من RNA. وهي، بخلاف نواة حقيقيّة النواة، ليست محاطة بغشاء مزدوج. قد يوجد أكثر من نسخة واحدة من جُزيء DNA في الخليّة.

الرايبوسومات

رايبوسومات البكتيريا هي رايبوسومات 70 S، أصغر قليلًا من رايبوسومات 80 S في حقيقيّة النواة.

السوط

تستطيع بعض البكتيريا السباحة لوجود سوط أو سوطَين فيها. أسواط البكتيريا أبسط تركيبًا بكثير من أسواط حقيقيّة النواة. فسوط البكتيريا عبارة عن أسطوانة مجوّفة بسيطة مكوّنة من بروتين متطابق الجُزيئات، وهو تركيب صلب لا ينحني، بعكس السوط في حقيقيّة النواة. وله شكل موجة، ويعمل عبر دوران قاعدته كالمروحة ليدفع البكتيريا في بيئتها السائلة، وبالتالي تتحرّك البكتيريا إلى الأمام.

انثناء غشاء سطح الخلية نحو الداخل

ينثني غشاء سطح الخلية في بعض البكتيريا إلى داخل الخليّة مكوّنًا سطحًا إضافيًا تحدث عليه تفاعلات كيميائيّة حيويّة. على سبيل المثال: يحتوي الغشاء المنثني في البكتيريا الخضراء المزرقّة على صبغات التمثيل الضوئي بما يتيح إمكانيّة حدوث عمليّة التمثيل الضوئي. وفي بعض البكتيريا يحدث تثبيت النيتروجين على الغشاء المنثني. تثبيت النيتروجين هو القدرة على تحويل نيتروجين الهواء إلى مركّبات نيتروجينيّة، مثل الأمونيا، داخل الخليّة. ولا تستطيع الخلايا حقيقيّة النواة القيام بتثبيت النيتروجين.

الكبسولة

يحاط الجدار الخلوي لبعض البكتيريا بطبقة إضافيّة، تأخذ شكل كبسولة Capsule أو طبقة غرويّة. الكبسولة تركيب محدّد يتكوّن غالبًا من عديد التسكّر، والطبقة الغرويّة أكثر تشتّتًا ويسهل إزالتها. وكلا الطبقتَين تساعدان على حماية البكتيريا من الجفاف. وقد تكون لهما وظائف حماية أخرى، فعلى سبيل المثال، تساعد الكبسولة في حماية بعض البكتيريا من المضادات الحيويّة؛ وتمنع بعض الكبسولات خلايا الدم البيضاء المسمّاة الخلايا البلعمية (الأكولة) من ابتلاع البكتيريا المسبّبة للمرض.

البلازميد

البلازميد Plasmid حلقة من DNA منفصلة عن DNA الرئيسي في الخليّة، وهو يحتوي على جينات قليلة، كما قد تحتوي الخليّة على عدة بلازميدات. ولجينات البلازميدات وظائف كثيرة مفيدة، إذ تحتوي البلازميدات عادة على الجينات التي تؤمّن مقاومة لمضادات حيويّة معيّنة مثل البنسلين. ويمكن للبلازميدات أن تتضاعف بشكل مستقلّ عن DNA الكروموسومي، كما يمكن أن تنتقل بسرعة من خليّة إلى أخرى. إن DNA البلازميد غير مرتبط ببروتينات ويشار إليه باسم DNA «المجرّد».

مصطلحات علمية

البلازميد Plasmid: حلقة صغيرة من DNA في خليّة بكتيريوم. تحتوي غالبًا على جينات تؤمّن مقاومة للمضادات الحيويّة.

الشُّعيرات

الشُّعيرات Pili (مفردها: شُعيرة Pilus) وهي عصي بروتينيّة دقيقة، تختلف في طولها وصلابتها، وقد نجد العديد منها على سطح الخليّة يصل أحيانًا إلى عدّة مئات. هذه الشُّعيرات تُستخدم للالتصاق والتفاعل مع خلايا أو سطوح أخرى، كما تساعد في نقل الجينات، بما فيها البلازميدات، من خليّة بكتيريا إلى أخرى أثناء الاقتران Conjugation.

مقارنة الخلايا بدائيّة النواة بالخلايا حقيقيّة النواة

يقارن الجدول الآتي الخلايا بدائيّة النواة بالخلايا حقيقيّة النواة:

بدائيّة النواة	حقيقيّة النواة
قطرها النموذجي 5 µm - 1.	يصل قطر الخلايا إلى 40 µm، وحجمها أكبر بـ 1000 مرّة من حجم بدائيّة النواة.
DNA حلقي حرّ في السيتوبلازم، وغير محاط بغشاء مزدوج.	DNA خطي يوجد داخل النواة المحاطة بغلاف نووي (غشاءان).
يوجد رايبوسومات 70S (أصغر من تلك في حقيقيّة النواة).	يوجد رايبوسومات 80 S (أكبر من تلك في بدائيّة النواة).
أنواع العُضيّات قليلة جدًا. ولا توجد عُضيّات محاطة بغشاء.	أنواع العُضيّات كثيرة. • بعض العُضيّات محاطة بغشاء مفرد (على سبيل المثال: الليسوسومات، جهاز جولجي، الفجوات، الشبكة الإندوبلازميّة). • بعضها محاط بغلاف من غشاءَين (على سبيل المثال: النواة، الميتوكوندريا، البلاستيدات الخضراء). • بعضها غير محاط بغشاء (على سبيل المثال: الرايبوسومات، السنتريولات، الأنيبيبات الدقيقة).
يحتوي الجدار الخلوي على ببتيدوجلايكان (عديد التسكّر متّحد مع أحماض أمينيّة).	الجدار الخلوي موجود أحيانًا في النباتات والفطريات على سبيل المثال، وهو يحتوي على سليلوز أو لجنين في النباتات وكيتين (عديد التسكّر يحتوي على النيتروجين مماثل للسليلوز) في الفطريات.
الأسواط بسيطة وتفتقر إلى الأنيبيبات الدقيقة، تمتد خارج غشاء سطح الخلية، لذا فهي خارج الخليّة.	الأهداب والأسواط معقّدة مع ترتيب بنمط «9+2» للأنيبيبات الدقيقة، وهي محاطة بغشاء سطح الخلية، لذا تكون داخل الخلايا.
يحدث انقسام الخليّة عبر الانشطار الثنائي (انشطار الخليّة إلى قسمَين)، ولا تتضمّن خيوط المغزل.	يحدث انقسام الخليّة بالانقسام المتساوي أو الاختزالي، ويتضمّن خيوط المغزل.
يقوم بعضها بتثبيت النيتروجين.	لا يقوم أيّ منها بتثبيت النيتروجين.

الجدول ١ – ٢ مقارنة الخلايا بدائيّة النواة بالخلايا حقيقيّة النواة

سؤال

٦ اكتب قائمة بالسّمات التركيبيّة التي تشترك فيها بدائيّة النواة وحقيقيّة النواة. اشرح بإيجاز سبب أهميّة كل تركيب كتبته.

١-٦ الفيروسات

عام 1892 م، اكتشف العالم الروسي دمتري إيفانوفسكي Dmitry Ivanovsky وجود بعض العوامل التي تؤدّي إلى انتقال أمراض محدّدة. وهي، خلافًا للبكتيريا، يمكن أن تمرّ عبر مرشّحات دقيقة جدًا. كان هذا أول دليل على وجود الفيروسات. **الفيروسات Viruses** «جُسيمات» أصغر بكثير من البكتيريا، وتقع على الحدّ الفاصل بين ما نعتقد أنه حيّ وغير حيّ. ليس للفيروسات تركيب خلوي، على العكس من بدائيّة النواة وحقيقيّة النواة. أي أنها غير محاطة بغشاء منفذ جزئيًا يحتوي على سيتوبلازم ورايبوسومات. وهي بسيطة جدًا في تركيبها، إذ تتكوّن فقط من:

- جُزيء ذاتي التكاثر من DNA أو RNA (الجينوم أو التعليمات الجينيّة الكاملة).
- غلاف واقٍ من جُزيئات البروتين يسمّى المحفظة Capsid.

لبعض الفيروسات طبقة خارجيّة شبيهة بغشاء تسمّى الغلاف Envelope، تتكوّن من **دهون مفسفرة Phospholipids** وقد تبرز البروتينات من الغلاف.

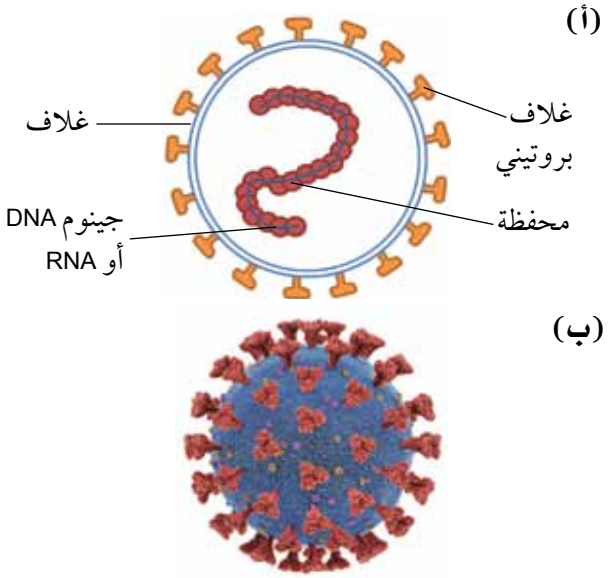
الشكل١-١٨ والصورة ١-٢٠ يبيّنان تركيب فيروس له غلاف. عادة ما يكون للفيروسات شكل متماثل جدًا. تتكون المحفظة من جُزيئات بروتين منفصلة، يسمّى كلّ منها كابسومير Capsomere.

يتراوح حجم الفيروسات بين 20 nm و 300 nm (أصغر 50 مرّة تقريبًا في المتوسط من البكتيريا). جميع الفيروسات متطفّلة لأنها تتكاثر فقط عبر إصابة الخلايا (الدخول إلى خلايا مضيفة) والاستيلاء عليها (استخدام عُضيّاتها وإنزيماتها لبناء بروتينات فيروسية وإنتاج فيروسات جديدة). يتولّى DNA أو RNA الفيروس آليّة بناء البروتين في الخليّة المضيفة، والتي تساعد بعد ذلك على تكوين جُزيئات فيروس جديدة.

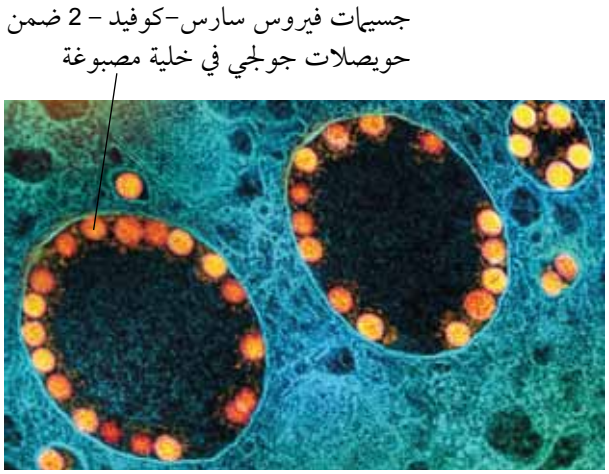
مصطلحات علمية

الفيروس Virus: صغير جدًا مُعْدٍ (20-300 nm) يتكاثر فقط داخل الخلايا الحيّة، وهو يتكوّن من جُزيء DNA أو RNA (الجينوم) محاط بغلاف بروتيني، وأحيانًا بغلاف دهني.

الدهن المفسفر Phospholipid: دهن مضاف إليه فوسفات. يتكوّن الجُزيء الواحد من جليسرول وجُزيئَي أحماض دهنيّة ومجموعة (الفوسفات). تشكل طبقة مزدوجة من الدهون المفسفرة التركيب الأساسي لجميع أغشية الخلايا.



الشكل ١-١٨ (أ) تركيب فيروس بغلاف. (ب) نموذج لجسيم فيروس كورونا (سارس-كوفيد-2) . الفيروس هو فيروس **RNA**. للمحفظة غلاف خارجي



الصورة ١-٢٠ صورة ملونة مشاهدة بالمجهر الإلكتروني لخلية مصابة بفيروس سارس-كورونا-2. جُسيمات الفيروس هي التراكيب الكرويّة ذات اللون الذهبي. وتوجد ضمن حويصلات جولجي في هذه الخلية من ظهارة الأنف. قطر جُسيم الفيروس **80 nm** تقريبًا

ملخّص

الوحدة الأساسية للحياة هي الخليّة. أبسط الخلايا هي الخلايا بدائيّة النواة؛ أمّا الخلايا حقيقيّة النواة فهي أكثر تعقيدًا وأكبر حجمًا من الخلايا بدائيّة النواة.
لا يمكن رؤية الخلايا بوضوح إلّا بالمجهر. يستخدم المجهر الضوئي الضوء مصدرًا للإضاءة، في حين يستخدم المجهر الإلكتروني الإلكترونات.
يمكن قياس الخلايا بالمجهر الضوئي باستخدام مقياس شبكة العدسة العينيّة أو مقياس المنضدة، والصيغة $A = \frac{I}{M}$. يمكن معرفة القياس الحقيقي للجسم (A) أو مقدار تكبيره (M)، إذا عرف قياس الصورة (I) وعرف مقدار A أو M.
تحاط جميع الخلايا بغشاء منفذ جزئيًّا، وهو يتحكّم في تبادل الموادّ بين الخليّة والبيئة المحيطة بها. تحتوي جميع الخلايا على مادّة وراثيّة على شكل DNA، وريبوسومات لبناء البروتين.
تحتوي النواة في الخلايا حقيقية النواة على DNA خطّي (ليس حلقيًا) مرتبط بالبروتينات و RNA لتكوين الكروماتين.
يحتوي سيتوبلازم الخلايا حقيقيّة النواة على العديد من العُضيّات، بعضها مُحاط بغشاء أو غشاءَين. تشمل عُضيّات الخلايا حقيقيّة النواة الشبكة الإندوبلازميّة، وريبوسومات 80 S، والميتوكوندريا، وتحتوي الخلايا الحيوانيّة أيضًا على جسم مركزي وسنتريولات، وقد تحتوي على أهداب. تحتوي الخلايا النباتيّة على جدار خلوي يحتوي على سليلوز، وقد تحتوي على بلاستيدات خضراء، وغالبًا ما تحتوي على فجوة مركزيّة كبيرة.
تفتقر الخلايا بدائيّة النواة إلى نواة محاطة بغشاء، كما تتضمّن ريبوسومات أصغر (70 S) من التي في الخلايا حقيقيّة النواة. كما تفتقر إلى عُضيّات محاطة بغشاء، والـ DNA الموجود فيها حلقي يكون حرًا في السيتوبلازم.
ليس للفيروسات تركيب خلوي، وهي صغيرة وبسيطة جدًا، وتتكوّن من جُزيء DNA أو RNA، ومن غلاف بروتيني، وأحيانًا من غلاف خارجي.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أيّ من التراكيب الخلويّة الآتية يمكن رؤيته بالمجهر الضوئي؟

أ. الميتوكوندريون
ب. الرايبوسوم
ج. الشبكة الإندوبلازميّة الخشنة
د. الشبكة الإندوبلازميّة الناعمة

٢ أيّ من التراكيب الآتية يوجد في الخلايا الحيوانيّة ولا يوجد في معظم الخلايا النباتيّة؟

أ. غشاء سطح الخلية
ب. السنتريول
ج. البلاستيدة الخضراء
د. جهاز جولجي

تابع

٣ اذكر **عشرة** تراكيب يمكن أن تجدها في صورة مجهر إلكتروني لخلية حيوانية قد تكون غير موجودة في خليّة بكتيريوم.

٤ ميّز بين أزواج المصطلحات الآتية:

أ. المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني

ب. النواة والنويّة

ج. الكروماتين والكروموسوم

د. الشبكة الإندوبلازميّة الناعمة والشبكة الإندوبلازميّة الخشنة

هـ. بدائيّة النواة وحقيقيّة النواة

و. الجدار الخلوي وغشاء سطح الخلية

ز. المحفظة والجدار الخلوي

ح. الغشاء والغلاف

ط. المحفظة والكابسومير

٥ اذكر:

أ. **ثلاث** عُضيّات تفتقر إلى غشاء

ب. **ثلاث** عُضيّات يحيط بكلّ منها غشاء مفرد

ج. **ثلاث** عُضيّات يحيط بكلّ منها غشاء مزدوج (غلاف)

٦ حدّد التركيب أو العضية الخلوية التي تتناسب مع الوصف أدناه:

أ. بناء الليسوسومات

ب. بناء الرايبوسومات

ج. موقع بناء البروتين

د. يمكن أن تنطلق منه الحويصلات بالتبرعم وتشكّل الجهاز الجولجي

هـ. يمكنه نقل البروتين المتكوّن حديثًا في أنحاء الخليّة

و. تبني ATP في الخلايا الحيوانيّة والخلايا النباتيّة

ز. تتحكّم في نشاط الخلايا لأنها تحتوي على DNA

ح. تقوم بعمليّة التمثيل الضوئي

ط. يمكن أن تعمل كنقطة انطلاق لظهور الأُنيبيبات الدقيقة في خيوط المغزل أثناء انقسام الخليّة

ي. تحتوي على الكروماتين

ك. حاجز شبه مُنفِذ يبلغ سمكه نحو 7nm تقريبًا

ل. عُضيّة ولا تحاط بغشاء

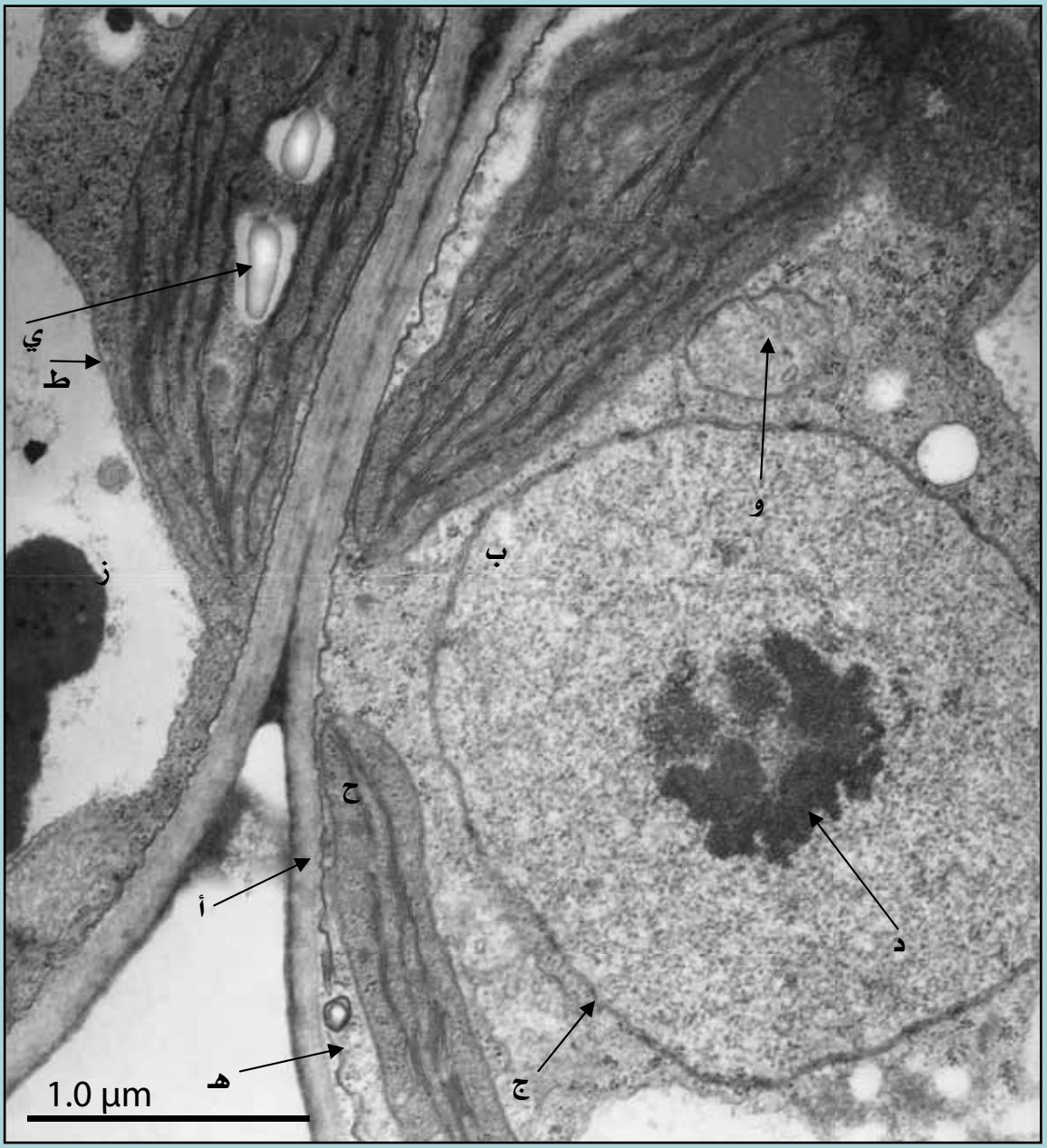
م. عُضيّة بنمط تركيبي «9+2» من الأُنيبيبات الدقيقة

أفعال إجرائية

حدّد **Identify**: سمِّ؛ اختر؛ تعرف.

تابع

٧ تبيّن صورة المجهر الإلكتروني النافذ أجزاء من خليّتَين من النسيج العمادي في ورقة نبات.



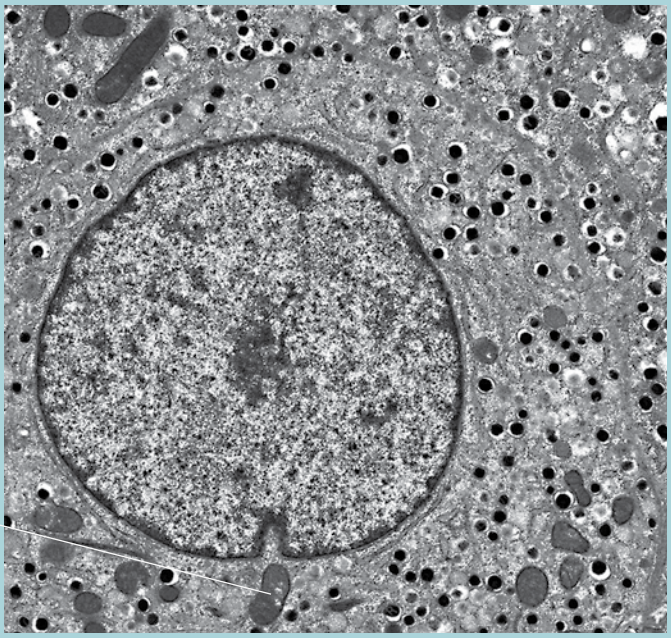
تابع

انقل الجدول الآتي إلى دفترك، وحدّد التراكيب التي يرمز إليها من (أ) إلى (ي)، واكتب جملة مختصرة حول وظائفها.

الرمز	اسم التركيب	وظيفته
أ		
ب		
ج		
د		
هـ		
و		
ز		
ح		
ط		
ي		

تابع

٨ تبيّن صورة المجهر الإلكتروني أجزاء من خليّة إفرازيّة من البنكرياس. تحتوي الخليّة على عدّة حويصلات إفرازيّة، هي حويصلات جولجي. وهي تبدو على شكل تراكيب دائريّة صغيرة ذات محتويات حلقية سوداء، وقوّة التكبير (X 8000).



أ. انقل الجدول إلى دفترك واحسب القياسات الحقيقية (الفعلية) للتراكيب الواردة فيه. استخدم مسطرة مدرّجة بالمليمترات للمساعدة، عارضًا قياساتك وحساباتك. عندما تحصل على الإجابات، أكمل الجدول بالمعلومات المطلوبة. قدّم إجاباتك بالميكرومتر.

التركيب	القطر المشاهد (مقاس بالمسطرة)	القياس الحقيقي
أطول قطر لحويصلة جولجي		
أطول قطر للنواة		
أطول طول للميتوكوندريون الموضّحة في الشكل		

أفعال إجرائية

احسب **Calculate**: استخلص، من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

قدّم **Give**: استخرج إجابة من مصدر معيّن أو من الذاكرة.

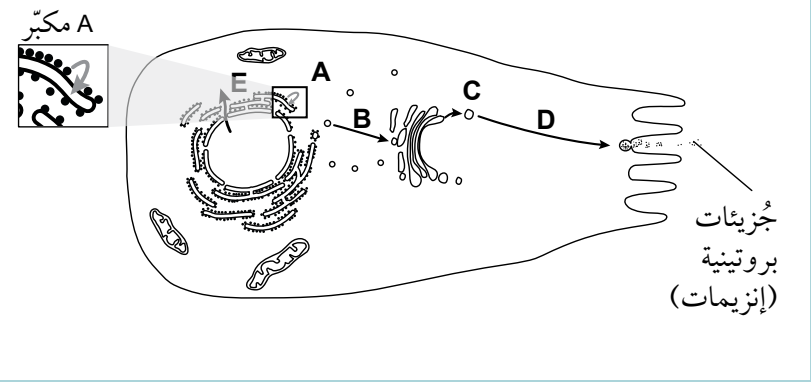
ب. ارسم رسمًا تخطيطيًا لأجزاء تمثيليّة من الخليّة واكتب عليه المسميات كاملة. لا ضرورة لرسم كل الأجزاء، يكفي تبيان تراكيب العُضيّات الرئيسية. استخدم صفحة كاملة من الورق العادي وقلم الرصاص الحادّ. استفد من الصورة ١-٦ والشكل ١-٧ في هذا الكتاب، ومن الرسم التخطيطي المبسّط في الجزئية (د) أدناه للمساعدة في تحديد التراكيب.

ج. غالبًا ما تبدو الميتوكوندريا في خلايا البنكرياس عصوية الشكل ثلاثيّة الأبعاد. اقترح سبب رؤية بعض الميتوكوندريا في صور المجهر الإلكتروني دائريّة.

تابع

د. يمثّل الشكل رسمًا تخطيطيًا يعتمد على صورة بالمجهر الإلكتروني لخليّة إفرازيّة من البنكرياس. يختص هذا النوع من الخلايا بإفراز البروتينات إلى البيئة المحيطة. بعض البروتينات إنزيمات هاضمة في عصارة البنكرياس. الخليّة نشطة جدًّا، وتحتاج إلى مقدار كبير من الطاقة. تبيّن الأسهم A, B, C, D المسار الذي تسلكه جزيئات البروتين.

لاحظ أن السهم A يبدو مكبرًا في رسم تخطيطي منفصل.



١. صف بإيجاز ما يحدث في كلّ من المراحل A, B C, D.

٢. يبيّن السهم E مسار جُزيء أو تركيب يغادر النواة عبر الغلاف النووي. سمِّ جُزيئًا أو تركيبًا يغادر النواة بالمسار E.

٣. يمرّ الجُزيء أو التركيب الذي حدّدته في الجزئية (٢) عبر الغشاء النووي. سمِّ التركيب في الغلاف النووي الذي يمرّ عبره الجُزيء أو التركيب.

٤. سمِّ الجُزيء الذي يغادر الميتوكوندريون لتأمين الطاقة للخليّة.

أفعال إجرائية

اقترح Suggest: طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي تتضمّن مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات.

صِف Describe: قدّم الخصائص والميزات الرئيسية.

٩ تسمّى إحدى التقنيات المستخدمة لاستقصاء نشاط العُضيّات الخلويّة الطرد المركزي التفاضلي. يكون النسيج في هذه التقنية متجانسًا (مطحونًا في خلاط)، فيوضع في أنابيب ويتمّ تدويره في جهاز الطرد المركزي، بما يجعل العضيات تترسّب عند قاع الأنابيب. أكبر العضيات تكون الأسرع ترسّبًا، وبتكرار العمليّة بسرعات عالية، يمكن فصل العُضيّات بعضها عن بعض وفقًا لحجمها. عولجت بعض أنسجة الكبد بهذه التقنية لفصل الرايبوسومات والنوى والميتوكوندريا، وجرى تدوير جهاز الطرد المركزي عند 1000 g و 10000 g و 100000 g (تمثل g قوّة الجاذبيّة).

تابع

أ **اذكر** أيًّا من الرواسب الثلاثة (1000 g أو 10000 g أو 100000 g) تتوقّع أن تجد فيها الآتي:

١. الرايبوسومات.

٢. النواة.

٣. الميتوكوندريا.

أفعال إجرائية

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

ب يحتوي نسيج الكبد على ليسوسومات كثيرة. لماذا يجعل ذلك من دراسة الميتوكوندريا أمرًا صعبًا باستخدام تقنية الطرد المركزي التفاضلي؟ اقترح السبب.

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول كالآتي:

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا
أُعِدُ شرائح مجهرية مؤقّتة لخلايا حية يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي.	١-٢			
أرسم خلايا حية من شرائح وصور مجهرية ضوئية.	١-٢			
أحسب مقدار تكبير الرسوم والصور، وأحسب القياسات الحقيقية للعيّنات من مقياس الرسوم، والصور المجهريّة الضوئية، والرسوم المجهريّة الإلكترونيّة (بالمجهر الماسح والمجهر النافذ).	١-٣			
أستخدم مقياس العدسة العينية ومقياس المنضدة لإجراء القياسات وأستخدم الوحدات المناسبة: المليمتر (mm)، والميكرومتر (µm)، والنانو متر (nm).	١-٣			
أتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي وأحدّد تركيبها ووظائفها مقتصراً على: • غشاء سطح الخلية • النواة • جهاز جولجي • الميتوكوندريا • السنتريولات • البلاستيدات الخضراء • الجدار الخلوي • غشاء الفجوة في الخلايا النباتيّة (التونوبلاست) وفجوة مركزية كبيرة دائمة في الخلايا النباتيّة	١-٤			
أتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها تحت المجهر الإلكتروني وأحدّد تركيبها ووظائفها مقتصراً على: • الغلاف النووي والنوية • الشبكة الاندوبلازمية الخشنة • الشبكة الاندوبلازمية الناعمة • العرف ووجود DNA حلقي صغير في الميتوكوندريا. • الرايبوسومات (80S في السيتوبلازم و 70S في البلاستيدات الخضراء الميتوكوندريا)	١-٤			

قائمة تقييم ذاتي (تابع)

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا
• الليسوسومات • الأنيبيبات الدقيقة • الأهداب • الخملات • الثايلاكويدات ووجود DNA حلقي صغير في البلاستيدات الخضراء • الروابط البلازميّة	١–٤			
أصف وأفسّر الصور المجهريّة الضوئية والصور المجهريّة الإلكترونيّة ورسوم الخلايا النباتيّة والحيوانيّة النموذجية.	١–٤			
أقارن تركيب الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة النموذجيّة.	١–٤			
أذكر أن الخلايا تستخدم ATP من عمليّة التنفس للعمليات التي تتطلّب الطاقة.	١–٤			
أحدّد خصائص التراكيب الأساسيّة للخليّة بدائيّة النواة كما توجد في بكتيريا نموذجيّة، بما في ذلك: • أحادية الخلية • قطر (1-5 µm) غالبا • جدران خلويّة من ببتيدوجلايكان • حلقي DNA • رايبوسومات 70S • الافتقار لعضّيات محاطة بأغشية مزدوجة.	١–٥			
أقارن تركيب الخليّة بدائيّة النواة كما هي في بكتيريا نموذجيّة بتركيب الخلايا حقيقيّة النواة النموذجيّة في النباتات والحيوانات.	١–١، ١–٥			
أذكر أنّ جميع الفيروسات تراكيب غير خلويّة تحتوي على حمض نووي (DNA أو RNA) وغلاف بروتيني يعرف بالمحفظة، وأنّ لبعض الفيروسات غلافًا خارجياً مكونا من دهون مفسفرة.	١–٦			

الوحدة الثانية

الجزيئات الحيوية

Biological molecules

أهداف التعلّم

٢-١ يصف اختبار بندكت شبه كمّي على محلول سكر مختزل عن طريق معايرة الاختبار، ويستخدم النتائج (الزمن لبدء تغيير اللون أو المقارنة بمعايير اللون) لتقدير التركيز.

٢-٢ يصف اختبارًا للكشف عن السكريات غير المختزلة باستخدام التحلّل المائي الحمضي ومحلول بندكت.

٢-٣ يصف ويرسم الأشكال الحلقيّة لكل من سكر ألفا جلوكوز وبيتا جلوكوز.

٢-٤ يعرّف المصطلحات الآتية: مونومر، بوليمر، جزيء كبير، سكر احادي، سكر ثنائي، عديد التسكر.

٢-٥ يذكر دور الروابط التساهمية في ربط الجزيئات الصغيرة معًا لتكوين البوليمرات.

٢-٦ يذكر أنّ الجلوكوز والفركتوز والمالتوز سكريات مختزلة وأنّ السكروز سكر غير مختزل.

٢-٧ يصف تكوين الرابطة الجلايكوسيديّة عن طريق التكثيف، مع الإشارة إلى السكريات الثنائية، بما في ذلك سكر السكروز و عديدة التسكر.

٢-٨ يصف تكسّر الرابطة الجلايكوسيديّة في عديدة التسكر والسكريات الثنائية عن طريق التحلّل المائي، مع الإشارة إلى اختبار السكر غير المختزل.

٢-٩ يصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر النشا (أميلوز وأميلوبكتين) والجلايكوجين ويربط تركيبهما بوظائفهما في الكائنات الحيّة.

٢-١٠ يصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر السليلوز ويبيّن كيف يساهم ترتيب جزيئات السليلوز في وظيفة جدران الخلايا النباتيّة.

٢-١١ يذكر أنّ الدهون الثلاثيّة جزيئات غير قطبيّة كارهة للماء، ويصف التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بالإشارة إلى الأحماض الدهنيّة (المشبعة وغير المشبعة) والجليسرول وتكوين روابط الإستر.

٢-١٢ يربط التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بوظائفها في الكائنات الحيّة.

٢-١٣ يصف التركيب الجزيئي للدهون المفسفرة مع الإشارة إلى رؤوس الفوسفات (المحبة) للماء (القطبيّة) وذيول الأحماض الدهنيّة الكارهة للماء (غير القطبيّة).

٢-١٤ يصف ويرسم

- التركيب العام للحمض الأميني
- تكوين وكسر الرابطة الببتيدية.

٢-١٥ يشرح معنى المصطلحات الآتية: التركيب الأولي، والتركيب الثانوي، والتركيب الثالثي، والتركيب الرابعي للبروتينات.

٢-١٦ يصف أنواع الروابط التي تحافظ على شكل جزيئات البروتين:

- التفاعلات الكارهة للماء
- الرابطة الهيدروجينيّة
- الرابطة الأيونيّة
- الرابطة التساهمية بما في ذلك روابط ثنائي الكبريتيد.

٢-١٧ يذكر أنّ البروتينات الكرويّة قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار وظيفية، وأنّ البروتينات الليفيّة غير قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار تركيبيّة.

٢-١٨ يصف تركيب جزيء الهيموجلوبين كمثال على بروتين كروي بما في ذلك تكوين تركيبه الرابعي من سلسلتي ألفا (جلوبين ألفا) وسلسلتي بيتا (جلوبين بيتا) ومجموعة هيم.

٢-١٩ يربط تركيب الهيموجلوبين بوظيفته بما في ذلك أهميّة الحديد في مجموعة الهيم.

٢-٢٠ يصف تركيب جزيء الكولاجين كمثال على البروتين الليفي، وترتيب جزيئات الكولاجين لتكوين ألياف الكولاجين

٢-٢١ يربط تركيب جزيئات الكولاجين وألياف الكولاجين بوظيفتها.

٢-٢٢ يشرح كيفيّة تكوين الروابط الهيدروجينيّة بين جزيئات الماء ويربط خصائص الماء بأدواره في الكائنات الحيّة، مقتصرًا على: الإذابة والسعة الحراريّة النوعيّة العالية والحرارة الكامنة للتبخّر.

قبل أن تبدأ بدراسة الوَحدة

تذكّر كيف ترتبط الذرّات بعضها في بعض لتكوين الجزيئات؛ وأفضل طريقة للقيام بذلك من خلال رسم أو تكوين نماذج لبعض الجزيئات البسيطة. سوف تحتاج إلى تبيان كيفيّة ارتباط ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين في روابط تساهمية. فتذكّر أنه يمكن للكربون تكوين أربع روابط، والنيتروجين ثلاث روابط، والأكسجين رابطتَين، والهيدروجين رابطة واحدة. يجب ترتيب الروابط بالاتجاه الصحيح (استفد من الأشكال ٢-١٠، ٢-١٤، ٢-٢١، ٢-٢٤).

يمكنك الاستفادة من مجموعة النماذج الجاهزة (حقائب النماذج)، أو كرات معجون النمذجة (صلصال التشكيل) الملوّنة، أو حبوب الهُلام الملوّنة، لتمثيل الذرّات. استخدم اللون الأسود للكربون، والأبيض للهيدروجين، والأحمر للأكسجين، والأزرق للنيتروجين. صِل الكرات أو حبّات الهُلام بعيدان قصيرة مثل أعواد الأسنان أو أعواد الثقاب أو القش. تمثّل الأعواد الروابط التساهمية.

حاول تكوين نماذج من هذه الجزيئات أو رسمها:

- ميثان، CH_4
- ماء، H_2O
- إيثانول، C_2H_5OH
- هيدروكربون، مثال، C_3H_8
- أمونيا، NH_3
- حمض الخليك، CH_3COOH

العلوم ضمن سياقها

مشكلة طي البروتينات من الحاسوب ديب بلو (Deep blue) إلى برنامج ألفازيرو (AlphaZero) وما بعدهما

في عام 1962 م حصل العالمان جون كندرو John Kendrew وماكس بيروتز Max Perutz، من جامعة كامبريدج، على جائزة نوبل في الكيمياء تقديرًا لعملهما في التركيب الثلاثي الأبعاد لبروتينَي ميوجلوبين وهيموجلوبين. وقد مثّل الإنجاز خطوة حيويّة في فهم آليّة عمل البروتينات. وفي عام 1997 م، أي بعد 35 سنة، خسر بطل العالم كاسبروف Kasparov في الشطرنج مباراته أمام الكمبيوتر ديب فلو Deep blue. فما الرابط بين الحدثَين؟

تكمن الإجابة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. فحاسوب IBM ديب فلو، يمثّل مَعلمًا مهمًا في مسار تطوير الذكاء الاصطناعي. وأحد أكثر برامج الحاسوب إثارة هو ألفازيرو AlphaZero الذي طوّره العالم البريطاني ديميس هاسابيس Demis Hassabis، والقادر على التعلّم الذاتي. فقد علّم هذا البرنامج نفسه ليكون أفضل لاعب شطرنج على الإطلاق، وحقّق ذلك في غضون أربع ساعات بلعب ملايين المباريات ضد نفسه، مستخدمًا تقنية التعلّم المعزّز عبر تقنية التجربة والخطأ.

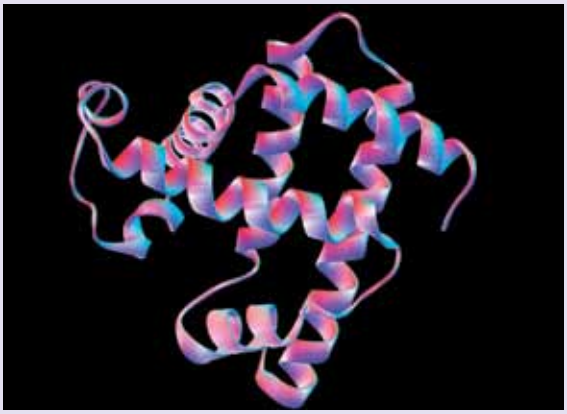
كيف يمكن لحاسوب كهذا أن يفيد الإنسان؟ في العالم مشكلات كثيرة كالتغير المناخي مثلًا، وهي بالغة التعقيد بما لا يستطيع دماغ الإنسان تحليلها وسبر أغوارها، في حين قد يساعد الذكاء الاصطناعي على ذلك. وقد بدأ هذا الذكاء الاصطناعي على معالجة بعض هذه المشكلات، مثل الجزيئات الحيوية.

على سبيل المثال: اقترح ديميس هاسابيس أن ألفازيرو وبرامج الحاسوب المماثلة قد تكون قادرة عل تصميم أدوية أكثر فاعليّة. وأنّ إحدى المشكلات الرئيسيّة في علم الأحياء تكمن في ما يسمّى «مسألة طَيّ البروتينات»، وتتمثّل في محاولة معرفة القواعد التي تحكم طَيّ البروتينات في أشكال ثلاثيّة الأبعاد، والضروريّة لفهم وظائفها. إن معرفة التركيب الأولي للبروتين وبيئته الكيميائيّة (مثل الرقم الهيدروجيني pH ودرجة الحرارة) سيمكن العلماء من التنبّؤ بكيفيّة طَيّ البروتين، ولهذا الأمر عدة تطبيقات حيوية، ومثال على ذلك، عندما يتسبب الخلل في طي البروتينات بكثير من الأمراض والاختلالات، بما فيها الزهايمر وباركنسون والتليّف الكيسي، وفي شهر ديسمبر من عام 2018 م فاز برنامج ألفا فولد في مسابقة دوليّة للتنبّؤ بتركيب البروتين بدقّة أكبر من التنبّؤات السابقة.

وبعد 60 عامًا تقريبًا من العمل الرائد للعالِمَين كندرو وبيروتز، اقترب العلماء من هدف التنبّؤ بكيفيّة طيّ البروتينات، ويبدو أن الذكاء الاصطناعي هو الوحيد القادر على تقديم جميع الإجابات (الشكل ٢-١).

أسئلة للمناقشة

- ما المشكلات المحتملة في استخدام الذكاء الاصطناعي؟
- هل تعتقد أن فوائد استخدام الذكاء الصناعي تفوق أيّة مشاكل محتملة؟ وضِّح إجابتك.



الشكل ٢-١ مشكلة طَيّ البروتين

٢.١ الكيمياء الحيويّة

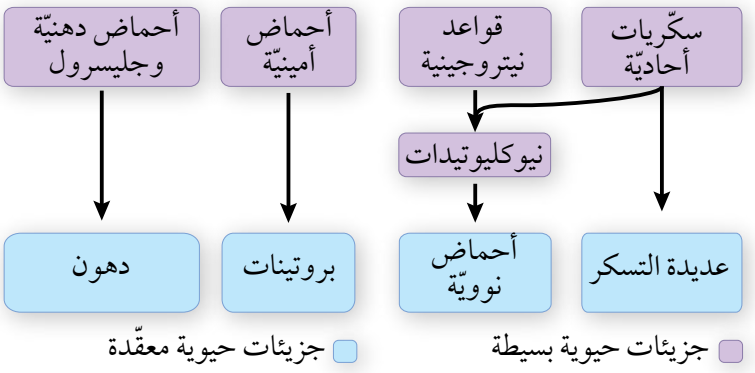
تبحث الكيمياء الحيويّة في التفاعلات الكيميائيّة للجُزيئات الحيوية (العضوية)، وتسمى تلك التفاعلات التي تحدث في الجسم بالأيض. قد تعتقد أن الكيمياء الحيوية موضوع معقّد، لكنها في الواقع تتّصف ببساطة كلّية. فعلى سبيل المثال، يستخدم في صنع البروتينات 20 حمضًا أمينيًا شائعًا فقط، بينما يمكن أن يوجد، نظريًا، ملايين البروتينات. وهذا التنوُّع المحدود من الجُزيئات، يجعل من السهل التحكّم في عمليات الأيض.

الارتباط الوثيق بين تركيب الجزيئات ووظائفها ميزة أخرى للكيمياء الحيوية، وهذا ما سيتم توضيحه بمزيد من التفصيل في هذه الوحدة، وذلك باستخدام أمثلة لجُزيئات في الكائنات الحية، وسيتم تفسير كيف أنّ قدرتها على أداء أدوار مختلفة هي نتيجة مباشرة لتركيبها.

الوحدات البنائية للحياة

توجد أربعة عناصر تُعدّ الأكثر شيوعًا في الكائنات الحيّة، وتمثّل أكثر من 99 % من الذرّات الموجودة فيها، وترتيبها من حيث الوفرة: الأكسجين، والكربون، والهيدروجين، والنيتروجين. وللكربون أهميّة خاصة لأن ذرّاته يمكن أن ترتبط معًا مُشَكّلة سلاسل طويلة أو تراكيب حلقيّة، الأمر الذي يجعلها تشكل الهياكل الأساسيّة للجزيئات الحيوية (الجزيئات التي تحتوي على الكربون). ويتّصل بهياكل الكربون ذرّات أخرى مختلفة.

تمثل الجزيئات الحيوية البسيطة الوحدات البنائية الأساسيّة لجزيئات حيوية كبيرة ومعقدة (الشكل ٢-٢).



الشكل ٢-٢ الوحدات البنائية الأساسيّة للحياة جزيئات حيوية بسيطة تتّحد معًا لتكوّن جزيئات كبيرة ومعقدة

المونومرات والبوليمرات والجزيئات الكبيرة

الجُزيء الكبير Macromolecule جُزيء عملاق. يوجد في الكائنات الحيّة: ثلاثة أنواع من الجزيئات الكبيرة:

- عديدة التسكر
- البروتينات (عديدة الببتيد)
- الأحماض النوويّة (عديدة النيوكليوتيد). سوف تدرسها بالتفصيل في الصف الثاني عشر.

توصف الجُزيئات الكبيرة بأنها **جُزيئات متعدّدة الوحدات** أو **بوليمرات Polymers** لأنها تتكوّن من وحدات متكرّرة عديدة ومتشابهة. وتسمّى الوحدات **جُزيئات مفردة** أو **مونومرات Monomers**. ترتبط الجزيئات المفردة بعضها ببعض بروابط تساهمية تنشأ من تشارك الإلكترونات بين الذرات. ومن أمثلتها الرابطة الجلايكوسيدية، ورابطة الإستر، والرابطة الببتيديّة.

يتمّ تكوين جُزيئات عضويّة من جزيئات مفردة بتكرار التفاعل نفسه مرّات عديدة. ويتضمّن التفاعل ارتباط مونومرَين أحدهما مع الآخر من خلال إزالة جُزيء ماء، في ما يسمّى **تفاعل التكثيف Condensation reaction**. ويمكن تفكيك جزيء البوليمر بتفاعل عكسي بإضافة جزيء ماء، في ما يسمّى **تحلّل مائي Hydrolysis**. ستدرس عدة أمثلة على التكثيف والتحلّل المائي في هذه الوحدة.

تتكوّن الجزيئات المفردة، والتي بدورها تكوّن عديدة التسكُّر والبروتينات والأحماض النوويّة، من سكّريات أحاديّة وأحماض أمينيّة ونيوكليوتيدات على التوالي (الشكل ٢-٢). يبيّن هذا الشكل أيضًا دور القواعد النيتروجينية (ليست مونومر) في النيوكليوتيدات، ودور الأحماض الدهنيّة والجليسرول في تكوين الدهون (ليس بوليمر).

من الأمثلة على بوليمرات تتكوّن بشكل طبيعي، السليلوز والمطّاط، وتوجد أمثلة كثيرة على بوليمرات منتجة صناعيًا، مثل البوليستر والبولي إيثلين وكلوريد عديد الفينيل والنايلون. وتتكوّن جميع هذه البوليمرات من مونمرات أساسها الكربون، وتحتوي على آلاف ذرّات الكربون المرتبطة معًا.

مصطلحات علمية

الجُزيء الكبير Macromolecule: جُزيء كبير (ضخم) مثل عديد التسكُّر وبروتين وحمض نووي.

البوليمر Polymer: جُزيء كبير يتكوّن من وحدات عديدة متكرّرة ومتشابهة مرتبطة مع بعضها على شكل سلسلة. والوحدات المكونة صغيرة وبسيطة وتسمّى مونومرات. ومن الأمثلة على البوليمرات الحيوية، عديدة التسكر والبروتينات والأحماض النوويّة.

المونومر Monomer: جُزيء بسيط نسبيًا يمثّل الوحدة البنائية الأساسية لبناء البوليمر. ترتبط العديد من المونومرات معًا بروابط تساهمية لتكوين البوليمر، وعادة عبر تفاعلات التكثيف. ومن الأمثلة الشائعة للمونومرات، السكّريات الأحاديّة والأحماض الأمينيّة والنيوكليوتيدات.

تفاعل تكثيف Condensation reaction: تفاعل كيميائي يتضمّن ارتباط جُزيئَين معًا عبر إزالة جُزيء ماء.

التحلّل المائي Hydrolysis: تفاعل كيميائي تتكسر فيه الرابطة الكيميائيّة بإضافة جُزيء ماء، ويستخدم عادة لتفكيك الجزيئات المعقّدة إلى جزيئات بسيطة.

٢.٢ الكربوهيدرات

تحتوي جميع الكربوهيدرات على الكربون والهيدروجين والأكسجين، ويشير المقطع «هيدرات» من الاسم إلى الماء (H_2O). وتبلغ نسبة ذرّات الهيدروجين إلى الأكسجين في الجزيء 1:2 بما يعادل نسبتها في الماء. لذا يمكن أن تكتب الصيغة الجُزيئيّة العامة للكربوهيدرات $C_x(H_2O)_y$. وتقسم الكربوهيدرات إلى ثلاث مجموعات رئيسيّة: السكّريات الأحاديّة، والسكّريات الثنائيّة، وعديدة التسكر.

السكّريات الأحاديّة

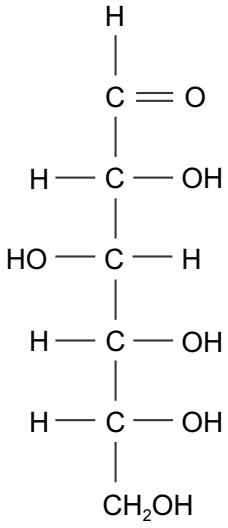
السكّريات الأحاديّة Monosaccharides سكّريات تذوب بسهولة في الماء مكوّنة محلولًا حلو المذاق. وهي تتكوّن من جُزيء سكّر مفرد، وصيغتها الجُزيئيّة العامة $(CH_2O)_n$. ويمكن تقسيم السكّريات الأحادية إلى ثلاثة أنواع رئيسيّة تبعًا لعدد ذرّات الكربون في الجُزيء: سكّريات ثلاثيّة (3C)، سكّريات خماسيّة (5C)، سكّريات سداسيّة (6C). والسكّريات السداسيّة الشائعة، هي جلوكوز وفركتوز وجالاكتوز. ويوجد نوعان شائعان من السكّريات الخماسيّة هما: رايبوز ورايبوز منقوص الأكسجين.

مصطلحات علمية

السكّر الأحادي
Monosaccharide:
جُزيء يتكوّن من وحدة سكّر مفردة، وصيغته العامة $(CH_2O)_n$.

الصيغة الجزيئيّة والصيغة التركيبية

يمكن كتابة الصيغة الجزيئيّة للسكّريات السداسية بالشكل $(C_6H_{12}O_6)$، وهذا يعني وجود 6 ذرّات كربون و 12 ذرّة هيدروجين و 6 ذرّات أكسجين في الجُزيء. ويمكن تبيان ترتيب الذرات في جزيء ما من خلال رسم تخطيطي يعرف بالصيغة التركيبية. يبيّن الشكل ٢-٣ الصيغة التركيبية الأكثر شيوعًا لسكر الجلوكوز.

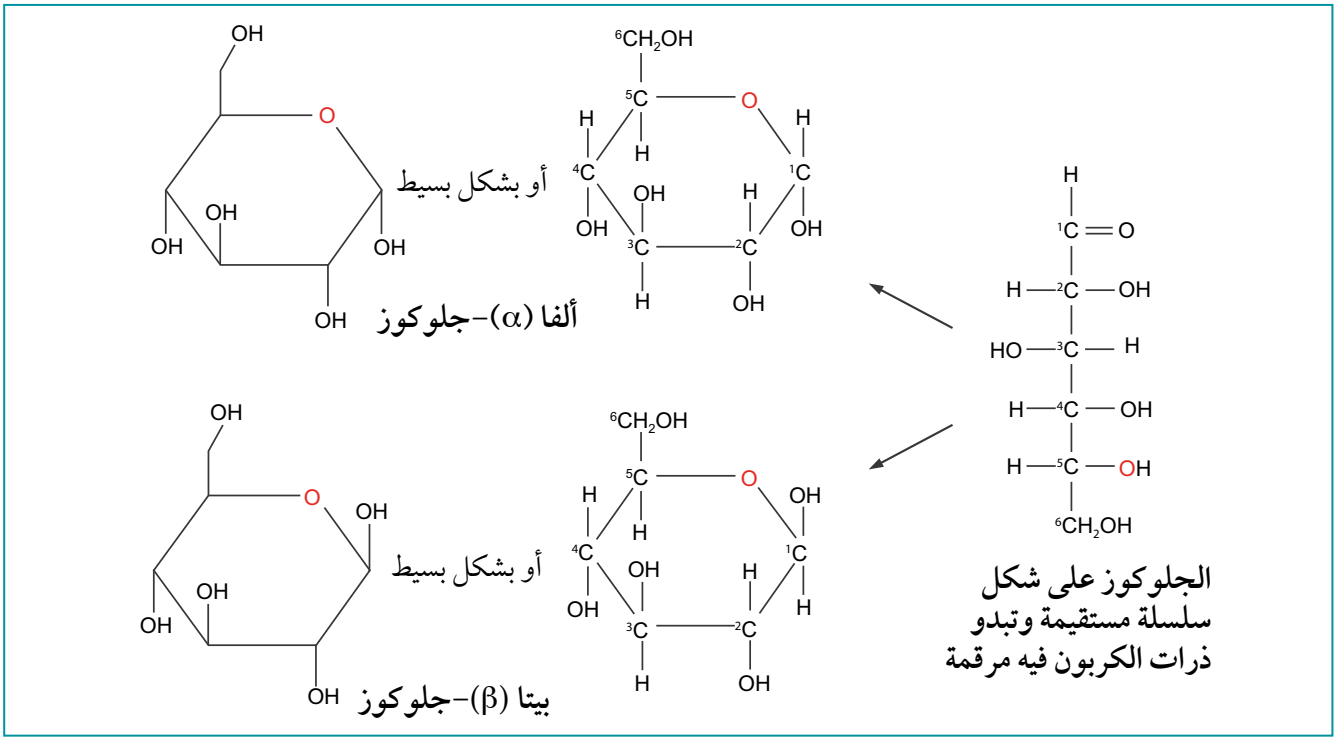


الشكل ٢-٣ الصيغة التركيبية المستقيمة للجلوكوز.
تسمّى (OH–) مجموعة الهيدروكسيل، ويوجد في الجلوكوز خمس مجموعات منها

التراكيب الحلقيّة

يتمثّل أحد المظاهر المهمّة في تركيب السكّريات الخماسيّة والسداسيّة في أن سلسلة الكربون طويلة بما يكفي لأن تنغلق على نفسها لتشكل تركيبًا حلقيًا أكثر ثباتًا. وعندما يشكّل الجلوكوز مثل هذه الحلقة، ترتبط ذرّة الكربون رقم 1 بالأكسجين في ذرّة الكربون رقم 5 (الشكل ٢-٤). لذلك لا تكون ذرة الكربون رقم 6 والأكسجين جزءًا من الحلقة.

الشكل ٢-٤ يبيّن أن مجموعة الهيدروكسيل (OH–) على ذرّة الكربون رقم 1 قد توجد أعلى أو أسفل مستوى الحلقة. ويسمّى شكل الجلوكوز الذي تكون فيه هذه المجموعة أسفل الحلقة ألفا (α)- جلوكوز، ويسمّى الشكل الذي تكون فيه فوق الحلقة بيتا(β)-جلوكوز. كما يسمّى الشكلان من المادة الكيميائيّة نفسها النظائر Isomers. وللتنوّع الإضافي الذي يؤمّنه وجود النظيرَين ألفا وبيتا أهميّة كبيرة كما ستشاهد في تراكيب النشا والجلايكوجين والسليلوز.



الشكل ٢-٤ الصيغ التركيبية المستقيمة والحلقية للجلوكوز. في الغالب، وبهدف التبسيط، لا تُكتب ذرات C و H في الصيغ التركيبية الحلقية

سؤال

(١) الصيغة الجزيئيّة للسكّر السداسي $C_6H_{12}O_6$ أو $(CH_2O)_6$. ما الصيغة الجزيئيّة للسكّر:

أ. الثلاثي؟ ب. الخماسي؟

وظائف السكّريات الأحاديّة في الكائنات الحيّة

للسكّريات الأحاديّة وظيفتان رئيسيتان:

الوظيفة الأولى: تستخدم كمصدر للطاقة في عمليّة التنفس، لوجود عدد كبير من روابط كربون- هيدروجين فيها. وعندما تتفكّك هذه الروابط ينطلق مقدار كبير من الطاقة التي تنقل لتُسهم في بناء ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات) من خلال إضافة مجموعة الفوسفات إلى ADP (أدينوسين ثنائي الفوسفات) أثناء عمليّة التنفس. والسكّر الأحادي الأكثر أهميّة في أيض الطاقة هو الجلوكوز.

الوظيفة الثانية: تعمل السكّريات الأحاديّة كوحدات بنائية لجُزيئات كبيرة. على سبيل المثال، يستخدم سكر الجلوكوز لتكوين عديدة التسكُّر، مثل النشا والجلايكوجين والسليلوز. والرايبوز (سكّر خماسي) أحد الجزيئات المستخدمة في تكوين RNA (الحمض النووي الرايبوزي) و ATP، والرايبوز منقوص الأكسجين (سكر خماسي أيضًا) ويدخل في تركيب DNA (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين).

السكّريات الثنائيّة والرابطة الجلايكوسيدية

مصطلحات علمية

سكّر ثنائي Disaccharides: جُزيء سكّر يتكوّن من سكّرَين أحاديَين مرتبطيَن معًا برابطة جلايكوسيدية.

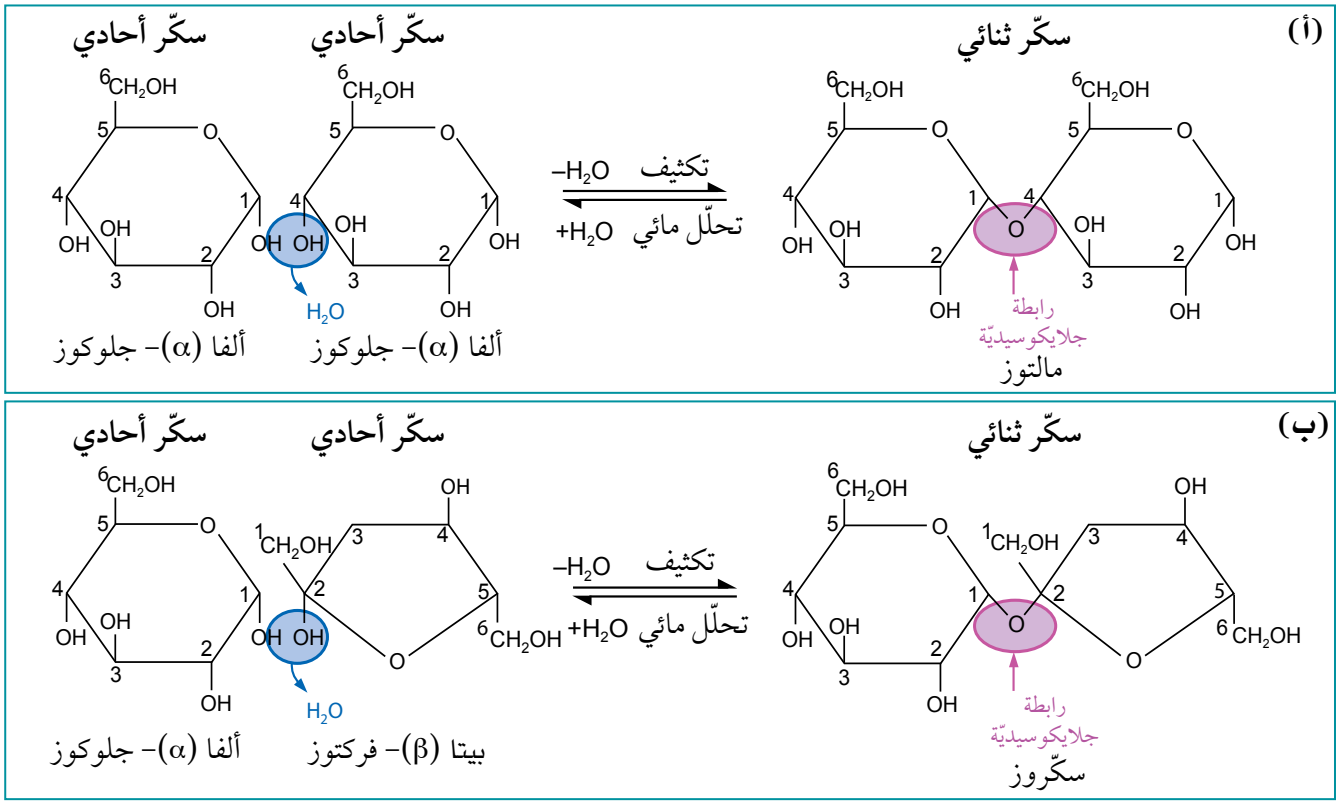
الرابطة الجلايكوسيدية Glycosidic bond: ارتباط C- O- C، بين جُزَيئَي سكّر، تتكون من خلال تفاعل تكثيف، وهي رابطة تساهمية.

تتشكّل **السكّريات الثنائيّة Disaccharides**، من ارتباط اثنَين من سكّرَين أحاديَين. ومن الأمثلة على السكّريات الثنائيّة الأكثر شيوعًا هي: مالتوز (جلوكوز + جلوكوز)، سكّروز (جلوكوز + فركتوز)، ولاكتوز (جلوكوز + جالاكتوز). السكّروز هو السكّر الذي يتم نقله في النباتات، ويُعرف بسكّر المائدة الذي نستخدمه في حياتنا اليومية لتحلية الطعام ويباع في المتاجر. واللاكتوز هو السكّر الموجود في الحليب، وبالتالي فهو مكوّن مهم في النظام الغذائي لصغار الثدييات.

عمليّة ارتباط اثنَين من السكريات الأحادية مثال على تفاعل التكثيف (الشكل ٢-٥)، ويبيّن أيضًا العمليّة العكسيّة (تفكيك السكّريات الثنائيّة إلى اثنَين من المونومرات)، وهي مثال على تفاعل التحلّل المائي. لاحظ أن لسكر الفركتوز تركيبًا حلقيًا مختلفًا عن سكر الجلوكوز.

في كل تفاعل تكثيف، تصطفّ مجموعتا هيدروكسيل (OH–) إحداهما بجانب الأخرى، وترتبط إحداهما مع ذرّة هيدروجين من المجموعة الأخرى مكوّنة جُزيء ماء. وهذا يتيح إمكانيّة تشكيل «جسر» أكسجين بين الجُزيئَين الأمر الذي يؤدّي إلى تماسكهما معًا وتكوين سكّر ثنائي. ويسمّى «الجسر» **رابطة جلايكوسيدية Glycosidic bond**.

يضاف الماء في التحلّل المائي أثناء هضم السكّريات الثنائيّة وعديدة التسكر، وعندما تتفكك إلى سكّريات أحاديّة.



الشكل ٢-٥ تكوّن سكّر ثنائي من سكّرَين أحاديَين بعمليّة تكثيف. (أ) يتكوّن المالتوز من جُزَيئَي سكر ألفا (α)- جلوكوز. ويمكن أن يتكرّر هذا عدة مرّات لتكوين عديد التسكر. لاحظ في هذا المثال تكوّن رابطة جلايكوسيدية بين ذرّتَي الكربون 1 و 4 من جُزَيئَي الجلوكوز المتجاورَين. (ب) يتكوّن السكّروز من جُزيء ألفا (α)- جلوكوز وجُزيء بيتا (β)- فركتوز

مهارات عملية ٢-١

الكشف عن السكّريات

١. السكّريات المختزلة

تسمّى السكّريات المختزلة بهذا الاسم لأنها تقوم بنوع من التفاعل الكيميائي يسمّى اختزالًا، وهي تتأكسد فيه. السكّريات المختزلة تشمل جميع السكّريات الأحاديّة وبعض السكّريات الثنائيّة، والسكّر الشائع الوحيد غير المختزل هو السكّروز.

قدرة بعض السكّريات على الاختزال هي أساس **اختبار بندكت Benedict's test** للكشف عن السكّر. يستخدم الاختبار كاشف بندكت، والذي هو كبريتات النحاس الثنائي (II) في محلول قلوي، ويتّصف بلونه الأزرق المميّز. تختزل السكّريات المختزلة كبريتات النحاس الثنائي (II) الزرقاء الذائبة إلى أكسيد النحاس الأحادي (I) غير الذائب بنّي محمر (قرميدي) اللون (راسب).

$$Cu^{2+} + \text{سكّر مختزل} \rightarrow Cu^{+} + \text{سكّر مؤكسد}$$

أزرق — بنّي محمر (قرميدي)

الخطوات

أضف كاشف بندكت إلى المحلول الذي تختبره، وسخّنه في حمام مائي. إذا وجد السكّر المختزل، فسيتحوّل لون المحلول تدريجيًا إلى الأخضر فالأصفر فالبرتقالي وصولًا إلى بنّي محمر عند تشكل أكسيد النحاس الأحادي غير الذائب وترسبه.

وعند استخدام كميّة زائدة من كاشف بندكت للتفاعل مع كل السكّر الموجود، فإن شدّة اللون الأحمر الناتج ترتبط بتركيز السكّر المختزل، لذا يمكن أن يفيد الاختبار كاختبار شبه كمّي. يمكن تقدير تركيز محلول السكّر المختزل باستخدام معايير اللون القياسيّة المعدّة بمقارنة اللون مع الألوان الناتجة من الاختبارات على محاليل مختزلة بتراكيز معروفة. يمكن أيضًا قياس الزمن المستغرق لحدوث أول تغيير في اللون.

بدلًا من ذلك، يمكن استخدام مقياس الألوان لقياس الاختلافات البسيطة في اللون بشكل أكثر دقّة.

الصورة ٢-١ أنبوبة الاختبار (أ) في الشكل أعلاه تحتوي على كاشف بندكت، بلونه الأزرق الزاهي الذي يمكن مشاهدته بوضوح. تُظهر أنابيب الاختبارات الثلاثة المتبقية (ب، ج، د) اللون الناتج للكاشف في محاليل سكر جلوكوز بتراكيز مختلفة (0.1% و 1% و 3% على التوالي) بعد التسخين، يبدو المحلول أزهى من قبل وغير شفاف في أنبوبة الاختبار النهائية (د) مما هو في الأنابيب الأخرى بسبب ترسب أكسيد النحاس فيها

مصطلحات علمية

اختبار بندكت Benedict's test: اختبار للكشف عن السكّريات المختزلة. تسخن المادة غير المعروفة مع كاشف بندكت، والتغيّر في اللون من المحلول الأزرق الصافي إلى تكوّن راسب أخضر أو أصفر، أو أحمر، أو بنّي، يدلّ على وجود السكّريات المختزلة مثل سكر الجلوكوز.

٢. السكّريات غير المختزلة

بعض السكريات الثنائية مثل السكروز غير مختزلة، لذلك ستحصل على نتيجة سلبية عند إجراء اختبار كاشف بندكت. وفي هذه الحالة يجب إجراء اختبار للكشف عن السكّر غير المختزل.

في اختبار السكّريات غير المختزلة، يتم تفكيك السكّر الثنائي أولًا إلى جُزَيئَي السكّر الأحادي المكوّنَين. والتفاعل الكيميائي هو تحلّل مائي، يمكن تحقيقه بإضافة حمض الهيدروكلوريك. وستكون السكّريات المكوّنة سكّريات مختزلة يكشف عنها باختبار بندكت بعد معادلة الحمض.

تابع

الخطوات

نفّذ اختبار بندكت على المحلول، فإذا كانت النتيجة سلبيّة، يمكن البدء مرّة أخرى بعيّنة جديدة من المحلول. سخّن المحلول مع حمض الهيدروكلوريك، فإذا احتوى على سكّر غير مختزل، فسيتم تفكيكه إلى سكّريات أحاديّة. يحتاج كاشف بندكت إلى بيئة قلويّة ليعمل، لذا يجب معادلة المحلول بإضافة مادة قلويّة مثل هيدروكسيد الصوديوم. أضف كاشف بندكت وسخّن كما سبق، ثم لاحظ أي تغيّر في اللون. إذا تغيّر المحلول إلى الأحمر، يكون السكّر غير المختزل موجودًا. وإذا وجد كل من السكّر غير المختزل والسكّر المختزل، فسيكون فسيكون الراسب أثقل من الذي تكوّن في اختبار بندكت. وإذا لم يتغيّر اللون، فلن يكون هناك أي نوع من السكّر.

(انظر الاستقصاء العملي ٢-٢ في كتاب التجارب العملية والأنشطة لمزيد من المعلومات).

سؤال

(٢) **أ.** لماذا تحتاج إلى استخدام المزيد من كاشف بندكت لتعرف تركيز محلول السكّر؟

ب. أوجز كيف يمكنك استخدام كاشف بندكت لتقدير تركيز محلول من السكر المختزل.

عديدة التسكر

عديدة التسكر Polysaccharides بوليمرات مكوّنة من ارتباط العديد من جزيئات السكّريات الأحاديّة بالتكثيف. ويضاف كل سكّر أحادي عن طريق رابطة جلايكوسيديّة، كما في السكّريات الثنائيّة. وقد يتكوّن الجُزيء النهائي من عدة آلاف من السكّريات الأحادية، مُشكّلة جُزيئًا كبيرًا. وعديدة التسكُّر الأكثر أهميّة هي النشا والجلايكوجين والسليلوز، وجميعها بوليمرات من الجلوكوز، ليست حلوة المذاق.

مصطلح علمي

عديد التسكر Polysaccharides: بوليمر تكون وحداته سكّريات أحاديّة مرتبطة معًا بروابط جلايكوسيديّة.

الجلايكوجين Glycogen: عديد التسكر يتكوّن من العديد من جزيئات الجلوكوز المرتبطة معًا والتي تشكّل مخزونًا للجلوكوز في خلايا الكبد والعضلات.

النشا والجلايكوجين

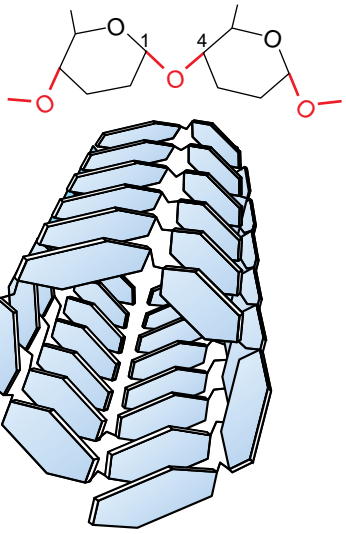
سكر الجلوكوز هو المصدر الرئيسي لطاقة الخلايا، لذا من المهمّ للكائنات الحيّة تخزينه في الشكل المناسب. إذا تراكم الجلوكوز في الخلايا، فسيذوب ليرتفع تركيز محتويات الخليّة كثيرًا، الأمر الذي يؤثّر بشكل خطير على خصائص إسموزيّة الخليّة. والجلوكوز أيضًا جُزيء متفاعل يتداخل مع الخصائص الكيميائيّة الطبيعيّة للخليّة. يتم تجنُّب هذه المشكلات عن طريق تحوُّل الجلوكوز بتفاعلات التكثيف إلى عديدة التسكُّر التي يتم تخزينها. وعديدة التسكُّر المختزنة تكون متوافقة ومتراصّة وغير متفاعلة وغير قابلة للذوبان. عديدة التسكُّر المختزنة في النباتات هي النشا **Starch**، وفي الحيوانات هي **الجلايكوجين Glycogen**. وعند الحاجة، تؤمّن الجلوكوز سريعًا عن طريق تفاعلات التحلّل المائي الإنزيميّة.

النشا Starch مزيج من أميلوز وأميلوبكتين. يتكوّن الأميلوز Amylose من تفاعلات تكثيف بين جزيئات ألفا- جلوكوز (الشكل ٢-٥أ). وبذلك، يتم بناء سلسلة طويلة غير متفرّعة مكوّنة من عدة آلاف من جزيئات 1, 4 جلوكوز المرتبطة (الرابطة 1,4 تعني الترابط

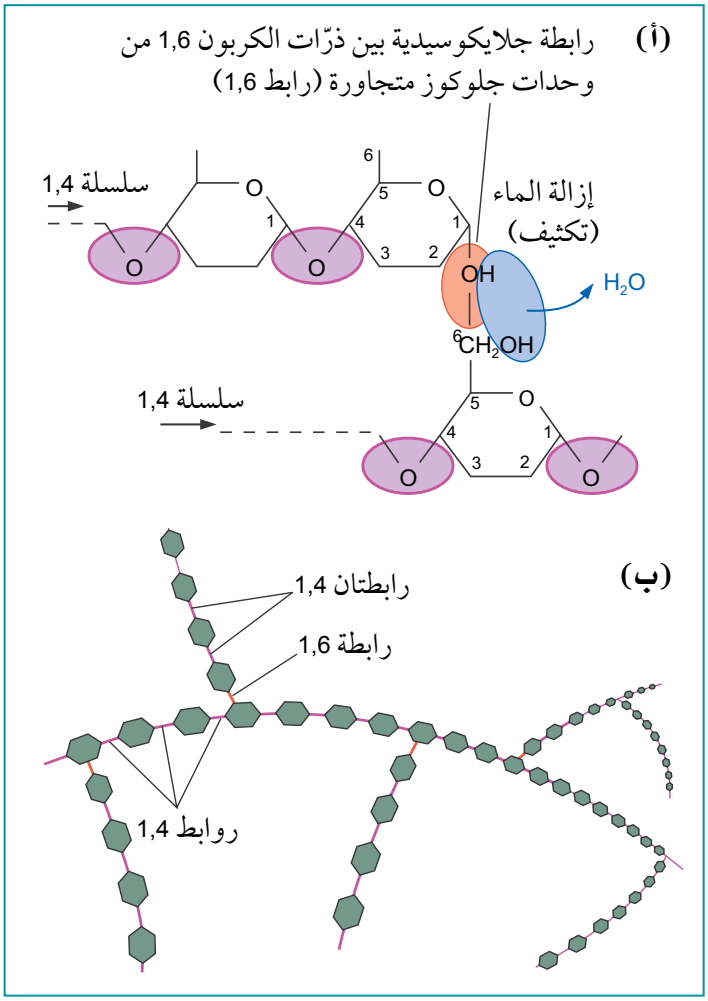
بين جزيئات الجلوكوز وتحديدًا بين ذرّات الكربون 1 و 4 في وحدات الجلوكوز المتتالية). تكون السلاسل منحنية وملتفّة في تراكيب حلزونيّة مثل اللوالب، لذا يكون الجُزيء النهائي متراصًّا كما في الشكل ٢-٦.

يتكوّن الأميلوبكتين Amylopectin أيضًا من العديد من جزيئات 1,4 ألفا-جلوكوز، لكن السلاسل أقصر من تلك التي في الأميلوز، وتحتوي أيضًا على روابط 1,6 تبدأ هذه بالتفرّع من على جانبَي السلسلة (الشكل ٢-٧).

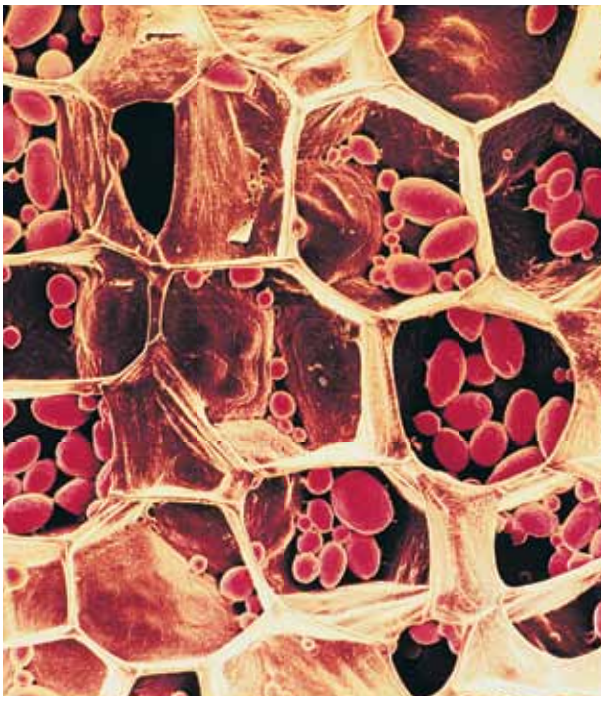
يكوّن مزيج جزيئات الأميلوز والأميلوبكتين حُبيبات نشا كبيرة نسبيًا، وتوجد عادة في البلاستيدات الخضراء وفي أعضاء التخزين في النبات مثل درنات البطاطس وبذور الحبوب والبقوليات (الصورة ٢-٢). يمكن رؤية حُبيبات النشا بسهولة بالمجهر الضوئي، بخاصة عندما تكون



الشكل ٢-٦ ترتيب جزيئات ألفا-جلوكوز في الأميلوز. تؤدّي روابط 1, 4 إلى دوران السلسلة والتفافها. تبدو الروابط الجلايكوسيدية بالأحمر، وقد حذفت مجموعات الهيدروكسيل



الشكل ٢-٧ التركيب المتفرّع (المتشعب) للأميلوبكتين والجلايكوجين. (أ): تشكيل رابطة 1, 6 يكوّن نقطة التفرع. (ب): التركيب العام لجُزيء الأميلوبكتين أو الجلايكوجين. يختلف الأميلوبكتين والجلايكوجين فقط في مقدار التفرّع في سلاسل الجلوكوز المكوّنة لهما. يكون الجلايكوجين أكثر تفرعًا من الأميلوبكتين



الصورة ٢-٢ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح بألوان زائفة لشريحة بطاطس طازجة تبيّن خلايا تحتوي على حُبيبات نشا أو عُضيّات تحتوي على نشا (بالأحمر) (X 260)

مصبوغة. ويمثّل مسح قطع من درنة بطاطس طازجة على شريحة زجاجيّة وصبغها باليود (محلول يوديد البوتاسيوم) طريقة سريعة لإعداد عيّنة للفحص المجهري.

لا يوجد النشا في الخلايا الحيوانيّة، التي تختزن الكربوهيدرات على شكل جلايكوجين، وتشبه جزيئاته كثيرًا تلك التي في الأميلوبكتين لأنها تتكوّن من سلاسل من 1,4 ألفا- جلوكوز مرتبطة بروابط 1,6 مكوّنة نقاط تفرع (الشكل ٢-٧). تتجمّع جزيئات الجلايكوجين معًا لتشكّل حُبيبات تشاهد في خلايا الكبد وخلايا العضلات، حيث تشكّل مخزونًا احتياطيًا للطاقة.

أسئلة

٣ ما نوع التفاعل الكيميائي الذي يحدث عند تكوين الجلوكوز من النشا والجلايكوجين؟

٤ اذكر خمس طرائق تتشابه فيها الصيغ التركيبية للجلايكوجين والأميلوبكتين.

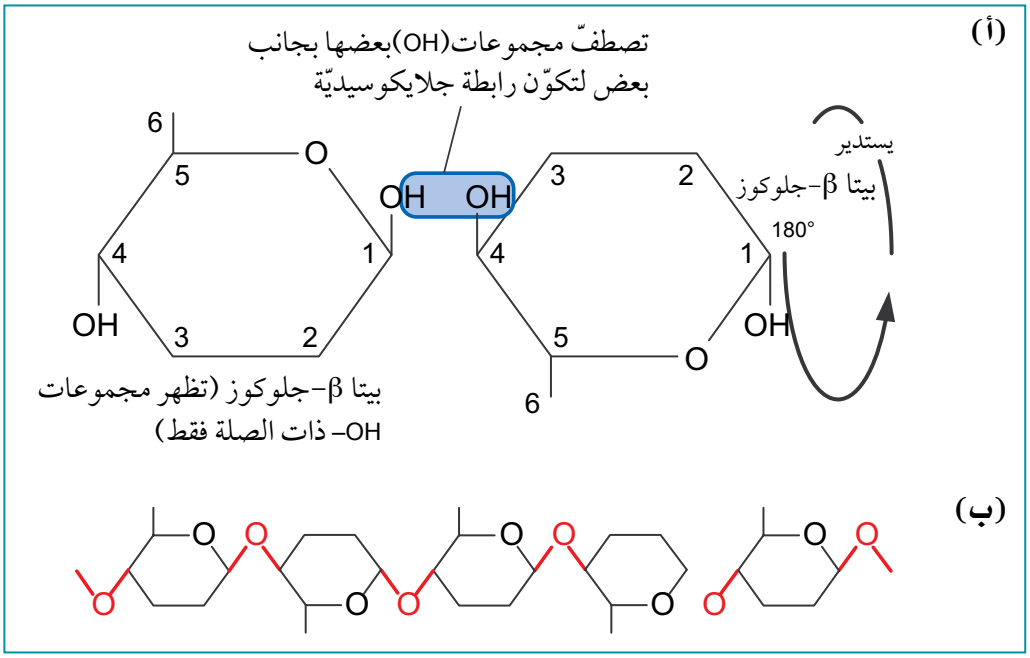
مصطلحات علمية

السليلوز Cellulose: عديد تسكر يتكوّن من وحدات بنائية من بيتا-جلوكوز، ويستخدم لتقوية جدران الخلايا النباتيّة.

السليلوز

السليلوز Cellulose هو الجُزيء العضوي الأكثر وفرة على كوكب الأرض، وذلك لوجوده في جدران الخلايا النباتيّة، ولبطء معدّل تفكّكه في الطبيعة. وللسليلوز دور تركيبي لأنه جُزيء قوي ميكانيكيًا، على العكس من النشا والجلايكوجين، والفرق الوحيد، أن السليلوز بوليمر يتكوّن من جُزيئات بيتا-جلوكوز، في حين يتكوّن النشا والجلايكوجين من جزيئات ألفا-جلوكوز.

تذكّر أن مجموعة (OH-) على ذرّة الكربون 1 تتّجه نحو الأعلى فوق الحلقة في β-جلوكوز (الشكل ٢-٤). ولتكوين رابطة الجلايكوسيدية مع ذرّة الكربون 4، (حيث مجموعة OH- المتجهة نحو أسفل الحلقة)، يجب أن ينقلب جُزيء جلوكوز واحد (يستدير 180°) بالنسبة إلى الجُزيء الآخر، وبالتالي سترتبط وحدات الجلوكوز المتتالية عند 180° بعضها ببعض (الشكل ٢-٨).



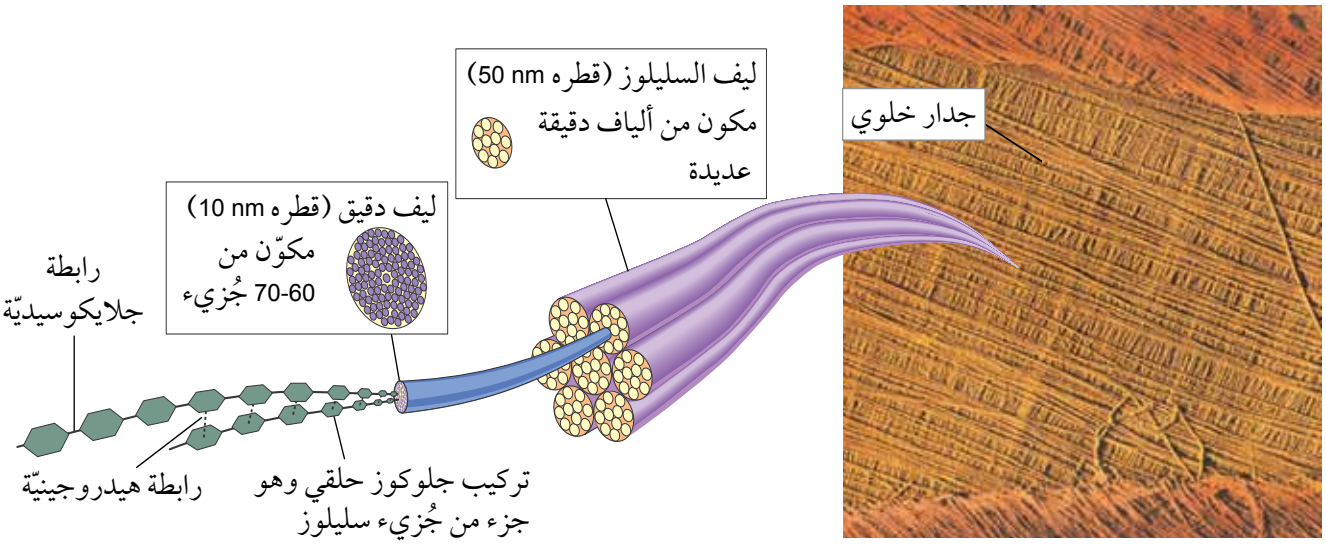
الشكل ٢-٨ (أ) يصطفّ جُزيئان من بيتا (β)- جلوكوز أحدهما بجانب الآخر ليكوّنا رابطة **1,4**. لاحظ أن جُزيء جلوكوز واحد يجب أن يستدير **180°** بالنسبة إلى الجُزيء الآخر. (ب) ترتيب وحدات بيتا β-جلوكوز في السليلوز. الروابط الجلايكوسيديّة مبينة باللون الأحمر، وحذفت مجموعات الهيدروكسيل

ينتج من هذا الترتيب لجزيئات بيتا β-جلوكوز جُزيء قوي، لأن ذرّات الهيدروجين من مجموعة OH- تنجذب بشكل ضعيف إلى ذرّات الأكسجين في جُزيء السليلوز نفسه (أكسجين في حلقة الجلوكوز)، وإلى ذرّات الأكسجين في مجموعات (OH-) في الجزيئات المجاورة أيضًا. وهذه الروابط ضعيفة في شكلها الفردي، لكن يوجد الكثير منها (بسبب العدد الكبير من مجموعات (OH-)، لتؤمّن بمجموعها قوّة هائلة. ويتشابك 60-70 جُزيء سليلوز بإحكام عن طريق الروابط الهيدروجينيّة لتشكيل حزمًا تسمّى الألياف الدقيقة Microfibrils. وتتماسك الألياف الدقيقة بدورها بعضها ببعض عن طريق الروابط الهيدروجينيّة أيضًا لتشكّل حزمًا تسمّى الألياف Fibres (الشكل ٢-٩).

يحتوي الجدار الخلوي عادةً على عدّة طبقات من الألياف تمتد في اتجاهات مختلفة لزيادة القوّة (الشكل ٢-٩). ويشكّل السليلوز 20-40 % تقريبًا من مكوّنات الجدار الخلوي، وتساعد جزيئات أخرى على ربط ألياف السليلوز، ويكوّن بعضها مادة خلالية شبيهة بالصمغ حول الألياف، بما يزيدها قوّة.

تتّصف ألياف السليلوز بقوّة شدّ عالية مساوية تقريبًا لقوّة الشد للفولاذ، أي أنه عند سحب الألياف من كلا الطرفَين سيكون من الصعب مدّها أو كسرها. وتجعل قوّة الشدّ العالية لألياف السليلوز الخليّة قادرة على تحمّل الضغط المرتفع بداخلها نتيجة الإسموزيّة. وبدون الجدار الخلوي هذا تنفجر الخليّة عندما تكون في محلول مخفّف. يساعد هذا الضغط داخل الخلية في تأمين الدعم للنبات بجعل الأنسجة صلبة، وهي مسؤولة عن توسّع الخليّة أثناء النموّ.

ويساعد ترتيب الألياف حول الخليّة في تحديد شكل الخليّة أثناء نموّها. وبالرغم من قوّة الألياف، إلّا أنها تتّصف بنفاذية كلية، الأمر الذي يؤمّن حريّة حركة الماء والمواد المذابة.



الشكل ٢-٩ تركيب السليلوز

سؤال

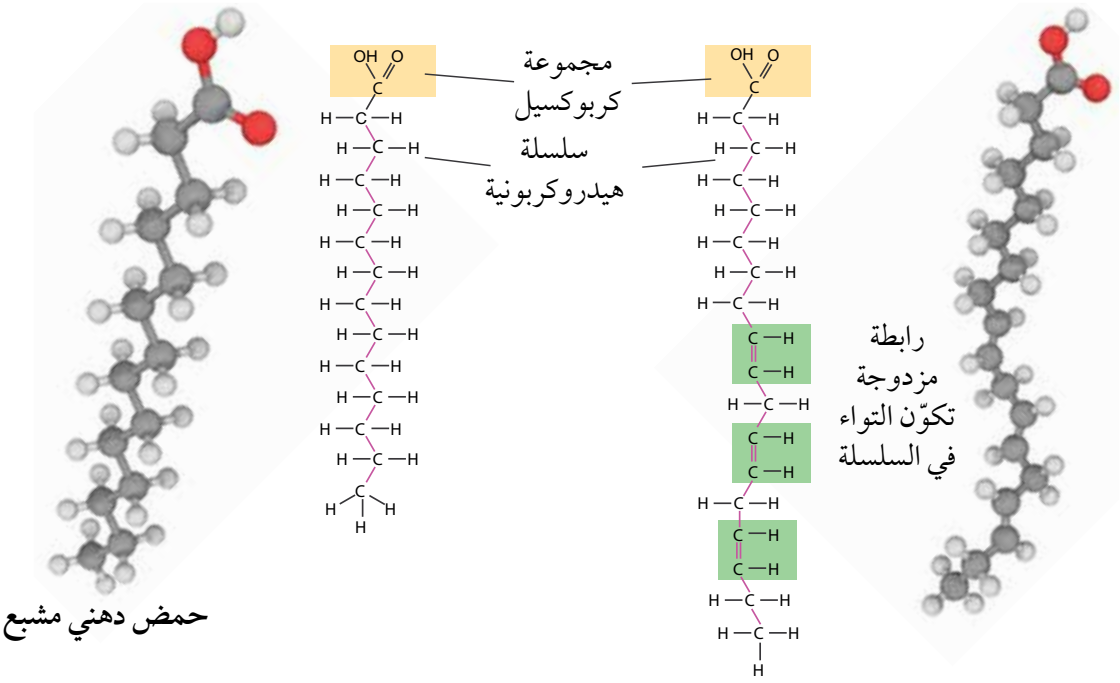
٥ ارسم جدولًا يبيّن ثلاثة اختلافات للصيغة التركيبية بين سكر الأميلوز والسليلوز.

٣.٢ الدهون

الدهون Lipids مجموعة متنوعة جدًا من المواد الكيميائيّة. وجميعها جزيئات عضويّة غير قابلة للذوبان في الماء. تتكوّن معظم الدهون من أحماض دهنيّة مرتبطة مع كحول، والدهون الأكثر شيوعًا هي الشحوم والزيوت. غالبًا ما تكون الشحوم صلبة والزيوت سائلة عند درجة حرارة الغرفة، لكنها من الناحية الكيميائيّة متشابهة جدًا.

الأحماض الدهنيّة

الأحماض الدهنيّة Fatty acids عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة متصلة بالمجموعة الحمضية -COOH (الشكل ٢-١٠). وتتكون السلسلة الهيدروكربونية من ذرّات الكربون المرتبطة مع الهيدروجين، وغالبًا ما يتراوح عدد ذرّات الكربون فيها 12–20.



الشكل ٢-١٠ تركيب حمض دهني غير مشبع وآخر مشبع. يظهر إلى جانبَي كل نموذج صورة له. يظهر فيها الهيدروجين باللون الأبيض، والكربون بالرمادي، والأكسجين بالأحمر

وتحتوي سلاسل بعض الأحماض الدهنيّة على روابط مزدوجة بين ذرّات الكربون المتجاورة، مثال هذه: -C=C-. وتوصف مثل هذه الأحماض بأنها غير مشبعة، لأنها لا تحتوي على الكميّة القصوى المحتملة من الهيدروجين، وتشكل دهون غير مشبعة Unsaturated fats. الروابط المزدوجة تجعل الأحماض الدهنيّة والدهون تنصهر بسهولة. لذا تكون معظم الزيوت غير مشبعة. فإذا احتوت جُزيئاتها على أكثر من رابطة مزدوجة واحدة، يكون الحمض الدهني أو الدهن متعددًا غير مشبع، أمّا إذا وجدت رابطة واحدة فقط، فيكون أحاديًا غير مشبع.

غالبًا ما تكون الدهون الحيوانيّة مشبعة (لا تحتوي جُزيئاتها على روابط مزدوجة)، وتكون على شكل دهنيات صلبة، في حين تكون الدهون النباتيّة غير مشبعة، وتكون سائلة، مثل زيت الزيتون وزيت دوّار الشمس.

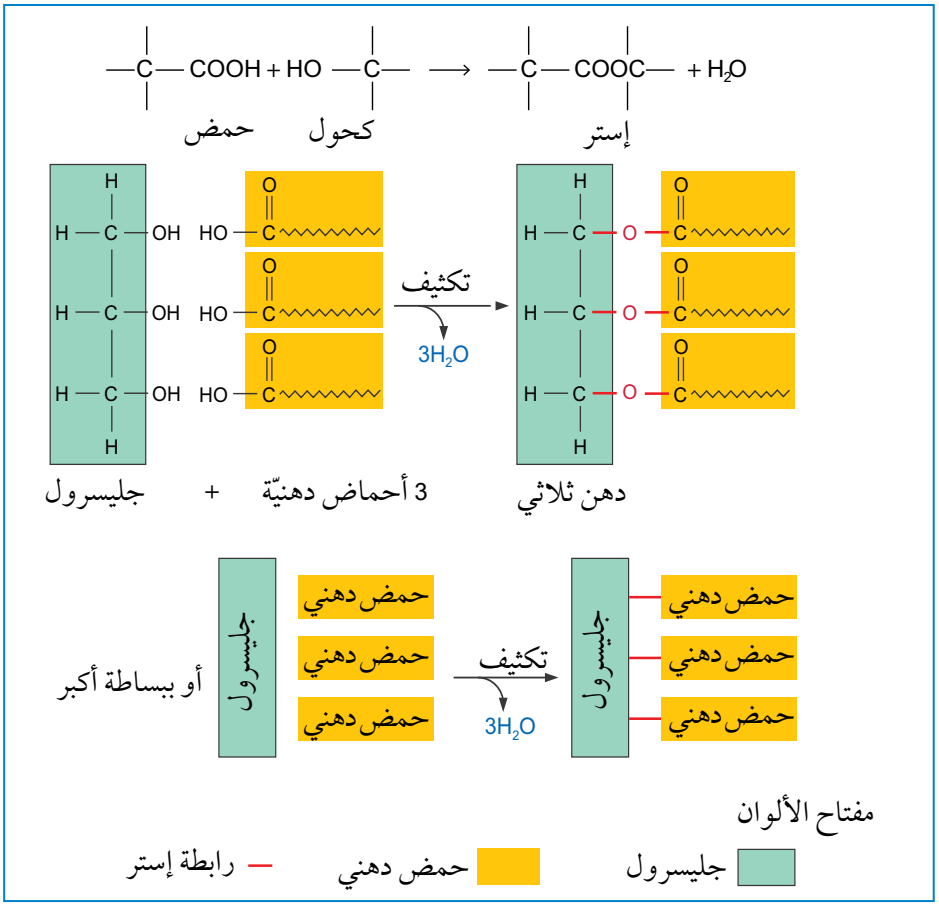
الكحولات والإسترات

الكحولات Alcohols سلسلة من الجزيئات العضويّة تحتوي على مجموعة هيدروكسيل OH– ترتبط بذرّة كربون. الجليسرول كحول يحتوي على ثلاث مجموعات هيدروكسيل (الشكل ٢-١١).

ينتج من التفاعل بين الحمض والكحول مادة كيميائيّة تسمّى إستر Ester، ويسمّى الرابط الكيميائي بين الحمض والكحول **رابطة الإستر** Ester bond.

مصطلحات علمية

رابطة الإستر Ester bond: رابطة كيميائيّة تمثّل بالشكل –COO– وتتكوّن عندما يتفاعل الحمض مع الكحول.



الشكل ٢-١١ تكوين الدهن الثلاثي من الجليسرول وثلاثة جزيئات أحماض دهنيّة

تتفاعل مجموعة COOH– جُزيء الحمض مع مجموعة OH– جُزيء الكحول لتكوين رابطة إستر –COO– في تفاعل تكثيف ينتج فيه الماء. يمكن أن يتحوّل الإستر الناتج مرّة أخرى إلى حمض وكحول بتفاعل عكسي يضاف فيه الماء، وهو تفاعل يسمّى التحلّل المائي.

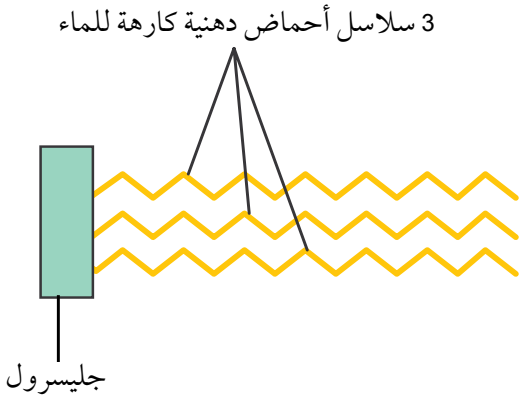
مصطلحات علمية

الدهون الثلاثية Triglycerides: نوع من الدهون يتكوّن عند ارتباط ثلاثة جزيئات أحماض دهنيّة مع الجليسرول، وهو كحول به ثلاث مجموعات هيدروكسيل (–OH).

الدهون الثلاثية

أكثر الدهون شيوعًا هي **الدهون الثلاثيّة** Triglycerides (الشكل ٢-١٢)، وهي عبارة عن الشحوم والزيوت. الدهن الثلاثي هو إستر يتكون نتيجة اتحاد ثلاثة أحماض دهنية وجليسرول. يحتوي الجليسرول على ثلاث مجموعات هيدروكسيل، يمكن لكل منها المشاركة في تفاعل تكثيف مع حمض دهني واحد. وعندما يتكوّن الدهن الثلاثي كما في

الشكل (٢-١١)، فإن الجُزيء النهائي يكون محتويًا على سلسلة ثلاثة أحماض دهنيّة وثلاث روابط إسترية. ويمكن أن يختلف طول السلسلة اعتمادًا على الأحماض الدهنيّة المستخدمة. الدهون الثلاثيّة غير قابلة للذوبان في الماء، لكنها قابلة للذوبان في بعض المذيبات العضويّة مثل الإيثانول، وذلك لأن سلسلة الهيدروكربون غير قطبيّة، لا تتضمّن توزيعًا متساويًا للشحنة الكهربائيّة. وبالتالي، فهي كارهة للماء ولا تختلط بحريّة مع جزيئات الماء. يبيّن الشكل ٢-١٢ رسمًا تخطيطيًا مبسّطًا للدهون الثلاثيّة.



الشكل ٢-١٢ تمثيل تخطيطي لجُزيء دهن ثلاثي

وظائف الدهون الثلاثيّة

تمثّل الدهون الثلاثيّة مخزونًا عاليًا للطاقة لأنها تحتوي على عدد كبير من روابط الكربون-الهيدروجين، والذي يفوق عدد تلك الموجودة في الكربوهيدرات. وينتج عن أكسدة كتلة معيّنة من الدهون الثلاثية مقدارًا من الطاقة أكثر ممّا تعطيه الكتلة نفسها من الكربوهيدرات.

تخزّن الدهون الثلاثيّة في عدة أماكن من جسم الإنسان، بخاصة تحت الجلد وحول الكليتَين. والدهون الثلاثيّة الموجودة تحت الجلد تعمل كعازل يحول دون فقدان الحرارة. وتلك الموجودة في الحيوانات مثل الحيتان، تؤدّي وظيفة مماثلة، إضافة إلى مساعدتها على الطفو فوق سطح الماء.

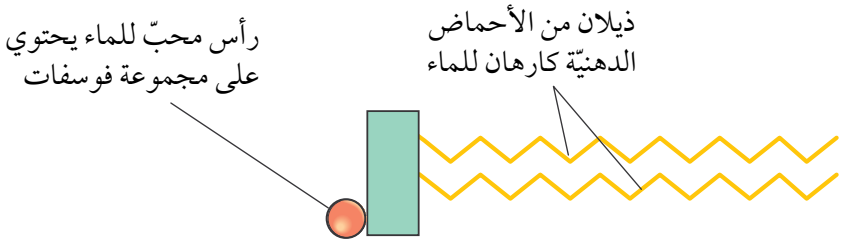
الصورة ٢-٣ يحصل جرذ الصحراء الكنغري على الماء من أيض الطعام

والدهون الثلاثيّة مصدر لماء الأيض، فعندما تتأكسد في التنفس، تتحوّل إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. ولهذا الماء أهميّة في المواطن البيئيّة شديدة الجفاف. فعلى سبيل المثال: لا يشرب جرذ الصحراء الكنغري الصورة ٢-٣ الماء مطلقًا، بل يعتمد في بقائه على ماء الأيض من الأطعمة المحتوية على الدهون الثلاثيّة.

الدهون المفسفرة

الدهون المفسفرة Phospholipids نوع خاص من الدهون، يتّصف الجُزيء فيها بخاصيّة غير اعتياديّة تتمثّل بكون إحدى نهايتَيه (طرفَيه) لها قابلية الذوبان في الماء. ويعود ذلك إلى أن مجموعة فوسفات حلّت محل أحد جزيئات الأحماض الدهنيّة الثلاثة. وهذه المجموعة قطبيّة، ويمكنها بالتالي الذوبان في الماء. فمجموعة الفوسفات محبّة للماء، وتكوّن رأس الدهن المفسفر المحبّ للماء.

ما زال ذَيلا الهيدروكربون المتبقّيان كارهَين للماء (الشكل ٢-١٣)، ستظهر الأهمية البيولوجية لهذا الترتيب للرأس المحب للماء وللذيول الكارهة للماء عندما تدرس تركيب أغشية الخلايا في الصف ١١ الفصل الدراسي الثاني.



الشكل ٢-١٣ تمثيل تخطيطي لجُزيء دهن مفسفر. قارن هذا بالشكل ٢-١٢

٤.٢ البروتينات

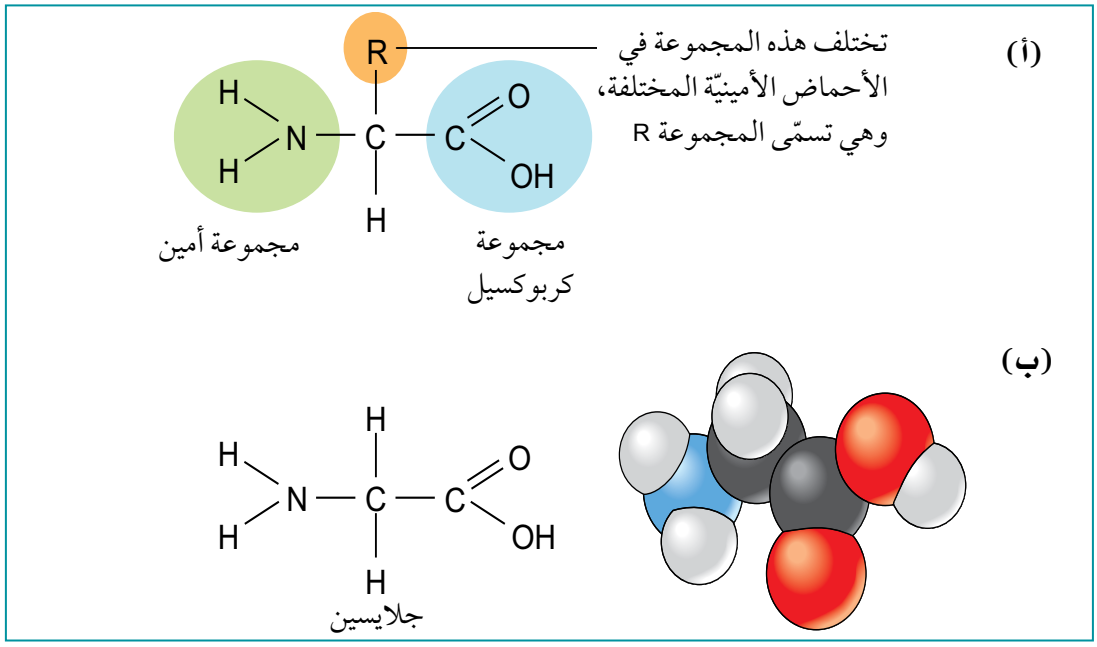
البروتينات Proteins نوع من الجُزيئات الحيوية العملاقة في الكائنات الحيّة ومهمّة لها، إذ تمثل البروتينات أكثر من 50 % من الكتلة الجافة لمعظم الخلايا. وللبروتينات عدة وظائف مهمّة للجسم هي:

- معظم الإنزيمات هي بروتينات.
- البروتينات مكوّنات أساسيّة لأغشية الخليّة.
- بعض الهرمونات هي بروتينات على سبيل المثال الإنسولين والجلوكاجون.
- الصبغات الحاملة للأكسجين، الهيموجلوبين والميوجلوبين هي بروتينات.
- الأجسام المضادة التي تهاجم الكائنات الحيّة الدقيقة وتدمّرها هي بروتينات.
- الكولاجين بروتين يكسب العديد من أنسجة الحيوان القوّة، مثل العظام وجدران الشرايين.
- الشعر والأظفار والطبقات السطحيّة من الجلد تحتوي على بروتين الكيراتين.
- الأكتين والميوسين هي البروتينات المسؤولة عن انقباض العضلات.
- بروتينات التخزين على سبيل المثال الكازين في الحليب والألبومين (الزلال) في بياض البيض.

وبالرغم من التنوّع الهائل في وظائف البروتينات، فإنها تتكوّن جميعها من المونمرات الأساسيّة نفسها، وهي الأحماض الأمينيّة.

الأحماض الأمينيّة

يبيّن الشكل ٢- ١٤ التركيب العام لجميع الأحماض الأمينيّة، وتركيب الجلايسين، الذي هو أبسط حمض أميني. لجميع الأحماض الأمينيّة ذرّة كربون مركزيّة ترتبط بمجموعة أمين $-NH_2$ ومجموعة الكربوكسيل الحمضية (COOH–)، واللتَين تعطيان للأحماض الأمينيّة اسمها. المكوّن الثالث الذي يرتبط دائمًا بذرّة الكربون هو ذرّة الهيدروجين. تختلف الأحماض الأمينيّة عن بعضها بالمجموعة الرابعة من الذرّات المرتبطة بالكربون المركزي، وتسمّى المجموعة R.

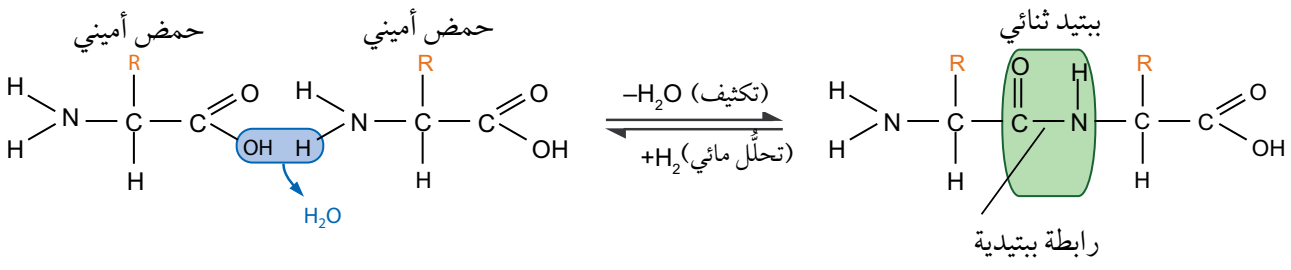


الشكل ٢-١٤ (أ) التركيب العام للحمض الأميني. (ب) تركيب أبسط حمض أميني جلايسين، والذي فيه الهيدروجين هو المجموعة R

مرفق الملحق 1 لـ 20 حمضًا أمينيًا في نهاية الكتاب. وهو يبيّن المجموعات R لكل نوع من الأحماض الأمينية المختلفة التي توجد في جميع بروتينات الكائنات الحيّة، ولا يطُلب تذكّرها. يبيّن الملحق أيضًا الاختصارات المكوّنة من ثلاثة أحرف لأسماء الأحماض الأمينيّة باللغة الإنجليزية، وهناك العديد من الأحماض الأمينيّة الأخرى التي جرى تصنيعها في المختبرات.

الرابطة الببتيديّة

يبيّن الشكل ٢-١٥ كيف يرتبط حمضان أمينيان أحدهما بالآخر، حيث يفقد أحدهما مجموعة هيدروكسيل (OH–) من مجموعة الكربوكسيل، ويفقد الآخر ذرّة هيدروجين من مجموعة الأمين. وينتج عن ذلك وجود ذرّة كربون من الحمض



الشكل ٢-١٥ ترتبط الأحماض الأمينيّة معًا بفقدان جُزيء ماء لتكوين رابطة ببتيديّة

الأميني الأول حرّة يمكّنها الارتباط مع ذرّة نيتروجين من الحمض الثاني في **رابطة ببتيديّة Peptide bond**. وتكوّن ذرّة الأكسجين وذرّتا الهيدروجين المزالتان من الحمضَين الأمينيَين جُزيء ماء. وقد تعرّفت على دور تفاعلات التكثيف في تكوين روابط جلايكوسيدية (الشكل ٢-٥)، وفي تكوين الدهون الثلاثيّة (الشكل ٢-١١).

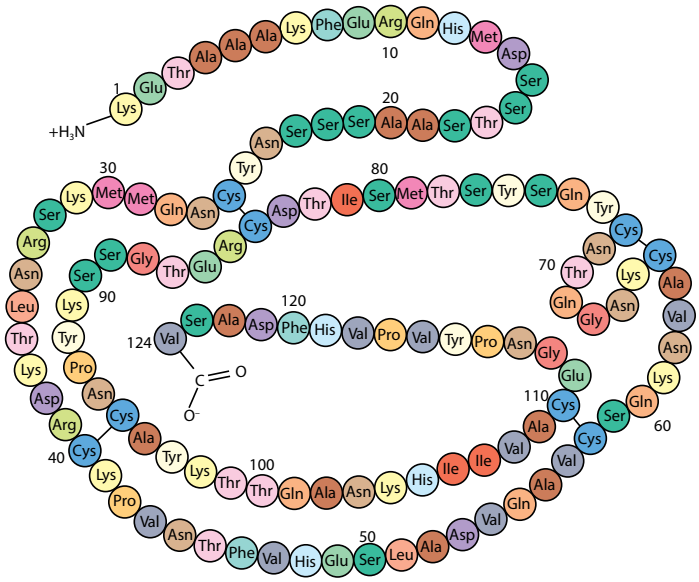
الجُزيء الجديد المتكوّن من حمضَين أمينيَّين مرتبطَين يسمّى الببتيد الثنائي Dipeptide. ويسمّى الجُزيء المكوّن من عدة أحماض أمينيّة ترتبط معًا بروابط ببتيديّة **عديد الببتيد Polypeptide**. عديد الببتيد مثال آخر على البوليمر والجُزيء الكبير مثل عديد التسكر. وقد يتكوّن البروتين من سلسلة عديد الببتيد واحدة فقط، أو قد يتكوّن من سلسلتَين أو من عدة سلاسل.

في الخلايا الحية، يتمّ بناء البروتين في الرايبوسومات (ستدرسه بالتفصيل في الصف الثاني عشر).

يمكن أن تتفكّك البروتينات إلى أحماض أمينيّة بكسر الروابط الببتيديّة، في تفاعل تحلّل مائي يتضمّن إضافة الماء (الشكل ٢-١٥). ويحدث هذا التفاعل بشكل طبيعي في المعدة والأمعاء الدقيقة أثناء هضم البروتينات في الطعام، ومن ثم يتمّ امتصاص الأحماض الأمينية الناتجة إلى مجرى الدم.

التركيب الأولي

قد يحتوي جُزيء عديد الببتيد أو البروتين على عدة مئات من الأحماض الأمينيّة المرتبطة في سلسلة طويلة. وتسمّى أنواع الأحماض الأمينيّة في السلسلة والتسلسل الذي توجد فيه **التركيب الأولي Primary structure** (الشكل ٢-١٦).



الشكل ٢-١٦ التركيب الأولي للرايبونيوكليز. وهو إنزيم يوجد في العصارة البنكرياسية، الذي يقوم بالتحلل المائي لـ RNA. لاحظ وجود مجموعة أمين ($-NH_3^+$) في أحد طرفَي سلسلة الحمض الأميني، ووجود مجموعة كربوكسيل ($-COO^-$) في الطرف الآخر. وتُعرف هاتان المجموعتان بطرفَي الأمين والكربوكسيل أو بالنهايتَين N و C على التوالي. لاحظ الاختصارات المكوّنة من ثلاثة أحرف للأحماض الأمينيّة، وهي موضحة في الملحق 1

مصطلحات علمية

الرابطة الببتيديّة Peptide bond: رابطة تساهمية تربط الأحماض الأمينيّة المتجاورة معًا في البروتينات. وهي رابطة C-N بين جُزيئَين من الأحماض الأمينيّة تشكّلت بتفاعل تكثيف.

عديد الببتيد Polypeptide: سلسلة طويلة من الأحماض الأمينيّة تكوّنت بتفاعلات تكثيف بين أحماض أمينيّة مفردة ارتبطت معًا بروابط ببتيدية. تتكوّن البروتينات من سلسلة عديد ببتيد واحدة أو من عدة سلاسل.

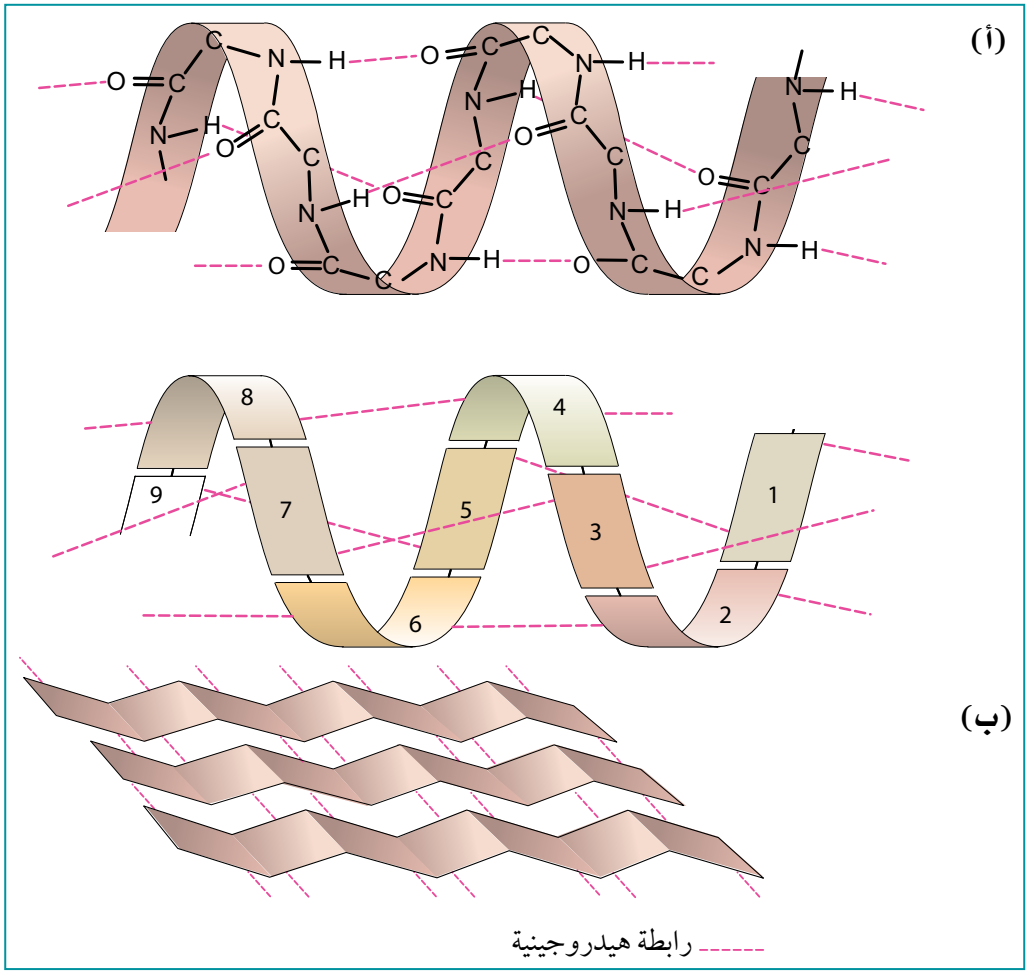
التركيب الأولي Primary structure: تسلسل الأحماض الأمينيّة في عديد الببتيد أو البروتين.

يوجد عدد هائل من الاحتمالات المختلفة للتراكيب الأوليّة. وتغيير حمض أميني واحد في سلسلة مكوّنة من آلاف الأحماض الأمينيّة قد يغيّر خصائص عديد الببتيد أو البروتين.

التركيب الثانوي

قد تؤثر الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد بعضها على بعض عندما تنطوي السلسلة. يوضح الشكل ٢-١٧أ كيف يمكن أن تنطوي سلسلة عديد الببتيد على شكل حلزوني يسمى **ألفا (α)- اللولبي α-helix** . يتم تثبيت هذا الشكل في مكانه بواسطة روابط هيدروجينية بين أكسجين مجموعة (C=O) لأحد الأحماض الأمينية والهيدروجين في مجموعة (NH–) للحمض الأميني المتقدم أربعة مراتب عنه، أي أنه يسبقه بثلاثة أحماض أمينية كما هو موضح في الشكل ٢-١٧أ، حيث الأرقام من 1 إلى 9 تشير إلى وحدات الأحماض الأمينية.

يمكن أن تؤدي الرابطة الهيدروجينية في بعض الأحيان، إلى أن قطعتَين أو أكثر من سلسلة عديد الببتيد تصطفان إحداهما بجانب الأخرى وتكوّنان تركيبًا مستويًا (مسطح) يسمى صفيحة **بيتا(β)- المطوية (المثناة) β–pleated sheet** (الشكل ٢-١٧ب). في بعض الأحيان



الشكل ٢-١٧ التركيب الثانوي للبروتين. (أ) تركيب ألفا(α)- اللولبي. لا تظهر فيه المجموعات R. (ب) صفيحة بيتا (β) -المطوية تركيب ثانوي آخر شائع. يحافظ كلا التركيبَين على شكله من خلال روابط هيدروجينيّة بين الأحماض الأمينيّة

مصطلحات علمية

ألفا (α) - اللولبي
α–helix: تركيب لولبي يتكوّن من سلسلة عديد الببتيد مثبّتة في مكانها بروابط هيدروجينيّة. ألفا-اللولبي مثال على التركيب الثانوي في البروتين.

صفيحة بيتا (β) - المطوية (المثناة)
β-Pleated sheet: تركيب يشبه الصفيحة يتكوّن من رابطة هيدروجينيّة بين سلسلتَي عديد ببتيد متوازيتَين. صفيحة-بيتا المطوية مثال على التركيب الثانوي في البروتين.

لا يوجد ترتيب منتظم لعديد الببتيد. كل هذا يتوقف على مجموعات R الموجودة في سلسلة عديد الببتيد. يمكن تمثيل بروتين ألفا(α)- اللولبي في الرسوم التوضيحية على شكل لفائف أو أسطوانات، بينما تمثل: صفائح بيتا (β)- المطوية على شكل أسهم، واللفائف غير المنتظمة على شكل أشرطة (الشكلان ٢-١٨ و٢-١٩).

يسمى الشكل الذي تنطوي به سلسلة عديد الببتيد **بالتركيب الثانوي** **Secondary structure** للبروتين. يمكن أن يتأثر التركيب الثانوي بالتغيرات في درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني pH، حيث يسهل تفكيك الروابط الهيدروجينية. ويترتب على ذلك عواقب كبيرة على الكائنات الحية.

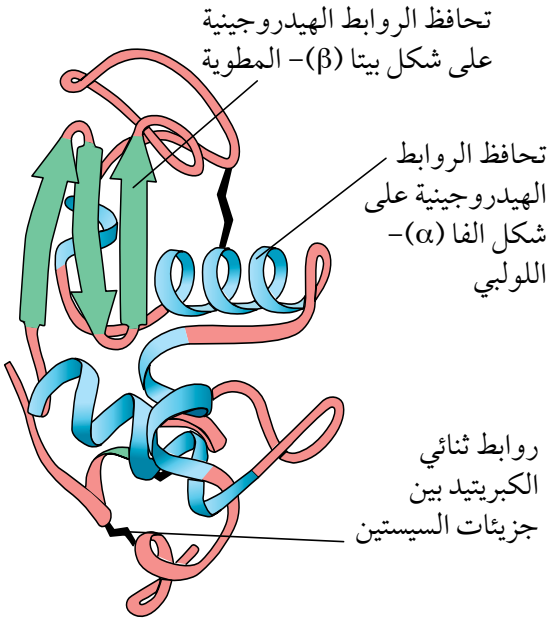
التركيب الثالثي

في العديد من البروتينات، يكون التركيب الثانوي نفسه ملتفًا أو مثبتًا في مكانه بواسطة التفاعلات المختلفة بين الأحماض الأمينية في أجزاء مختلفة من سلسلة عديد الببتيد، لتكوين تركيب ثلاثي الأبعاد. يوضح الشكلان ٢-١٨ و٢-١٩ أمثلة على **التركيب الثالثي** **Tertiary structure** للبروتين.

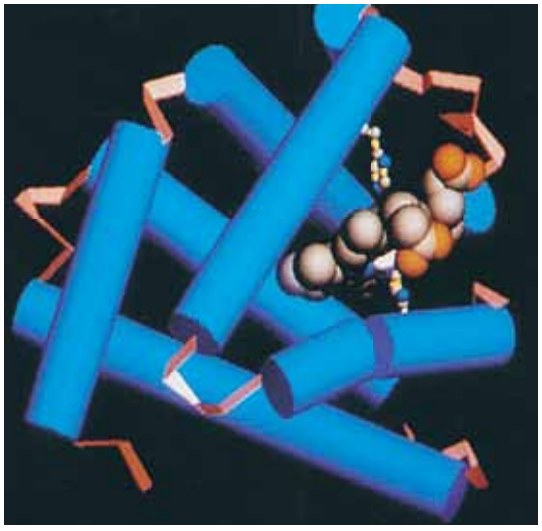
مصطلحات علمية

التركيب الثانوي Secondary structure: تركيب جُزيء البروتين الناتج من الالتفاف أو الطي المنتظم لسلسلة الأحماض الأمينيّة ليكون ألفا (α)- اللولبي أو صفيحة بيتا (β) - المطوية (المشاة).

التركيب الثالثي: Tertiary structure: تركيب متراص لجُزيء البروتين ينتج من التفاف ثلاثي الأبعاد لسلسلة الأحماض الأمينيّة.



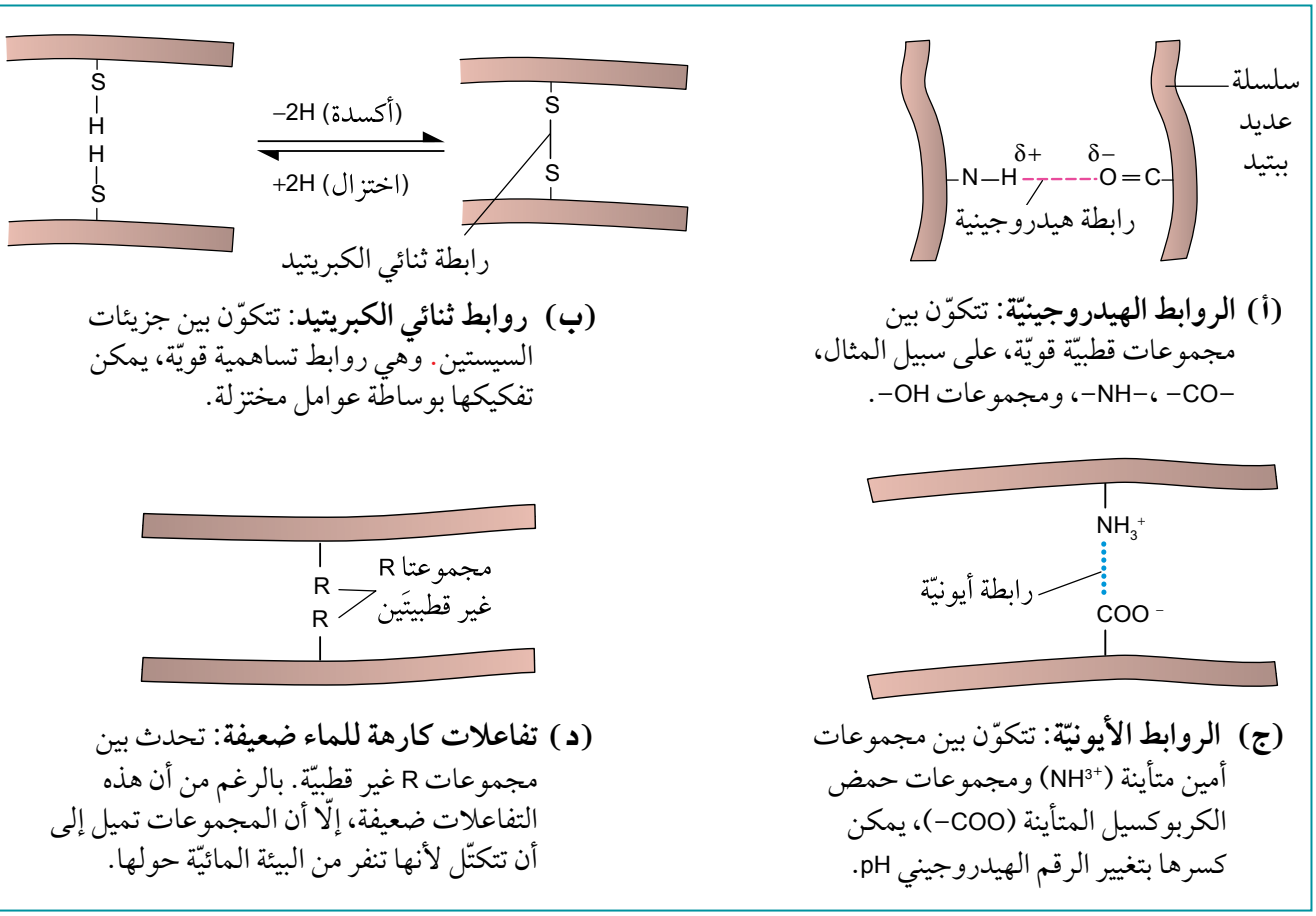
الشكل ٢-١٨ التركيب الثانوي والثالثي لليزوزيم. يبدو ألفا (α)- اللولبي على شكل لفائف زرقاء، وصفيحة بيتا (β)- المطوية على شكل أسهم خضراء، ولفائف عشوائيّة على شكل أشرطة حمراء، والتعرجات السوداء هي روابط ثنائي الكبريتيد



الشكل ٢-١٩ رسم حاسوبي يبيّن التركيبَين الثانوي والثالثي لجُزيء الميوجلوبين. الميوجلوبين هو المادة التي تُكسب اللحوم لونها الأحمر، وهي توجد في العضلات، حيث تعمل كجُزيء يختزن الأكسجين. الأسطوانات الزرقاء هي ألفا (β)- اللولبي، وهي مرتبطة بأجزاء سلسلة عديد الببتيد، والتي هي لفائف غير منتظمة (تبدو باللون الأحمر)، وفي يمين الوسط مجموعة هيم تحتوي على الحديد

يبيّن الشكل ٢-٢٠ الأنواع الأربعة للروابط أو التفاعلات التي تحدث، وقد عرضت بشكل منفصل للتوضيح:

- الروابط الهيدروجينيّة ضعيفة بمفردها، لكن وجود مجموعة منها معًا يمكن أن يشكّل تركيبًا قويًا. ويمكن أن تتكوّن بين مجموعة متنوّعة من مجموعات R (الشكل ٢-٢٠أ).
- روابط ثنائي الكبريتيد تتكوّن بين مونمرَين من الحمض الأميني السيستين Cysteine؛ وكلاهما يحتويان على ذرّات الكبريت Sulfer. تتكوّن رابطة ثنائي الكبريتيد عندما ترتبط ذرّات الكبريت المتجاورة للسيستين معًا برابطة تساهمية، وهذه رابطة قويّة (الشكل ٢-٢٠ب). (حاول تحديد روابط ثنائي الكبريتيد الأربع في الرايبونيوكليز في الشكل ٢-١٦).
- الروابط الأيونيّة بين مجموعات R تحتوي على مجموعات أمين وكربوكسيل (أي أحماض أمينيّة فيها مجموعات R تحتوي على مجموعات أمين أو كربوكسيل) (الشكل ٢-٢٠ج).
- تحدث تفاعلات كارهة للماء بين مجموعات R غير القطبيّة. مجموعات R هذه كارهة للماء، لذا تميل إلى تجنّب الماء ما أمكن. إذا وجد البروتين في بيئة مائيّة نموذجيّة داخل الخليّة، تميل مجموعات R الكارهة للماء إلى أن تتجمّع بدون الماء. يتأثّر الشكل العام للعديد من البروتينات بهذه التفاعلات الكارهة للماء (الشكل ٢-٢٠د).
- تكون مجموعات R الكاره للماء متجهة عادة باتجاه مركز البروتينات بعيدة عن مواجهة البيئة المائيّة الخارجيّة، وتكون مجموعات R المحبّة للماء محيطة بها، ومتجهة إلى الخارج وعلى اتصال مع البيئة المائيّة.



(أ) الروابط الهيدروجينيّة: تتكوّن بين مجموعات قطبيّة قويّة، على سبيل المثال، −CO−، −NH−، ومجموعات OH−.

(ب) روابط ثنائي الكبريتيد: تتكوّن بين جزيئات السيستين. وهي روابط تساهمية قويّة، يمكن تفكيكها بوساطة عوامل مختزلة.

(ج) الروابط الأيونيّة: تتكوّن بين مجموعات أمين متأينة (NH^{3+}) ومجموعات حمض الكربوكسيل المتأينة (−COO)، يمكن كسرها بتغيير الرقم الهيدروجيني pH.

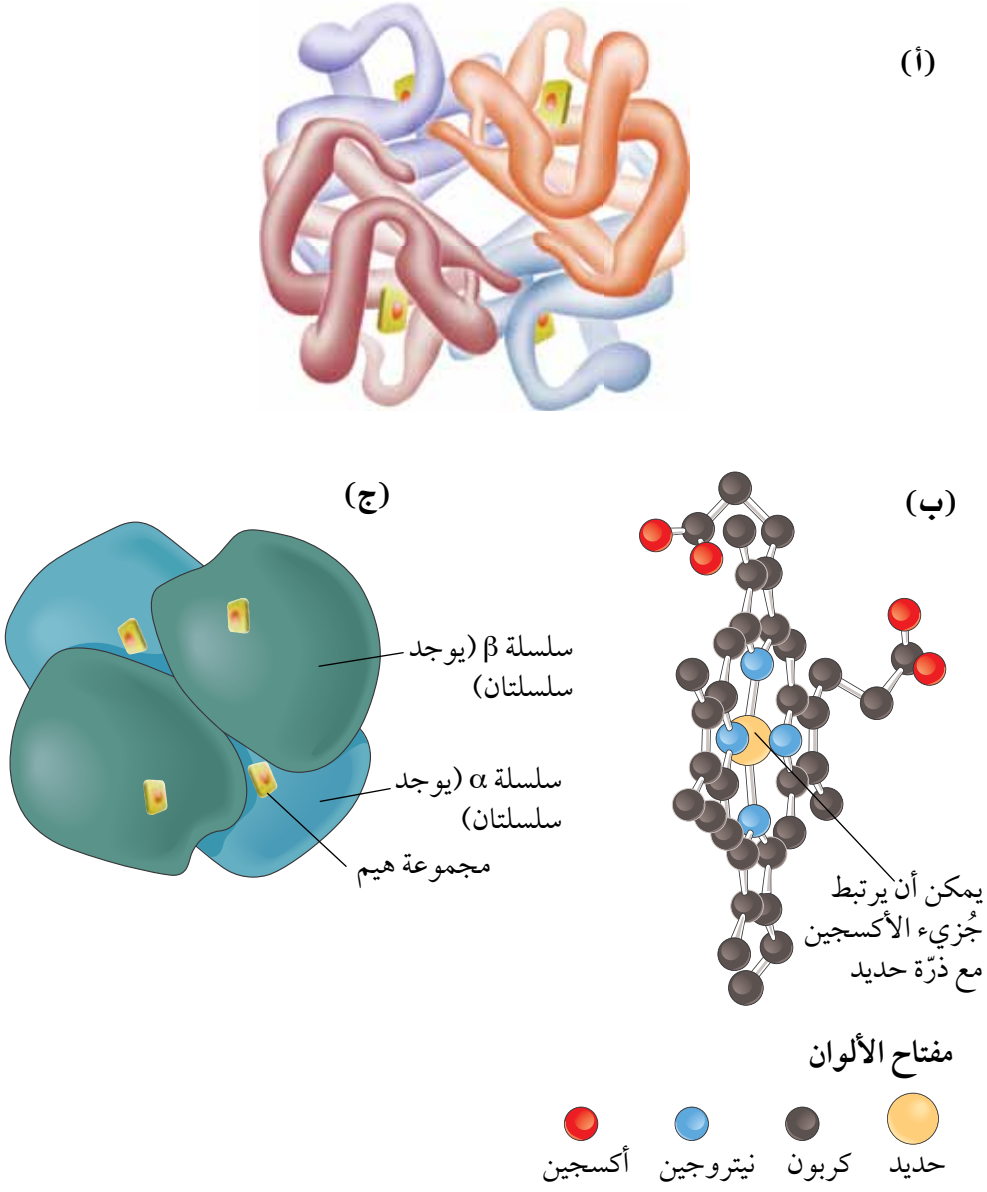
(د) تفاعلات كارهة للماء ضعيفة: تحدث بين مجموعات R غير قطبيّة. بالرغم من أن هذه التفاعلات ضعيفة، إلّا أن المجموعات تميل إلى أن تتكتّل لأنها تنفر من البيئة المائيّة حولها.

الشكل ٢-٢٠ الأنواع الأربعة من الروابط المهمّة في تركيب البروتين الثالثي: (أ) الرابطة الهيدروجينية، وهي مهمّة أيضًا في التركيب الثانوي. (ب) روابط ثنائي الكبريتيد. (ج) الروابط الأيونيّة. (د) التفاعلات الكارهة للماء

التركيب الرابعي

تتكوّن العديد من جزيئات البروتين من سلسلتَي عديد ببتيد أو أكثر. ويسمّى التركيب العام المتكوّن من سلاسل عديدة الببتيد المختلفة **التركيب الرابعي** **Quaternary structure** للبروتين، ومثاله **الهيموجلوبين** **Haemoglobin**. يحتوي جُزيء الهيموجلوبين على أربع سلاسل عديدة الببتيد (الشكل ٢-٢١).

ترتبط التراكيب الرابعية معًا بالأنواع الأربعة نفسها من الروابط كما في التراكيب الثالثية.



الشكل ٢-٢١ الهيموجلوبين. (أ) يحتوي كل جُزيء هيموجلوبين على أربع سلاسل عديد ببتيد. تبدو سلسلتا α (ألفا) بالأرجواني والأزرق، وسلسلتا β (بيتا) بالبني والبرتقالي. تحتوي كل سلسلة عديد ببتيد على حلقة هيم تبدو بالأصفر والأحمر. (ب) تحتوي مجموعة الهيم على ذرّة حديد، والتي يمكن أن ترتبط بشكل عكسي مع جُزيء الأكسجين. (ج) جُزيء الهيموجلوبين الكامل شبه كروي

مصطلحات علمية

التركيب الرابعي
Quaternary structure: الترتيب ثلاثي الأبعاد لسلسلتَين أو أكثر من عديد ببتيد، أو من عديد ببتيد ومكوّن غير بروتيني مثل الهيم، في جُزيء البروتين.

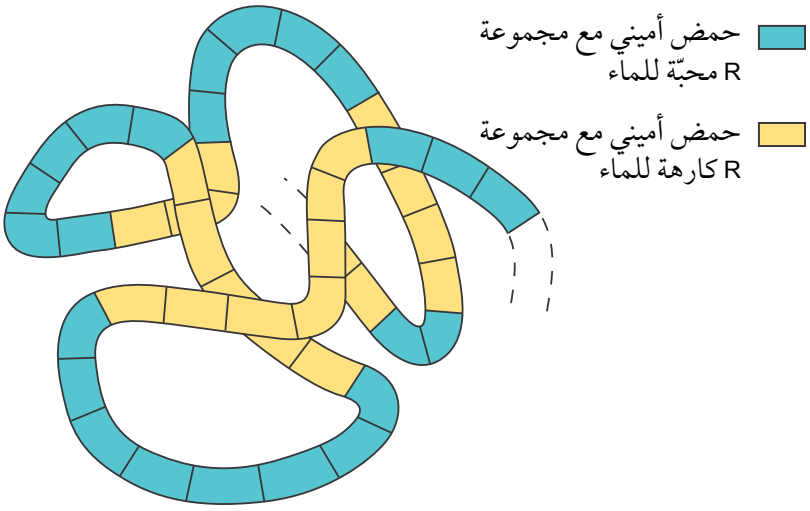
الهيموجلوبين
Haemoglobin: الصبغة الحمراء الموجودة في خلايا الدم الحمراء، والتي تحتوي جزيئاتها على أربع ذرّات حديد داخل بروتين كروي مكوّن من أربع سلاسل عديدة الببتيد. وهو مرتبط بشكل عكسي مع الأكسجين.

البروتينات الكرويّة والبروتينات الليفيّة

يسمّى البروتين الذي تلتف جزيئاته لتكون على شكل كرة، مثل الهيموجلوبين أو الميوجلوبين، **بروتينًا كرويًا** **Globular protein**. تلتف البروتينات الكرويّة عادة بحيث تتجه مجموعات R الكارهة للماء غير القطبيّة فيها نحو مركز الجُزيء، بعيدًا عن البيئة المائيّة المحيطة. وبذلك تكون جزيئات الماء مفصولة عن مركز جُزيء البروتين الملتف. وتبقى مجموعات R المحبّة للماء القطبيّة إلى الخارج من الجُزيء. لذلك، تكون البروتينات الكرويّة عادة قابلة للذوبان في الماء، لأن جزيئات الماء تتجمّع حول مجموعات R المحبّة للماء المتجهة إلى الخارج (الشكل ٢-٢٢).

مصطلحات علمية

البروتين الكروي
Globular protein:
بروتين جزيئاته ملتفة على شكل شبه كروي، وغالبًا ما تكون له أدوار وظيفيّة، كما يكون قابلًا للذوبان في الماء، وله نشاط أيضي. مثل الأنسولين والهيموجلوبين والإنزيمات.



الشكل ٢ - ٢٢ مقطع في جزء من جُزيء بروتين كروي. تلتف سلسلة عديد الببتيد مع مجموعات R محبّة للماء إلى الخارج، ومجموعات R كارهة للماء إلى الداخل، ويجعل هذا الترتيب الجُزيء قابلًا للذوبان في الماء

للعديد من البروتينات الكرويّة دور في تفاعلات الأيض، فشكلها المحدّد مفتاح عملها. الإنزيمات، هي أحد البروتينات الكروية.

الكثير من جزيئات البروتين لا تلتف على شكل كرة، بل يكوّن خيوطًا طويلة، وهذه تسمّى البروتينات الليفيّة. البروتينات الليفية عادة ليست قابلة للذوبان في الماء، ومعظمها له أدوار تركيبيّة. على سبيل المثال، البروتين الليفي كيراتين يكوّن الشعر والأظافر والطبقات الخارجيّة من الجلد، ويجعل هذه التراكيب مقاومة للماء. الكولاجين، مثال آخر على البروتين الليفي.

الهيموجلوبين- بروتين كروي

الهيموجلوبين هو الصبغة الحاملة للأكسجين الموجودة في خلايا الدم الحمراء، وهو بروتين كروي. ولقد عرفت سابقًا أنه مكوّن من أربع سلاسل عديد ببتيد، لذا يتّصف بتركيب رابعي. وتسمّى كل سلسلة بروتين بالجلوبين،

(هناك تشابه بين التركيب الثالثي للهيموجلوين والميوجلوبين بسبب وجود جلوبين في كل منهما) (الشكل ٢-١٩ والشكل ٢-٢١). يوجد ثلاثة أنواع من الجلوبين، نوعان منها يُستخدمان في بناء الهيموجلوبين، ويعرفان بـ ألفا-جلوبين وبيتا-جلوبين. تتكوّن سلسلتا هيموجلوبين من ألفا-جلوبين وتُسمّيان سلسلتَي ألفا، والسلسلتان الأخريان تُسمّيان سلسلتَي بيتا مكوّنتَين من بيتا -جلوبين.

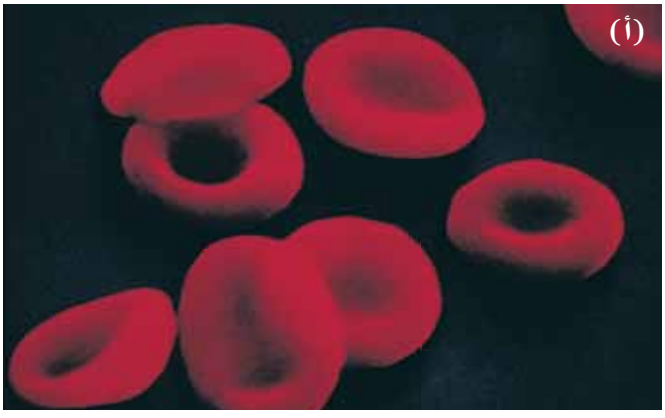
لجُزيء الهيموجلوبين شكل كروي تقريبًا (الشكل ٢-٢١)، تتراصّ فيه سلاسل عديدة الببتيد الأربع في كتلة متماسكة. ومجموعات R الكارهة للماء تتجه نحو مركز الجُزيء، بينما تتجه مجموعات R المحبّة للماء نحو الخارج.

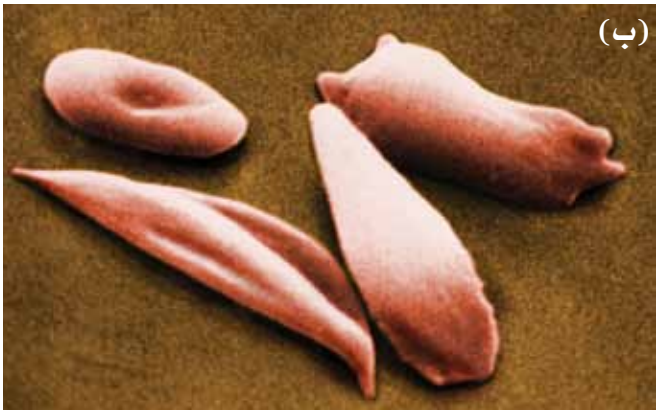
التفاعلات بين مجموعات R الكارهة للماء داخل الجُزيء مهمّة في الحفاظ على شكله الصحيح الثلاثي الأبعاد. ومجموعات R المحبّة للماء المتجهة نحو الخارج على سطح الجُزيء مهمّة في الحفاظ على قابليته للذوبان. في المرض الوراثي المُسمّى فقر الدم المنجلي، يستبدل حمض أميني قطبي واحد على سطح سلسلة بيتا بحمض أميني آخر. يغيّر هذا الاستبدال من طي جزيء الهيموجلوبين ويجعله أقل قابليّة للذوبان، ويسبّب أعراضًا مضرّة وخطرة (الصورة ٢-٤).

تحتوي كل من سلاسل عديدة الببتيد الأربع للهيموجلوبين على مجموعة هيم (الشكل ٢-٢١ب). تُعدّ مجموعة الهيم جزءًا أساسيًا ومهمًا في تركيب البروتين على الرغم من أنها ليست مكوّنة من أحماض أمينيّة، وتسمّى مجموعة مساعدة Prosthetic group.

تحتوي كل مجموعة هيم على ذرّة حديد. يمكن أن يرتبط جُزيء أكسجين واحد مع كل ذرّة حديد، لذا يمكن لجُزيء هيموجلوبين كامل، مع أربعة جزيئات هيم، حمل أربعة جزيئات أكسجين (ثماني ذرّات أكسجين) في الوقت نفسه.

مجموعة الهيم مسؤولة عن لون الهيموجلوبين. ويتغيّر هذا اللون بناء على ارتباط ذرّات الحديد بالأكسجين أو عدم ارتباطها. فإذا كانت مرتبطة، يسمّى الجُزيء أوكسيهيموجلوبين ويكون بلون الأحمر الفاتح. وإذا لم تكن مرتبطة يكون اللون أحمر مائلًا إلى الزرقة.





الصورة ٢-٤ (أ) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لخليّة دم حمراء في الإنسان (**X 3300**). تحتوي كل خليّة على **250** مليون جُزيء هيموجلوبين. (ب) صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لخليّة دم حمراء لشخص مصاب بفقر الدم المنجلي. يمكن ملاحظة خليّة طبيعيّة وثلاث خلايا مصابة بالمرض (**X 3300**)

الكولاجين- بروتين ليفي

الكولاجين Collagen هو البروتين الأكثر توافرًا في الإنسان والحيوانات. وهو **بروتين ليفي Fibrous protein** غير قابل للذوبان (الشكل ٢-٢٣ والصورتان ٢-٥ و ٢-٦)، يوجد في الجلد، والأوتار، والغضاريف، والعظام، والأسنان، وجدران الأوعية الدمويّة.

يتكوّن جُزيء الكولاجين من ثلاث سلاسل عديد ببتيد. ترتبط السلاسل الثلاث معًا بروابط هيدروجينيّة وبعض الروابط التساهمية (الشكل ٢-٢٣أ و ب).

ويتفاعل كل جُزيء كولاجين ثلاثي السلاسل عديدة الببتيد مع جزيئات الكولاجين المجاورة والممتدة بشكل مواز له (الشكل ٢-٢٣ج). تربط الروابط التساهمية الجزيئات المتجاورة هذه مكوّنة ليفيات. وتشكل العديد من الليفيات معًا ألياف الكولاجين.

ميزة الكولاجين أنه مرن، لكنه في الوقت نفسه يتّصف بقوّة شدّ هائلة. أيّ أنه قادر على تحمّل قوى سحب كبيرة من دون أن يتمدَّد أو ينكسر. تصطف الألياف في الأوتار في حزم متوازية على طول الوتر، في اتجاه قوة الشد (التوتر). ويمكن أن يتحمل وتر العرقوب Achille tendon عند الإنسان قوّة سحب تبلغ 300 نيوتن للمليمتر المربّع الواحد في مساحة المقطع العرضي، توازي ربع قوّة شدّ الفولاذ المعتدل تقريبًا.

وتشكّل ألياف الكولاجين في الجلد طبقات، تمتدّ كل طبقة في اتجاه مختلف باتجاهات مختلفة في الطبقات المختلفة، كالسليلوز في جدران الخلايا النباتية؛ وهكذا يمكن للجلد أن يقاوم قوى الشدّ (التوتر) من عدة اتجاهات.

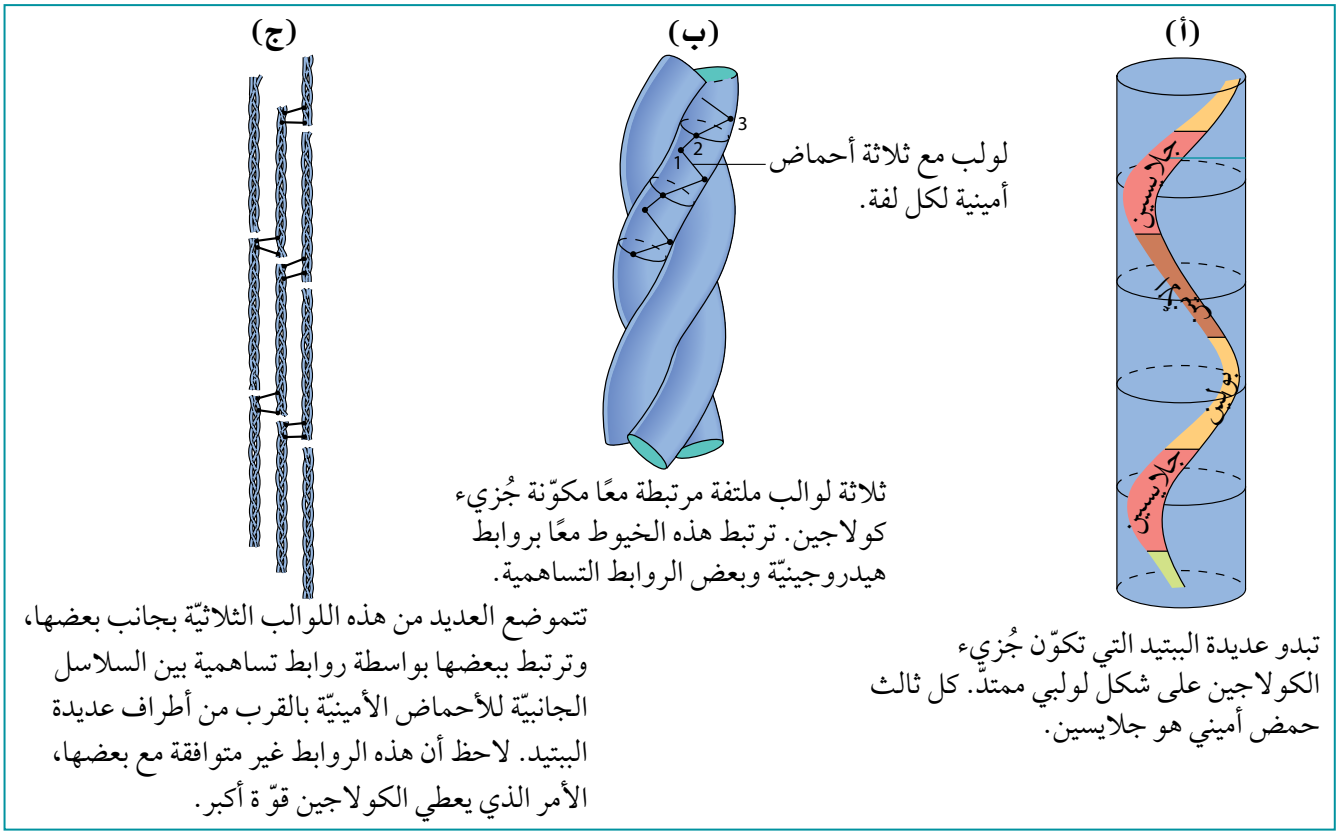
مصطلحات علمية

الكولاجين Collagen: البروتين التركيبي الرئيسي في الإنسان والحيوانات، ويسمّى «الألياف البيضاء». وهو الوحدة الأساسيّة في تكوين الألياف المكوّنة من سلاسل ببتيدات متعددة ثلاثيّة ملتفة حول بعضها مُشكّلةً "لولبًا ثلاثيًا" بقوّة شدّ عالية.

بروتين ليفي Fibrous protein: بروتين تتّصف جزيئاته بأنها طويلة نسبيًا وتركيبها رقيق، وهو بشكل عام غير قابل للذوبان ونشط أيضيًا، ووظيفته تركيبيّة. على سبيل المثال، الكيراتين والكولاجين.

الصورة ٢-٥ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لليفات الكولاجين (X 17000). يتكوّن كل ليف من العديد من اللوالب الثلاثيّة التي تتموضع موازية لبعضها. الشكل المخطط الظاهر نتيجة للطريقة المنتظمة في ترتيب اللوالب، مع فجوات متتالية بين الجزيئات كما في الشكل ٢-٢٣ (ج) تبدو قاتمة

الصورة ٢-٦ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لألياف الكولاجين عند الإنسان (X 2000). يتكوّن كل ليف من ليفيات عديدة متموضعة بجانب بعضها، وهذه الألياف كبيرة بما يكفي لأن تشاهد بالمجهر الضوئي



تبدو عديدة الببتيد التي تكوّن جُزيء الكولاجين على شكل لولبي ممتدّ. كل ثالث حمض أميني هو جلايسين.

ثلاثة لوالب ملتفة مرتبطة معًا مكوّنة جُزيء كولاجين. ترتبط هذه الخيوط معًا بروابط هيدروجينيّة وبعض الروابط التساهمية.

تتموضع العديد من هذه اللوالب الثلاثيّة بجانب بعضها، وترتبط ببعضها بواسطة روابط تساهمية بين السلاسل الجانبيّة للأحماض الأمينيّة بالقرب من أطراف عديدة الببتيد. لاحظ أن هذه الروابط غير متوافقة مع بعضها، الأمر الذي يعطي الكولاجين قوّة أكبر.

الشكل ٢-٢٣ الكولاجين. تبدأ الرسوم التخطيطيّة والصور المجهريّة بأحجام صغيرة جدًا، وتصل إلى أحجام أكبر منها. وهكذا، فإن سلاسل عديدة الببتيد الثلاث مثل تلك التي تبدو في (أ) تكوّن جُزيء الكولاجين الظاهر في (ب) والعديد من جزيئات الكولاجين المكوّنة لليف تبدو في(ج)

أسئلة

٦ اذكر **ثلاثة** أوجه تشابه وثلاثة أوجه اختلاف بين السليلوز والكولاجين.

٧ انقل الجدول أدناه على دفترك، واملأ الفراغات في العمود الثاني من الجدول باستخدام المصطلحات الآتية:

محب للماء هيموجلوبين رابطة أيونية
كاره للماء سكر ثنائي رابطة ثنائي الكبريتيد

كوّن مع زميلك جدولاً مماثلاً بجمل مختلفة تعتمد على الموضوعات الواردة في هذا الفصل. طبّقه على طلبة آخرين.

٨ لقد ناقشت مسألة طَيّ البروتين الواردة في بداية الوحدة كيف يحاول العلماء التنبّؤ بالأشكال النهائيّة للبروتينات اعتمادًا على معرفتهم بتراكيبها الأوليّة. ما المعلومات المتوافرة عن الأحماض الأمينيّة والبروتينات التي قد تكون ذات صلة لوضعها في برنامج كمبيوتر يعمل لتكوين هذه التنبّؤات؟

الوصف	المصطلح
مصطلح عن النفور من الماء	
يتفكّك من خلال تفاعل اختزال	
يتكون عن طريق تفاعل تكثيف	
خاصيّة البروتينات الكرويّة	
لها سلسلتا ألفا وسلسلتا بيتا	
يمكن تفكيكها عن طريق تغيّرات في الرقم الهيدروجيني pH	

٥.٢ الماء

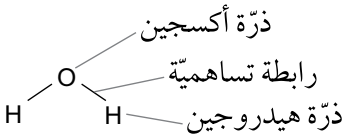
الماء أهمّ مركّب كيميائي حيوي، وبدونه لا توجد حياة على الأرض. وهو مهمّ لسببَين: أولًا، أنه مكوّن رئيسي للخلايا، فعادة ما يمثّل 95%-70% من كتلة الخليّة، و 60% من جسم الإنسان. وثانيًا، أنه يؤمّن بيئة للكائنات الحيّة التي تعيش في الماء، فثلاثة أرباع سطح الأرض مغطّى بالماء.

وبالرغم من أن الماء جُزيء بسيط، إلّا أنه يتّصف ببعض الخصائص المدهشة. على سبيل المثال، يمكن لجزئ الماء أن يوجد في حالة غازية في درجات حرارة الأرض بسبب ارتباطه مع جزئيات ماء أخرى بروابط هيدروجينية. أيضًا الماء سائل يؤمّن وسطًا للجزيئات والأيونات لتختلط، والوسط الذي يمكن أن تتطوّر فيه الحياة.

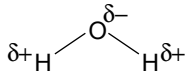
الرابطة الهيدروجينيّة لجزيئات الماء تجعل من الصعب فصل جزيئاته، الأمر الذي يؤثّر على خصائصه الفيزيائيّة. على سبيل المثال: الطاقة اللازمة لكسر الروابط الهيدروجينيّة تجعل من الصعب نسبيًا تحويل الماء من سائل إلى غاز. فإن تحويله أكثر صعوبة من تحويل المركبات المماثلة التي تفتقر إلى الروابط الهيدروجينيّة، مثل كبريتيد الهيدروجين، والذي هو غاز في درجات حرارة الهواء العاديّة.

ثنائيات القطب والروابط الهيدروجينيّة

عندما تتماسك الذرّات في الجزيئات معًا بواسطة الروابط التساهمية، فإن الإلكترونات تتشارك بعضها مع بعض. وكل زوج من الإلكترونات يشكل رابطة تساهمية واحدة. على سبيل المثال: تتشارك كل من ذرّتَي الهيدروجين في جُزيء الماء بزوج من الإلكترونات مع ذرّة أكسجين، مُشكّلة جزيئًا بالصيغة H_2O.

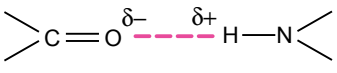


إلّا أنَّه، لا يتم تقاسم الإلكترونات بشكل متساوٍ تمامًا. ففي الماء، تحصل ذرّة الأكسجين على مقدار أكبر بقليل من حصّتها العادلة، وبذلك تمتلك شحنة سالبة جزئية، تكتب $\delta-$ (دلتا سالب). وتحصل ذرّات الهيدروجين على مقدار أقلّ بقليل من حصّتها العادلة، لذا تكون شحنتها موجبة جزئية تكتب $\delta+$ (دلتا موجب). ويسمّى هذا التوزيع غير المتكافئ للشحنة ثُنائي القطب.



في الماء، ينجذب الأكسجين سالب الشحنة في جُزيء إلى الهيدروجين موجب الشحنة في الجُزيء الآخر. ويسمّى هذا التجاذب أو الاستقطاب **رابطة هيدروجينيّة Hydrogen bond**.

وتظهر الرابطة الهيدروجينيّة في الرسم التخطيطي تقليديًا على شكل منقّط أو خطّ متقطّع.



الرابطة الهيدروجينية أضعف بكثير من الرابطة التساهمية، إلّا أن تأثيرها مهم جدًا.

مصطلحات علمية

رابطة هيدروجينيّة Hydrogen bond: رابطة ضعيفة نسبيًا تتشكّل من خلال التجاذب (الاستقطاب) بين مجموعة بشحنة موجبة جزئية تحتوي على ذرّة هيدروجين ($H^{\delta+}$) ومجموعة أخرى بشحنة سالبة جزئية تحتوي على ذرة أكسجين ($O^{\delta-}$)، على سبيل المثال بين المجموعتَين $-O^{\delta-}H^{\delta+}$.

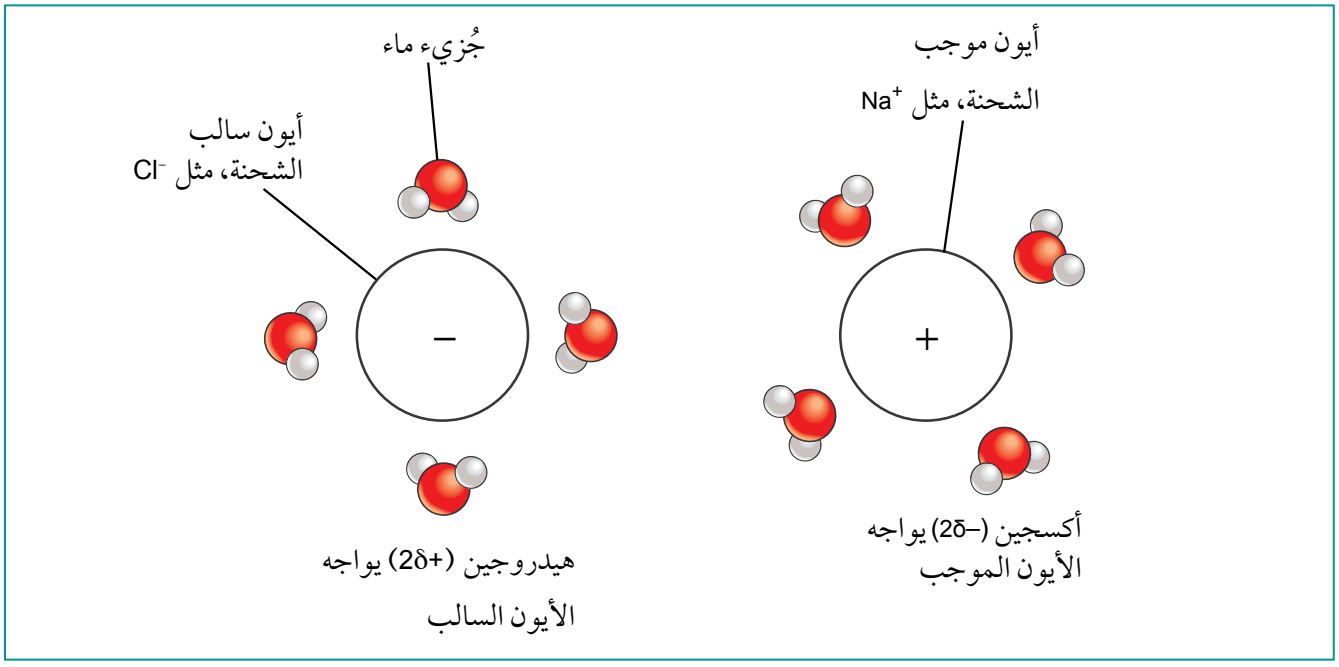
تحدث ثنائيات القطب في العديد من الجزيئات المختلفة، بخاصة عند وجود مجموعة OH–، CO–، NH–. ويمكن أن تشكّل ثنائيات القطب روابط بين هذه المجموعات، لأن جزء الشحنة السالبة في مجموعة ينجذب إلى جزء الشحنة الموجبة في المجموعة الأخرى. وهذه الروابط مهمة جدًّا في تركيب الكربوهيدرات والبروتينات وخصائصها.

الجزيئات التي تحتوي على مجموعات ثنائيّة القطب، مثل السكّريات، تسمّى جزيئات قطبيّة Polar molecules. تنجذب الجُزيئات القطبيّة إلى جزيئات الماء، لأن جزيئات الماء ثنائيّة القطب. هذه الجزيئات محبّة للماء، وقابلة للذوبان فيه؛ أمّا الجُزيئات التي لا تحتوي على ثنائيات القطب فتسمّى غير قطبيّة، وهي لا تنجذب إلى الماء، وبالتالي فهي كارهة للماء. هذه الخصائص تساعد على تكوّن أغشية الخلايا.

الماء كمذيب

الماء مذيب ممتاز للأيونات والجزيئات القطبيّة (الجزيئات ذات التوزيع غير المتكافئ للشحنة، مثل السكّريات والجليسرول)، وذلك لأن جزيئات الماء تنجذب إلى الأيونات والجزيئات القطبيّة، فتتجمّع حولها وتفصلها عن بعضها (الشكل ٢- ٢٤). وهذا ما يحصل عندما تذوب مادة كيميائيّة في الماء. فبمجرد وجود مادة كيميائيّة في المحلول، يكون لجزيئاتها وأيوناتها الحريّة في التحرك والتفاعل مع المواد الكيميائيّة الأخرى. تحدث معظم العمليات في الكائنات الحيّة في المحلول بهذه الطريقة. وحقيقة أن الجزيئات والأيونات تذوب في الماء، تجعله مثاليًا كوسط ناقل، كما، في الجهاز الدوري والجهاز اللمفاوي في الحيوانات، وفي أوعية الخشب واللحاء في النباتات.

كما، تكون الجُزيئات غير القطبيّة مثل الدهون غير قابلة للذوبان في الماء. وإذا أُحيطت بالماء، تُدفع معًا ويتم إبعادها، بواسطة جُزيئات الماء التي تنجذب بعضها إلى بعض. وهذا مهم، خصوصًا في التفاعلات الكارهة للماء وفي تركيب البروتين وتركيب الأغشية، فتزيد من استقرار البروتينات والأغشية.



الشكل ٢-٢٤ توزيع جزيئات الماء حول الأيونات في محلول. لاحظ أيّة ذرّات من جزيئات الماء تواجه الأيونات

السعة الحراريّة النوعية المرتفعة للماء

السعة الحرارية Heat capacity للمادة هي كميّة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها بمقدار معيّن. أما السعة الحرارية النوعية للماء فهي كميّة الطاقة الحراريّة اللازمة لرفع درجة حرارة (1 g) من الماء درجة سيليزية واحدة.

للماء سعة حرارية نوعيّة Specific heat capacity عالية نسبيًا، ولرفع درجة حرارة السائل، يجب أن تكتسب الجزيئات طاقة، وأن تتحرّك بالتالي بسرعة كبيرة. لكن الروابط الهيدروجينيّة التي تميل إلى جعل جزيئات الماء تلتصق بعضها ببعض، تجعل من الصعب على الجزيئات التحرّك بحرّية. لذلك يجب كسر هذه الروابط للسماح بحرّية الحركة. وهذا يفسّر سبب الحاجة إلى المزيد من الطاقة لرفع درجة حرارة الماء أكثر ممّا لو لم توجد روابط هيدروجينيّة. فالرابطة الهيدروجينيّة تسمح للماء بتخزين المزيد من الطاقة لتحقيق ارتفاع معيّن في درجة الحرارة، وهو ما كان ليتحقق لولا ذلك.

للسعة الحرارية ذات النوعيّة العالية تأثيرات حيويّة ومهمّة للماء، لأنها تجعل الماء أكثر مقاومة للتغيّرات في درجة الحرارة. وهذا يعني أن درجة الحرارة داخل الخلايا والأجسام تكون أكثر ثباتًا ممّا هي في الهواء المحيط. ونتيجة لذلك، تعمل التفاعلات الحيويّة بمعدّلات ثابتة نسبيًا، وتكون أقلّ عرضة للتأثر سلبًا بدرجات الحرارة القصوى. وهذا يعني أيضًا أن درجة حرارة المسطّحات المائيّة الكبيرة، مثل البحيرات والمحيطات، تكون بطيئة التغيّر مقارنة مع التغيّرات في درجة حرارة الهواء، وتوفر بالتالي مواطن بيئيّة مستقرّة للكائنات الحيّة المائيّة.

الحرارة الكامنة للتبخّر

الحرارة الكامنة للتبخّر هي مقياس للطاقة الحراريّة اللازمة لتبخّر السائل، وتحويله من سائل إلى غاز. وفي حالة الماء، تعني التغيّر من ماء سائل إلى بخار ماء.

للماء حرارة تبخّر كامنة عالية نسبيًا، وهذا نتيجة لسعته الحراريّة النوعيّة العالية. وحقيقة أن جزيئات الماء تميل إلى الالتصاق ببعضها بواسطة روابط هيدروجينيّة، يعني أن كمّيات كبيرة نسبيًا من الطاقة لازمة لحدوث التبخّر، لأنه يجب تفكيك الروابط الهيدروجينيّة لتتمكن الجزيئات من الانتشار على شكل غاز. وتسبّب الطاقة التي تنتقل إلى جزيئات الماء أثناء عملية التبخر بخسارة طاقة مماثلة من محيطها تتدنّى معها الحرارة، فتحصل بالتالي عملية التبريد. وهذا مهمّ وحيويّ إذ يعني أنه يمكن للكائنات الحيّة استخدام التبخر كآليّة تبريد، كما في التعرّق أو اللهاث عند بعض الحيوانات. ويمكن أن تفقد كميّة كبيرة من الطاقة مع فقدان نسبة قليلة من الماء، بما يقلّل من خطر الإصابة بالجفاف. ويمكن أن يكون مهمًا أيضًا في تبريد أوراق النبات أثناء النتح.

والعكس صحيح عندما يتغيّر الماء من سائل إلى جليد، حيث يجب أن تفقد جزيئات الماء كميّة كبيرة نسبيًا من الطاقة، ممّا يقلّل من احتمال تجمّد الماء. وهذه ميزة للكائنات الحيّة المائيّة. كما يجعل من غير المرجّح تجمّد أجسام الكائنات الحيّة، والتي تتّصف بوجود محتوى عال من الماء فيها.

سؤال

٩ أذكر خاصيّة للماء تسمح بحدوث كل مما يلي في الجزئيات (**أ**، **ب**، **ج**) واشرح أهمية كل منها:

أ. تبريد الجلد أثناء التعرّق.

ب. نقل الجلوكوز والأيونات في الثدييات

ج. تقلّبات درجات الحرارة تكون أقل بكثير في المواطن البيئية المتمثلة بالبحيرات والمحيطات، ممّا هي في المواطن البيئية على اليابسة.

ملخّص

تتكوّن الجُزيئات الحيوية (العضوية) الكبيرة من جُزيئات صغيرة. ترتبط الجزيئات الصغيرة معًا عبر تفاعلات تكثيف، تتضمّن إزالة الماء. تسمّى العمليّة العكسيّة، إضافة الماء، بالتحلّل المائي، وتستخدم لتفكيك الجزيئات الكبيرة مرّة أخرى إلى جزيئات صغيرة. تتكوّن عديدة التسكر من سكّريات أحاديّة، والبروتينات عديدة الببتيد من أحماض أمينيّة، والدهون من أحماض دهنيّة وجليسرول. تتكوّن عديدة التسكر والبروتينات من تكرار وحدات بنائية متماثلة أو متشابهة تسمّى مونومرات، وهي بالتالي بوليمرات. وهذه تتجمّع لتكوّن جزيئات عملاقة تسمّى الجزيئات الكبيرة.

تمثل الكربوهيدرات بالصيغة العامة $C_x(H_2O)_y$، وتشمل السكّريات الأحادية والسكّريات الثنائيّة وعديدة التسكر. ترتبط السكّريات الأحاديّة بروابط جلايكوسيديّة لتكوين السكّريات الثنائيّة وعديدة التسكر. السكّريات الأحاديّة (ومثالها سكر الجلوكوز) والسكّريات الثنائيّة (ومثالها سكر السكّروز) شديدة القابليّة للذوبان في الماء، وتسمّى السكّريات (حلوة المذاق). وهي مصادر مهمّة للطاقة في الخلايا، ووحدات بناء مهمّة للجزيئات الكبيرة مثل عديدة التسكر.

قد تكون السكّريات على شكل سلاسل مستقيمة أو تراكيب حلقيّة، وقد توجد في أشكال مختلفة من النظائر مثل ألفا(α)–جلوكوز وبيتا–جلوكوز.

يمكن استخدام كاشف بندكت للكشف عن السكّريات المختزلة والسكّريات غير المختزلة، وهذا الاختبار شبه كمّي.

تشمل عديدة التسكر النشا والجلايكوجين والسليلوز. النشا مركّب تخزين الطاقة في النباتات. يتكوّن النشا من نوعَين من الجزيئات، أميلوز وأميلوبكتين. ويتكوّن كلاهما من ألفا(α)– جلوكوز. الأميلوز جُزيء غير متفرع، بينما الأميلوبكتين تركيب متفرع.

الجلايكوجين مركّب تخزين الطاقة في الحيوانات. وهو يتكوّن من ألفا(α)– جلوكوز. يشبه بتركيبه تركيب أميلوبكتين لكن مع مزيد من التفرع. السليلوز بوليمر من جزيئات بيتا(β)– جلوكوز. تتجمّع الجزيئات معًا بروابط هيدروجينيّة لتكوين ألياف قويّة ميكانيكيًا ذات قوّة شدّ عالية، وتوجد في جدران الخلايا النباتيّة.

الدهون مجموعة متنوّعة من المواد الكيميائيّة، وأكثرها شيوعًا الدهون الثلاثيّة (الدهون والزيوت). تتكوّن الدهون الثلاثيّة بالتكثيف بين ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنيّة والجليسرول. تربط روابط الإستر الأحماض الدهنيّة بالجليسرول. الدهون الثلاثيّة كارهة للماء، ولا تختلط معه، وهي بمثابة مركّبات تخزين الطاقة، بالإضافة إلى وظائف أخرى مثل العزل للحرارة والطفو (العوم) في الثدييات البحريّة. تحتوي الدهون المفسفرة على رأس فوسفات محبّ للماء، وذيلَين من الأحماض الدهنيّة كارهَين للماء، وهذا مهمّ في تكوين الأغشية.

البروتينات سلاسل طويلة من الأحماض الأمينيّة تنطوي في أشكال محددة. ترتبط الأحماض الأمينيّة معًا بروابط ببتيديّة.

تحتوي البروتينات على أربعة مستويات من التركيب: أولي وثانوي وثالثي ورابعي. التركيب الأساسي عبارة عن سلسلة من الأحماض الأمينيّة في البروتين. وهذ يحدّد إلى حدّ كبير الطريقة التي ينطوي بها، وبالتالي شكله ثلاثي الأبعاد ووظيفته.

يتشكل التركيب الثانوي نتيجة للروابط الهيدروجينيّة بين الأحماض الأمينيّة ومن الأمثلة عليها ألفا(α)– اللولبي وصفيحة بيتا (β)– المطوية. المزيد من انثناء البروتينات يكوّن التركيب الثالثي، وغالبًا ما يتكوّن البروتين من أكثر من سلسلة عديد الببتيد. يكوّن الارتباط بين السلاسل المختلفة التركيب الرابعي للبروتين. التركيبان الثالثي والرابعي محدّدان جدًا، ومثبّتان في مكانهما بروابط هيدروجينيّة، وروابط ثنائي الكبريتيد (وهي تساهمية) وروابط أيونيّة والتفاعلات الكارهة للماء.

قد تكون البروتينات كرويّة أو ليفية. من الأمثلة على البروتين الكروي الهيموجلوبين. معظم البروتينات الكرويّة قابلة للذوبان ولها أدوار وظيفيّة. يحتوي الهيموجلوبين على مجموعة غير بروتينيّة (مساعدة) وهي مجموعة الهيم، والتي تحتوي على الحديد، وترتبط مع الأكسجين. جزيئات البروتين الليفي على سبيل المثال الكولاجين الذي يكون خيوطًا طويلة. البروتينات الليفيّة غير قابلة للذوبان، ولها دور تركيبي. يتّصف الكولاجين بقوّة شدّ عالية، وهو البروتين الحيواني الأكثر شيوعًا، إذ يوجد في مجموعة واسعة من الأنسجة.

تابع

الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات الماء تكسبه خصائص فريدة.
يكون الماء سائلًا في معظم درجات الحرارة على سطح الأرض. وللماء سعة حراريّة نوعيّة عالية، تجعل الماء السائل مقاومًا نسبيًا للتغيّرات في درجة الحرارة. يعمل الماء كمذيب للأيونات والجزيئات القطبيّة، ويؤدّي إلى تجمّع الجزيئات غير القطبيّة معًا. للماء درجة حرارة كامنة للتبخّر عالية نسبيًا، ما يؤدي إلى حدوث عملية التبريد.

أسئلة نهاية الوحدة

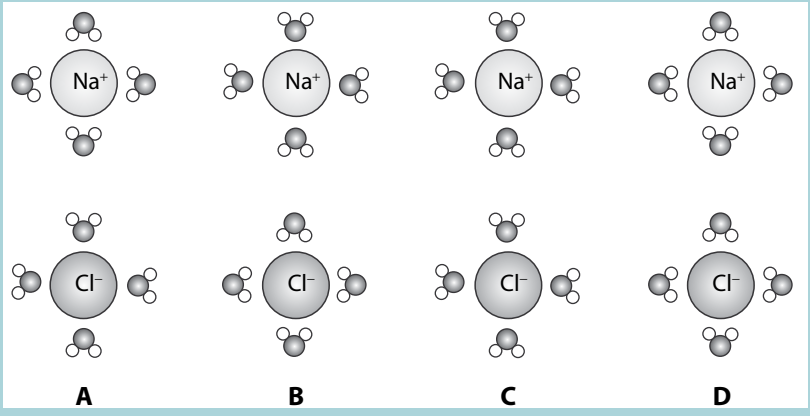
١ ما المصطلح المناسب الذي يصف كلًّا من الكولاجين والهيموجلوبين؟

أ. الإنزيمات
ب. البروتينات الليفيّة
ج. البروتينات الكرويّة
د. الجزيئات الكبيرة

٢ ما نوع التفاعل الكيميائي الذي يتضمّن تكوين روابط ثنائي الكبريتيد؟

أ. التكثيف
ب. التحلّل المائي
ج. الأكسدة
د. الاختزال

٣ أيّ رسم تخطيطي يمثّل أفضل ترتيب لجزيئات الماء حول أيونات الصوديوم (Na+) والكلوريد (Cl-) في المحلول؟



تابع

٤ انقل الجدول التالي إلى دفترك وأكمله بوضع علامة «✓» أو «✗» في المربع الصحيح.

	بروتين كروي (مثال هيموجلوبين)	بروتين ليفي (مثال كولاجين)	سكّر أحادي	سكّر ثنائي	جلايكوجين	نشا	سليلوز	دهون
مونومر								
بوليمر								
جُزيء كبير								
عديد التسكُّر								
يحتوي على وحدات بنائية تشكل سلاسل متفرعة								
يحتوي على أحماض أمينيّة								
مكوّن من أحماض دهنية وجليسرول								
يحتوي على روابط جلايكوسيديّة								
يحتوي على روابط ببتيديّة								
إحدى وظائفه الرئيسيّة أنه يعمل مخزنًا للطاقة								
غير قابل للذوبان في الماء عادة								
له وظيفة تركيبيّة عادة								
يمكن أن يكوّن تراكيب بشكل لولبي أو بشكل لولبي جزئي.								
يحتوي على كربون وهيدروجين وأكسجين فقط								

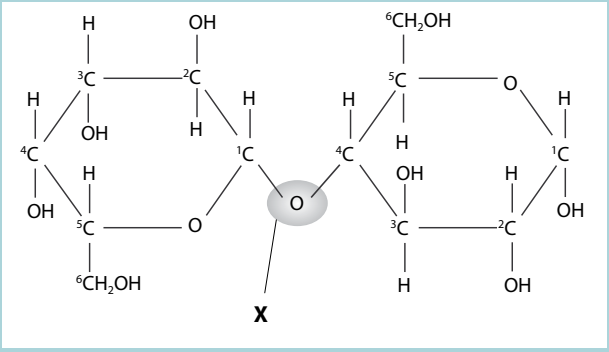
تابع

٥ انقل الجدول إلى دفترك وأكمل كلا العمودَين. يبيّن الجدول بعض وظائف البروتينات، مع أمثلة من البروتينات التي تؤدّي هذه الوظائف.

الوظيفة	مثال
تركيبيّة	1 2
إنزيم	
	إنسولين
	هيموجلوبين وميوجلوبين
دفاع	
	أكتين وميوسين
تخزين	

٦ اذكر **ثلاث** خصائص للسكّريات الأحاديّة.

٧ يبيّن الرسم التخطيطي سكّرًا ثنائيًا يسمّى سكر لاكتوز. ذرّات الكربون مرقّمة. اللاكتوز سكّر مختزل يوجد في الحليب، وهو مكوّن من تفاعل بين سكّرَين أحاديَين الجلوكوز والجالاكتوز.



أ. اقترح **وظيفتَين** للاكتوز.

ب. ما الاسم الذي يطلق على التفاعل بين السكّرَين الأحاديَين الذي ينتج منه تكوين سكر اللاكتوز؟

ج. حدّد الرابطة X الموضّحة في الرسم التخطيطي.

د. ارسم رسومًا تخطيطيّة تبيّن تراكيب جزيئات منفصلة من سكر الجلوكوز وسكر الجالاكتوز.

هـ. باستخدام الرسم التخطيطي، هل يستخدم الشكل ألفا أو بيتا من سكر الجلوكوز لتكوين سكر اللاكتوز. اشرح إجابتك.

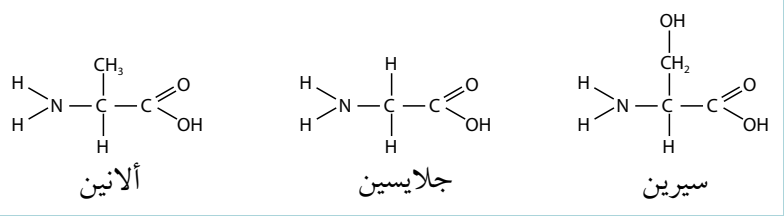
و. السكّروز سكّر ثنائي مثل سكر اللاكتوز. إذا أعطيت محلولًا من سكر اللاكتوز، ومحلولًا من سكر السكّروز، فاذكر باختصار كيف يمكنك التمييز بينهما.

أفعال إجرائية

اشرح **Explain**: اعرض الأهداف أو الأسباب / اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة / توقّع لماذا و/ أو كيف وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

تابع

٨ **أ.** يبيّن الرسم التخطيطي الآتي الصيغ التركيبية لثلاثة أحماض أمينيّة.



١. ارسم رسمًا تخطيطيًا يبيّن الصيغة التركيبية لببتيد ثلاثي بالتسلسل الآتي: ألانين – جلايسين – سيرين

٢. ما اسم تسلسل الأحماض الأمينيّة في البروتين؟

٣. ما المادة، باستثناء الببتيد الثلاثي، التي تتكوّن عندما ترتبط هذه الأحماض الأمينية معًا؟

٤. ارسم حلقة حول ذرّة أو مجموعة ذرّات تكوّن مجموعة R يمكن أن ترتبط برابطة هيدروجينيّة مع مجموعة R أخرى.

٥. ارسم حلقة حول الرابطة (الروابط) الببتيديّة التي رسمتها في الرسم التخطيطي في الجزء (١)، وسمّها.

٦. ارسم حلقة حول مجموعة الذرّات التي ترتبط برابطة هيدروجينيّة مع مجموعة – CO – في ألفا (α)-لولبي. سمّ هذه المجموعة A.

ب. اذكر ثلاث ميزات مشتركة بين ألفا (α)-لولبي وصفائح بيتا (β).

ج. يمكن وصف البروتين بأنه بوليمر. اذكر معنى المصطلح **بوليمر**.

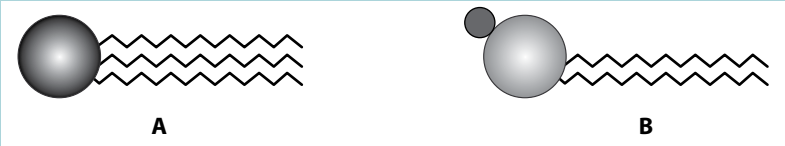
د. يمثل (س) و (ص) حمضَين أمينيَّين مختلفَين.

١. اكتب تسلسلات جميع الببتيدات الثلاثية المحتملة التي يمكن أن تتكوّن من هذَين الحمضَين الأمينيَّين فقط.

٢. انطلاقًا من إجابتك على (د١)، ما صيغة حساب عدد الببتيدات الثلاثية المختلفة التي يمكن أن تتكوّن من الحمضَين الأمينيَّين المختلفَين فقط؟

تابع

٩ انقل الرسمَين التخطيطيَّين A و B.



أ. سمِّ الرسمَين، محدّدًا أيّهما، يمثّل جزيء دهن وأيّهما يمثّل جُزيء دهن مفسفر.

ب. ١. بالنسبة إلى الجُزيء A، وضّح، على الرسم التخطيطي، أين يمكن أن يحدث التحلّل المائي إذا تمّ هضم الجُزيء

٢. سمّ نواتج الهضم.

ج. لكل جُزيء رأس وذيول مرتبطة به. سمّ رأس الجُزيء B لتحدّد طبيعته الكيميائيّة.

د. أيّ من الجزيئَين قابل للذوبان في الماء؟ اشرح إجابتك.

هـ. اذكر وظيفة واحدة لكل جُزيء.

١٠ أ. انقل الجدول إلى دفترك وأكمله لتلخيص بعض الاختلافات بين الكولاجين والهيموجلوبين.

	كولاجين	هيموجلوبين
١		
٢		
٣		
٤		
٥		

استخدم ما يأتي لإرشادك.

الصف ١ اذكر ما إذا كان كرويًا أم ليفيًا.

الصف ٢ اذكر ما إذا كان حلزونًا بشكلٍ كامل أم حلزونًا بشكلٍ جزئي.

الصف ٣ اذكر نوع اللولب.

الصف ٤ اذكر ما إذا كانت توجد مجموعة بديلة أم لا.

الصف ٥ اذكر ما إذا كان قابلاً للذوبان في الماء أم لا.

ب. اذكر **طريقة** يرتبط فيها تركيب الهيموجلوبين بوظيفته.

ج. للهيموجلوبين تركيب رابعي. ماذا يعني هذا؟

د. اذكر خمسة عناصر توجد في الهيموجلوبين.

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول كالآتي:

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا
أصف اختبار بندكت شبه كمّي على محلول سكر مختزل عن طريق معايرة الاختبار، ويستخدم النتائج (الزمن لبدء تغيير اللون أو المقارنة بمعايير اللون) لتقدير التركيز.	٢-٢			
أصف اختبارًا للكشف عن السكريات غير المختزلة باستخدام التحلّل المائي الحمضي ومحلول بندكت.	٢-٢			
أصف وأرسم الأشكال الحلقيّة لكل من سكر ألفا جلوكوز وبيتا جلوكوز.	٢-٢			
أعرّف المصطلحات الآتية: مونومر، بوليمر، جزيء كبير، سكر احادي، سكر ثنائي، عديد التسكر.	٢-١			
أذكر دور الروابط التساهمية في ربط الجزيئات الصغيرة معًا لتكوين البوليمرات.	٢-٢			
أذكر أنّ الجلوكوز والفركتوز والمالتوز سكريات مختزلة وأنّ السكروز سكر غير مختزل.	٢-٢			
أصف تكوين الرابطة الجلايكوسيديّة عن طريق التكثيف، مع الإشارة إلى السكريات الثنائية، بما في ذلك سكر السكروز و عديدة التسكر .	٢-٢			
أصف تكسّر الرابطة الجلايكوسيديّة في عديدة التسكر والسكريات الثنائية عن طريق التحلّل المائي، مع الإشارة إلى اختبار السكر غير المختزل.	٢-٢			
أصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر النشا (أميلوز وأميلوبكتين) والجلايكوجين ويربط تركيبهما بوظائفهما في الكائنات الحيّة.	٢-٢			
أصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر السليلوز ويبيّن كيف يساهم ترتيب جزيئات السليلوز في وظيفة جدران الخلايا النباتيّة.	٢-٢			

تابع

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا
أذكر أنّ الدهون الثلاثيّة جزيئات غير قطبيّة كارهة للماء، وأصف التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بالإشارة إلى الأحماض الدهنيّة (المشبعة وغير المشبعة) والجليسرول وتكوين روابط الإستر.	٢-٣			
أربط التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بوظائفها في الكائنات الحيّة.	٢-٣			
أصف التركيب الجزيئي للدهون المفسفرة مع الإشارة إلى رؤوس الفوسفات (المحبة) للماء (القطبيّة) وذيول الأحماض الدهنيّة الكارهة للماء (غير القطبيّة).	٢-٣			
أصف وأرسم • التركيب العام للحمض الأميني • تكوين وكسر الرابطة الببتيدية.	٢-٤			
أشرح معنى المصطلحات الآتية: التركيب الأولي، والتركيب الثانوي، والتركيب الثالثي، والتركيب الرابعي للبروتينات	٢-٤			
أصف أنواع الروابط التي تحافظ على شكل جزيئات البروتين: • التفاعلات الكارهة للماء • الرابطة الهيدروجينيّة • الرابطة الأيونيّة • الرابطة التساهمية بما في ذلك روابط ثنائي الكبريتيد.	٢-٤			
يذكر أنّ البروتينات الكرويّة قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار وظيفية، وأنّ البروتينات الليفيّة غير قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار تركيبيّة.	٢-٤			
أصف تركيب جزيء الهيموجلوبين كمثال على بروتين كروي بما في ذلك تكوين تركيبه الرابعي من سلسلتي ألفا (جلوبين ألفا) وسلسلتي بيتا (جلوبين بيتا) ومجموعة هيم.	٢-٤			

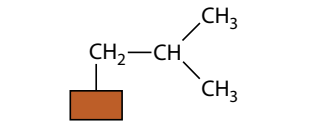
تابع

أستطيع أن	أراجع الموضوع	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	متمكّن إلى حدّ ما	مستعدّ للمضي قدمًا
أربط تركيب الهيموجلوبين بوظيفته بما في ذلك أهميّة الحديد في مجموعة الهيم.	٢-٤			
أصف تركيب جزيء الكولاجين كمثال على البروتين الليفي، وترتيب جزيئات الكولاجين لتكوين ألياف الكولاجين	٢-٤			
أربط تركيب جزيئات الكولاجين وألياف الكولاجين بوظيفتها.	٢-٤			
أشرح كيفيّة تكوين الروابط الهيدروجينيّة بين جزيئات الماء ويربط خصائص الماء بأدواره في الكائنات الحيّة، مقتصرًا على: الإذابة والسعة الحراريّة النوعيّة العالية والحرارة الكامنة للتبخّر.	٢-٥			

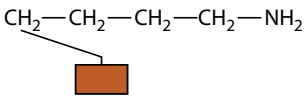
الملحق رقم ١

مجموعات R في الأحماض الأمينيّة

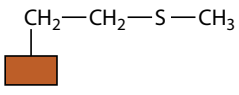
بيّن الشكل ٢- ١٤ أ التركيب العام للحمض الأميني. وتبيّن القائمة أدناه عشرين حمضًا أمينيًا، والمجموعة R من جزيء كل حمض فقط، حيث لا يظهر إلّا قسم من الجزيء والذي تم تمثيله بمستطيل بنّي اللون.



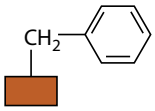
ليوسين (Leu)



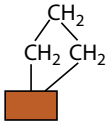
لايسين (Lys)



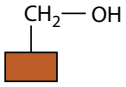
مثيونين (Met)



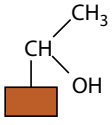
فينيل ألانين (Phe)



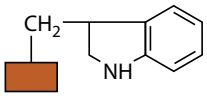
برولين (Pro)



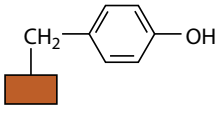
سيرين (Ser)



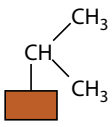
ثريونين (Thr)



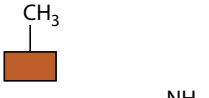
تربتوفان (Trp)



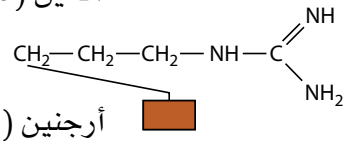
تيروسين (Tyr)



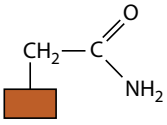
فالين (Val)



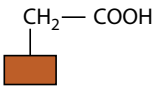
ألانين (Ala)



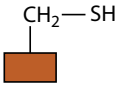
أرجنين (Arg)



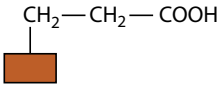
أسبارجين (Asn)



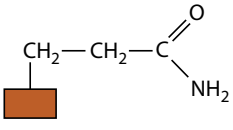
حمض الأسبارتيك (Asp)



سيستين (Cys)

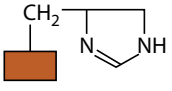


حمض الجلوتاميك
(جلوتاميت) (Glu)

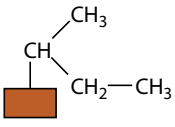


جلوتامين (Gln)

جلايسين (Gly)



هستيدين (His)



آيزوليوسين (Ile)

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الأحياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1444هـ - 2022م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الأحياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1444 هـ - 2022 م

المحتويات

المقدمة xii
كيف تستخدم هذه السلسلة xiv
كيف تستخدم هذا الكتاب xvi
الأمان والسلامة في مختبر الأحياء xvii
البحث العلمي والمهارات العملية xviii

الوحدة الأولى: تركيب الخلية

الأنشطة:
١-١ وحدات قياس الأجسام الصغيرة ٢٤
١-٢ حساب مقدار التكبير ٢٦
١-٣ رسم تخطيطي لصورة مجهرية ضوئية ٣٠
١-٤ المجاهر الإلكترونيّة والمجاهر الضوئيّة ٣٢
١-٥ استخدام مقياس شبكة العدسة العينيّة ومقياس المنضدة ٣٣
١-٦ الأغشية في أنواع مختلفة من الخلايا ٣٥
١-٧ الأفعال الإجرائية ٣٦

الاستقصاءات العملية:
١-١ إعداد شريحة مجهريّة مؤقّتة ورسم الخلايا ٣٨

الوحدة الثانية: الجزيئات الحيوية

الأنشطة:
٢-١ استخدام جداول التلخيص ٥٣
٢-٢ حساب تركيز المحاليل وتحضير محاليل مخفّفة ٥٤
٢-٣ التمثيل البياني واستخدام منحنيات المعايرة ٥٨
٢-٤ معالجة البيانات وتحليلها ٦٢
٢-٥ رسم التراكيب الجزيئيّة ٦٥
٢-٦ تخطيط التجارب التي تعطي نتائج دقيقة ٦٧
٢-٧ تطوير مهارات الكتابة الموسّعة ٦٩

الاستقصاءات العملية:
٢-١ اختبار بندكت شبه الكمّي والتخفيف التسلسلي ٧٠
٢-٢ الاختبارات الكيميائية الحيوية للكشف عن جزيئات حيوية مختلفة ٧٤

الوحدة الثالثة: الإنزيمات

الأنشطة:

٣-١ إجابة أسئلة عن التمثيلات البيانيّة ٨٥
٣-٢ نشاط ٣-٢ حساب V_{max} و K_m ٨٨
٣-٣ التخطيط لاستقصاء تأثير تركيز المثبّط
على نشاط إنزيم اليوريز ٩٠
٣-٤ حساب نسبة الخطأ الفعلي والنسبة
المئوية للخطأ ٩٣

الاستقصاءات العملية:

٣-١ الدورة الزمنية للتفاعل المحفز
بالإنزيم ٩٥
٣-٢ تأثير تركيز المادة المتفاعلة على
معدّل التفاعل المحفّز بالإنزيم ١٠١
٣-٣ تأثير تركيز الإنزيم على معدّل
التفاعل المحفّز بالإنزيم ١٠٦

الوحدة الرابعة: دورة الخلية والانقسام المتساوي

الأنشطة:

٤-١ تفسير صورة مجهرّية للانقسام
المتساوي ١١٦
٤-٢ كيفية الإجابة عن أسئلة اختيار من متعدّد
فيما يتعلّق بدورة الخليّة ١١٧
٤-٣ العد وحساب مجموع الأعداد
واختبار الفرضيّة ١٢٠
٤-٤ العوامل المؤثرة على طول التيلومير
..... ١٢٢

الاستقصاءات العملية:

٤-١ إعداد مهروس قمة الجذر ١٢٦
٤-٢ استقصاء الانقسام المتساوي
باستخدام شرائح جاهزة ١٣٠

المقدمة

تم اختيار هذا الكتاب لتطوير المهارات التي تحتاج إليها أثناء تعلم موضوعات كتاب الأحياء للصف الحادي عشر. فلكي تحقق أهداف المنهج يجب أن تتوافر لديك معرفة وافية بموضوعات الكتاب، وأن تكون قادرًا على التفكير مثل العلماء. وفي أثناء دراستك موضوعات الكتاب ستحتاج إلى تطوير مهاراتك العمليّة ذات الصلة، وبناء الثقة بقدرتك على إجرائها بنفسك. لذا كان هذا الكتاب بأنشطته المتنوّعة ضروريًّا لتأمين الفرص لممارسة المهارات الآتية:

الأنشطة

توفر لك الأنشطة الموجودة في هذا الكتاب فرصًا لممارسة المهارات الآتية:

- فهم الظواهر، والنظريات العلمية التي تدرسها.
- حل الأمثلة العددية وغيرها من الأمثلة المختلفة.
- التفكير بشكل نقدي في التقنيات والبيانات التجريبية.
- اعتماد التنبّؤات، واستخدام الأسباب العلمية لدعم تنبّؤاتك.
- تخطيط التجارب والاستقصاءات التي تحقق استنتاجات صحيحة.
- تحليل البيانات لاستخلاص النتائج.
- اختيار الاختبارات الإحصائيّة واستخدامها للوصول إلى الاستنتاجات المناسبة.

وقد تم تصميم الأنشطة بدقّة، بحيث تتيح لك المجال لتطوير معرفتك، ومهاراتك، وفهمك، والموضوعات التي تم تناولها وتغطيتها في كتاب الطالب.

تسلّط المقدمة الموجودة في بداية كل تمرين الضوء على المهارات التي ستمارسها وأنت تجيب عن الأسئلة، بحيث يتم ترتيب الأنشطة وفق الترتيب نفسه للوحدات الموجودة في كتاب الطالب. وفي نهاية كل وحدة، يتم تقديم مجموعة من الأسئلة للحصول على مزيد من الدعم للمهارات التي حقّقتها، كما أنها تؤمّن لك فرصة ثمينة للتعرف على نوع التقييم الذي يُحتمل أن تواجهه في اختباراتك اللاحقة.

الاستقصاءات العملية

يعرّف علم الأحياء غالبًا على أنه دراسة تركيب العالم الطبيعي وسلوكه، عن طريق الملاحظة والتجريب، ويُعدّ الاستقصاء العملي جزءًا مهمًا من أي موضوع في علم الأحياء، إذ يدل على فهم أفضل لكيفيّة تفكير العلماء وللمحتوى النظري لهذه المادة.

لمحتوى الاستقصاءات العمليّة في هذا الكتاب عدة أهداف:

- توفير الإرشادات المناسبة لإجراء التجارب الواردة في المنهج، والمتطلبّة لكل من الاختبارات النظريّة والعمليّة.
- المساعدة في تطوير فهم للتقنيات العمليّة المفترض معرفتها، مثل كيفيّة إجراء التخفيف التسلسلي، وحساب قوى التكبير، ورسم الخلايا والأنسجة.
- المساعدة في تعلم كيفيّة التخطيط لتجارب صحيحة وآمنة وموثوقة، وتدوين النتائج، وتحليل البيانات بشكل صحيح.
- المساعدة في فهم الموضوعات بشكل أفضل من خلال تدوين الملاحظات الخاصة.

غالبًا ما يكون الاستقصاء العملي في علم الأحياء مختلفًا قليلًا عنه في أيّة مادة علوم أخرى. فالكائنات الحيّة تتصف بتنوّع كبير، ولا تؤدي التجارب أحيانًا إلى النتائج المتوقعة بدقة. تذكّر دائمًا أن العلم يعتمد على الملاحظة والبحث عن الحقيقة. يجب أن تفسر النتائج كما هي حتى ولو لم تكن كما توقعت، وليس كما تعتقد أنها يجب أن تكون. وإذا كانت النتائج غير متوقعة، فمن المسموح التعليق على ما تعتقد أنه سبب ذلك، أو التفكير في محاولة توسيع التجربة أو تغييرها لتحسينها.

قد توجد تجارب في الكتاب لا يمكنك إجراؤها لعدم توافر مادة معيّنة أو أداة ما. وقد يساعدك معلمك على تأمين مجموعة من النتائج يمكنك تحليلها. كما يمكنك مشاهدة العديد من العروض التوضيحيّة لتقنيات معينة على شبكة الإنترنت.

يمثل إجراء جميع التجارب الواردة في هذا الكتاب فرصة ممتازة لتطوير مهاراتك العمليّة، وإدراكًا أن دراسة علم الأحياء يمكن أن تكون ممتعة ومرضية في حد ذاتها. فالكائنات الحيّة تحيط بنا، ونحن جزء أيضًا من علم الأحياء. لذا، حاول الاستمتاع بكل تجربة، واستخدمها نقطة انطلاق لأبحاثك الخاصة، ولاستقصاءاتك وإبداعاتك في تجارب أخرى.

نرجو أن يساعدك هذا الكتاب على النجاح في مادة الأحياء لهذا الصف، وعلى اكتساب المهارات العلميّة اللازمة لدراساتك المستقبليّة، وأن يلهمك حب علم الأحياء.

لقد صُمّم كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا ليدعم كتاب الطالب، واختيرت الموضوعات التي تحقق للطلبة مزيدًا من الفرص لاكتساب مهاراتهم، كالتطبيق والتحليل والتقييم، بالإضافة إلى تطوير معرفتهم وفهمهم.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الأحياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدّم «كتاب الطالب» دعمًا شاملًا لمنهج الأحياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدّم شرحًا للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيدًا من التطبيقات العلمية الأساسية.

يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الأحياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي سوف يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية جميعها. وتشمل هذا المهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمّن هذا الدليل أفكارًا تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلًا عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعلم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضًا دعمًا مفصلًا لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

أهداف التعلّم

تظهر هذه الأهداف في بداية كل وحدة دراسية لتقدّم أهداف التعلم ولتساعدك على التنقل في المحتوى.

مهم

ستساعدك مربّعات النص هذه على إكمال التمارين والاستقصاءات، وستقدم لك الدعم في المجالات التي قد تجدها صعبة.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات.

الأنشطة

تفيدك التمارين في ممارسة المهارات المهمة لدراسة الأحياء.

الاستقصاءات العملية

تتوافر الاستقصاءات في جميع أقسام هذا الكتاب، وهي تساعدك على تطوير المهارات العملية التي تُعدّ ضرورية لدراسة الأحياء. كما تحتوي على مقدمة تحدد الهدف من العمل المخبري العملي، وعلى قائمة بالمواد والأدوات المطلوبة لإجراء الاستقصاء، وعلى نصائح تتعلق باحتياطات السلامة المهمة لضمان بقائك آمنًا أثناء إجرائه، مع متابعة حثيثة للعمل خطوة خطوة، إضافة إلى تخصيص مساحة لتدوين نتائجك التي حصلت عليها؛ ثم تُختتم بأسئلة التحليل والاستنتاج والتقييم التي تساعدك على تفسير نتائجك. وتحتوي الوحدات اللاحقة أيضًا على استقصاءات التخطيط التي تتيح لك ممارسة التخطيط لعملك المخبري الخاص بك، وعلى استقصاءات تحليل البيانات التي تؤمّن لك المزيد من الفرص لتعزيز تفكيرك التحليلي.

أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصًا عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفًا لها.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة.

الأمان والسلامة في مختبر الأحياء

تُعدّ المختبرات بشكل عام واحدة من أقل الأماكن في المدرسة التي يمكن أن تقع فيها الحوادث (أكثر الأماكن احتمالًا لوقوع الحوادث هو خارج المباني)، ويعود ذلك إلى اتباع المعلمين والطلبة مجموعة من القواعد في المختبرات مصمّمة للحفاظ على سلامة الجميع. من الضروري أن تتبع باستمرار جميع القواعد المكتوبة والمعروضة في المختبر أيضًا.

من المهارات التي يجب اعتمادها، تقييم المخاطر المرتبطة بالاستقصاءات في علم الأحياء؛ يجب أن تتعلم التفكير في المخاطر في كل مرة تجري فيها استقصاء. وبمجرد تحديد أي مستوى خطر، يجب عليك التفكير في كيفيّة تخفيضه. فمعظم استقصاءات علم الأحياء منخفضة المخاطر، لكن قد يتضمن بعضها مستوى متوسطًا من الخطورة.

القواعد العامة للعمل المختبري الآمن

- عليك دائمًا ارتداء النظارات الواقية عند استخدام أية سوائل.
- اربط شعرك من الخلف إذا كان طويلًا.
- يفضل ارتداء معطف المختبر لوقاية الملابس من أيّ انسكاب للسوائل.
- تأكد من فهم أية مخاطر محددة ترتبط بالتجربة، كما يبيّنها معلمك (انظر الجدول ١) (انظر جدول السلامة ١).

يورد الجدول ١ قائمة ببعض مصادر المخاطر الشائعة المرتبطة باستقصاءات علم الأحياء.

مصدر الخطر	خفض احتماليّة حدوث الخطر	ملاحظات
الأواني الزجاجيّة والنصال الحادة	احتفظ بالأواني الزجاجيّة على سطح مستو- لا تحملها وتتجوّل بها من دون قصد. تعامل بحرص مع النصال الحادة، على سبيل المثال: نصل المشرط أو السكين أو الشفرة. ضع الجسم الذي تقطعه على سطح مستو، مثل لوح تقطيع أو بلاطة، ولا تمسكه بيدك. واحرص على أن يكون اتجاه القطع بعيدًا عن أصابعك، بحيث لا يجرحك النصل إذا انزلق. احرص أيضًا على ألّا تلمس الكواشف أو السوائل من العيّنات أيَّ جرح أو خدش في جلدك.	يشكل دفع الأنبوبة الزجاجيّة عبر ثقب السدادة المطاطيّة الضيق خطرًا. لذلك من الأفضل أن يقوم بهذا العمل فنّي المختبر أو معلمك، لا أنت.
السوائل الحارة (على سبيل المثال: الماء الحار في الحمّام المائي)	أبقِ السوائل الحارة على المنضدة، ولا تتجوّل بها. استخدم ماسَك أنابيب الاختبار عند إدخال الأنابيب إلى حمّام مائي حار أو عند إخراجها منه. لا تجلس وأنت تجري الاستقصاء، إلّا إذا كنت ترسم، لأنك إذا كنت واقفًا يكون بمقدورك التحرك بشكل أسرع لتفادي الانسكابات.	
الموادالكيميائيّة	احتفظ بجميع المواد الكيميائيّة التي تستخدمها في القوارير المكتوب عليها تسمياتها. إذا نقلت أيّة مادة كيميائيّة إلى وعاء آخر، فاكتب على الوعاء أولًا اسم المادة الكيميائيّة. ضع غطاء الوعاء مقلوبًا على المنضدة عندما ترفعه، لكي لا ينقل سطحه السفلي أية مواد كيميائيّة إلى سطح المنضدة.	يدرك معلمك نوع الخطر الذي تشكله كل مادة كيميائيّة تستخدمها، ومستواه، لذا اتّبع إرشادات السلامة التي يزودك بها.
التعامل مع كائنات حيّة أو مواد مستمدة منها	كن على علم بأي نوع من الحساسيّة قد يكون لديك (على سبيل المثال: المكسرات، أو البيض، أو الإنزيمات)، وتأكد من معرفة معلمك بها أيضًا. تأكد من قدرتك على تمييز أي نوع سام، أو يلدغ أو يعض، من النباتات أو الحيوانات التي تجمعها من مواطنها.	ارتدِ القفازات المطاطيّة عند التعامل مع عيّنات حيويّة أو مواد مستمدة منها. من المناسب ارتداء الجوارب الطويلة والأحذية الطويلة أثناء العمل في الخارج، بخاصة عند وجود نباتات طويلة. تعامل دائما مع الكائنات الحيّة التي تستخدمها في النشاط العملي أخلاقيا، وحافظ عليها.
العمل في الخارج	اعمل دائمًا برفقة زميل لك عندما يكون العمل في الخارج، فإذا واجه أي منكما مشكلة، يمكن للآخر الاتصال لطلب المساعدة.	

الجدول ١: جدول السلامة.

البحث العلمي والمهارات العملية

إن تطبيق مهارات البحث العلمي والمهارات العملية من الصفوف السابقة وتطويرها في سياقات جديدة خلال الصفَّين الحادي عشر والثاني عشر مطلب ضروري. وبالإضافة إلى تذكر المعلومات والظواهر والحقائق والقوانين والتعاريف والمفاهيم والنظريات المذكورة في المناهج الدراسية وإلى شرحها وتطبيقها، فمن المتوقع أن يكون الطلبة قادرين على حلّ المسائل في مواقف جديدة أو غير مألوفة باستخدام التفكير المنطقي.

ويُتوقع من الطلبة إظهار استيعابهم للمهارات العملية بما في ذلك القدرة على:

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.
- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم أساليب البيانات الناتجة من التجارب وجودتها واقتراح التحسينات الممكنة للتجارب.

أمثلة على المهارات العملية

في القوائم التالية أمثلة محددة على كل مهارة من المهارات العملية. وهذه الأمثلة المحددة توجّه إلى المزيد من البحث العلمي والمهارات العملية التي يتوقع من الطلبة اكتسابها كجزء من تعلمهم.

إلى ذلك، يجب تطوير المهارات العملية الأربع وتوحيدها في كل وحدة دراسية. إلّا أن بعض الأمثلة المحددة في القوائم قد تكون أكثر صلة بالأنشطة العملية الموصى بها في وحدات دراسية معيّنة.

تعطي هذه المهارات أمثلة عن محتوى AO3 ويمكن تقييمها في الورقة العملية.

تخطيط التجارب والاستقصاءات

- تحديد المتغيّرات المستقلة والتابعة وضبطها، ووصف كيفية قياسها وضبطها.
- وصف الإجراءات والتقنيات المستخدمة في التجارب، والتي تؤدي إلى جمع بيانات موثوقة ودقيقة. استخدام مخططات واضحة ومصنفة لإظهار ترتيب الجهاز عند الحاجة.
- وصف التجارب الضابطة المناسبة.

- شرح اختيار الجهاز وأداة القياس للوصول إلى دقة مناسبة.
- شرح اختيار المواد المستخدمة في إجراء التجارب
- وصف المخاطر الموجودة في التجربة وكيفية تقليلها.
- التنبؤ بالنتائج ووضع الفرضيات بناء على المعرفة والمفاهيم العامة.
- وصف كيفية استخدام البيانات للوصول إلى استنتاج، بما في ذلك الكمّيات المشتقة التي سوف تحسب بناءً على البيانات الخام لرسم تمثيل بياني مناسب أو وضع مخطط مناسب.

جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها

- تطبيق الطالب لفهمه معنى الضبط والدقة.
- تحديد قيم عدم اليقين في القياس في صورة قيم عدم يقين مطلق أو نسبة مئوية.
- جمع القياسات والملاحظات وتسجيلها بشكل منهجي، وتقديم البيانات باستخدام العناوين ووحدات القياس والأرقام ونطاق القياسات ودرجات الدقة المناسبة.
- استخدم الأساليب الرياضية أو الإحصائية المناسبة لمعالجة البيانات الخام وتسجيلها حتى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية (يجب أن يكون هذا العدد هو نفسه أو أكثر بواحد من أصغر عدد من الأرقام المعنوية في البيانات المقدمة).
- رسم التمثيلات البيانية للعيّنات وتسميتها. وحساب القياسات الفعلية للأنسجة أو الخلايا أو العضيات.

تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها

- معالجة البيانات وتقديمها، بما في ذلك الرسوم والمخططات والتمثيلات البيانية باستخدام الخطوط المستقيمة أو المنحنيات الأكثر ملاءمة. وتحليل التمثيلات البيانية، بما في ذلك ميل المنحنيات.
- جمع قيم عدم اليقين عند إضافة الكميّات أو طرحها وجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.
- رسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة من خلال النقاط الموجودة على التمثيل البياني.
- استخدام قيم الانحراف المعياري أو الخطأ المعياري، أوالتمثيلات البيانية ذات أشرطة الخطأ المعيارية، لتحديد ما إذا كانت الاختلافات في القيم المتوسطة ذات دلالة إحصائية.

- تفسير الملاحظات والبيانات الناتجة من التجارب وتقييمها، وتحديد النتائج غير المتوقعة والتعامل معها بشكل مناسب.
- وصف الأنماط في البيانات والتمثيلات البيانية. وإجراء تنبؤات بناءً على الأنماط في البيانات.
- الوصول إلى الاستنتاجات المناسبة وتبريرها بالإشارة إلى البيانات واستخدام التفسيرات المناسبة، ومناقشة مدى دعم النتائج للفرضيات.

تقييم الأساليب واقتراح التحسينات

- تحديد الأسباب المحتملة لعدم اليقين، في البيانات أو في الاستنتاجات، واقتراح التحسينات المناسبة على الإجراءات وتقنيات إجراء التجارب.
- شرح تأثير الأخطاء النظامية (بما في ذلك الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياسات.
- وصف تعديلات على تجربة ما من شأنها تحسين دقة البيانات أو توسيع نطاق الاستقصاء.

تركيب الخلية Cell Structure

أهداف التعلُّم

١-١ يُعِدّ شرائح مجهرية مؤقّتة لخلايا حية يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي.

١-٢ يرسم خلايا حية من شرائح وصور مجهرية ضوئية.

١-٣ يحسب مقدار تكبير الرسوم والصور، ويحسب القياسات الحقيقية للعيّنات من مقياس الرسوم، والصور المجهريّة الضوئية، والرسوم المجهريّة الإلكترونيّة (بالمجهر الماسح والمجهر النافذ).

١-٤ يستخدم مقياس العدسة العينية ومقياس المنضدة لإجراء القياسات ويستخدم الوحدات المناسبة: المليمتر (mm)، والميكرومتر (µm)، والنانومتر (nm).

١-٥ يتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي ويحدّد تركيبها ووظائفها مقتصرًا على:
- غشاء سطح الخلية
- النواة
- جهاز جولجي
- الميتوكندريا
- السنتريولات
- البلاستيدات الخضراء
- الجدار الخلوي
- غشاء الفجوة في الخلايا النباتيّة (التونوبلاست) وفجوة مركزية كبيرة دائمة في الخلايا النباتيّة

١-٦ يتعرّف على العضيّات والتراكيب الخلويّة الموجودة في الخلايا حقيقيّة النواة والتي يمكن رؤيتها تحت المجهر الإلكتروني ويحدّد تركيبها ووظائفها مقتصرًا على:
- الغلاف النووي والنوية
- الشبكة الإندوبلازمية الخشنة
- الشبكة الإندوبلازمية الناعمة
- العرف ووجود DNA حلقي صغير في الميتوكوندريا
- الرايبوسومات (80S في السيتوبلازم و70S في البلاستيدات الخضراء الميتوكوندريا)
- الليسوسومات
- الأنيبيبات الدقيقة
- الأهداب
- الخملات
- الثايلاكويدات ووجود DNA حلقي صغير في البلاستيدات الخضراء
- الروابط البلازميّة

١-٧ يصف ويفسّر الصور المجهريّة الضوئية والصور المجهريّة الإلكترونيّة ورسوم الخلايا النباتيّة والحيوانيّة النموذجية.

١-٨ يقارن تركيب الخلايا النباتيّة والخلايا الحيوانيّة النموذجيّة.

١-٩ يذكر أن الخلايا تستخدم ATP من عمليّة التنفس للعمليات التي تتطلّب الطاقة.

١-١٠ يحدّد خصائص التراكيب الأساسيّة للخليّة بدائيّة النواة كما توجد في بكتيريا نموذجيّة، بما في ذلك:
- أحادية الخلية
- قطر (1–5µm) غالبًا
- جدران خلويّة من ببتيدوجلايكان
- DNA حلقي
- رايبوسومات 70S
- الافتقار لعضّيات محاطة بأغشية مزدوجة.

١-١١ يقارن تركيب الخليّة بدائيّة النواة كما هي في بكتيريا نموذجيّة بتركيب الخلايا حقيقيّة النواة النموذجيّة في النباتات والحيوانات.

١-١٢ يذكر أنّ جميع الفيروسات تراكيب غير خلويّة تحتوي على حمض نووي (DNA أو RNA) وغلاف بروتيني يعرف بالمحفظة، وأنّ لبعض الفيروسات غلافًا خارجيًّا مكونًا من دهون مفسفرة.

الأنشطة

نشاط ١-١ وحدات قياس الأجسام الصغيرة

الخلايا صغيرة، والعُضيّات الموجودة فيها تكون أحيانًا صغيرة جدًّا. ستتدرّب في هذا النشاط على تحويل الوحدات المختلفة التي نستخدمها لقياس الأجسام الصغيرة جدًّا. وستتحقّق من أنك قادر على كتابة الأرقام في **شكلها المعياري** (الوحدات المعيارية).

مهم

الشكل المعياري طريقة في كتابة الأعداد الكبيرة أو الصغيرة بشكل بسيط.
والقواعد كما يأتي:

- اكتب **الأرقام** كأعداد بين 1 و 10
- ثم اكتب × $10^{\text{قوّة الرقم}}$

1mm =1000 µm =10^{3} µm

وبذلك 1µm = 1/1000 mm =10^{-3} mm

مصطلحات علمية

الشكل المعياري
Standard form: طريقة في كتابة العدد كقيمة تكون دائمًا بين 1 و 10، ويستخدم قوة الرقم (الأس) 10 ليبيّن مدى كبر العدد أو صغره.
الرقم: عدد صحيح واحد، على سبيل المثال 2

١. الوحدات المستخدمة في قياس الخلايا هي المليمتر (mm) والميكرومتر (µm) والنانومتر (nm).

أ. 1 µm = 1000 nm = 10 ..... nm

ب. 1 nm = ... µm = 10 ..... µm

ج. 1 nm ..... mm = 10 ..... mm

مهم

فيما يأتي أمثلة على كتابة أعداد صغيرة بالشكل المعياري:

0.678 = 6.78 x 10^{-1}

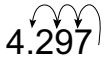
0.012 = 1.2 x 10^{-2}

0.0057 = 5.7 x 10^{-3}

مهم

لحساب قوة الرقم (الأس) الصحيح، تخيّل تحريك الفاصلة العشريّة إلى اليمين أو إلى اليسار، حتى تحصل على عدد بين 1 و 10. احسب عدد الحركات التي تمّت، لتمثل قوة الرقم 10.

على سبيل المثال، إذا كان الرقم الذي كتبته 4297، فعليك تحريك النقطة العشريّة (الفاصلة العشريّة) كما هو مُبيّن تاليًا:



وهكذا، يكتب الرقم على أنه: 4.297×10^3

وفيما يأتي أمثلة على كتابة أرقام كبيرة بالشكل المعياري:

$6000 = 6 \times 10^3$

$6248 = 6.248 \times 10^3$

$82\,910 = 8.291 \times 10^4$

$547.5 = 5.475 \times 10^2$

٢. اكتب هذه الأرقام بالشكل المعياري:

أ. 5000

ب. 63

ج. 63 000

د. 63 497

هـ. 8521.89

٣. اكتب هذه الأرقام بالشكل المعياري:

أ. 0.1257

ب. 0.0006

ج. 0.0104

٤. يبلغ قطر خليّة ما 0.094 mm.

أ. حوّل هذا الرقم إلى ميكرومترات µm.

ب. عبّر عن هذه القيمة بالشكل المعياري.

٥. يبلغ طول عُضيّة خلويّة 12 nm.

عبّر عن هذه القيمة بالشكل المعياري بالميكرومتر µm.

مهم

تذكّر أنه لا يوجد وحدات لمقدار التكبير.

٦. يبلغ طول ميتوكوندريون 1.28×10^2 µm.
عبّر عن هذه القيمة بالنانومتر nm.

٧. يبلغ قطر بلاستيدة خضراء 2.7×10^3 nm.
عبّر عن هذه القيمة بالميكرومتر µm.

نشاط ١-٢ حساب مقدار التكبير

ستكتسب من هذا النشاط ثقة بإجراء حساب مقدار التكبير، بالإضافة إلى تأمين مزيد من التطبيق في استخدام وحدات مختلفة، وفي تحويل الأرقام إلى الشكل المعياري. وسيكون دافعًا إلى التفكير في اختيار عدد مناسب من الأرقام الدالة لتضمينها في إجابتك. بشكل عام، عليك استخدام عدد الأرقام نفسها للدالة كما هو الحال في القيمة مع أصغر رقم من الأرقام الدالة التي استخدمتها في حساباتك.

$$\text{مقدار التكبير} = \frac{\text{قياس الصورة}}{\text{القياس الحقيقي (الفعلي)}}$$

مصطلحات علمية

مقدار التكبير
Magnification: عدد مرّات تكبير صورة الجسم مقارنة بالقياس الحقيقي؛ أو
مقدار التكبير = قياس الصورة ÷ القياس الحقيقي (الفعلي) للعيّنة أو الجسم.

١. يبلغ قياس صورة مجهريّة لخليّة نباتيّة 5.63 cm، بينما يبلغ قياسها الحقيقي (الفعلي) 73 µm.
اتبع الخطوات الآتية لتجد **مقدار تكبير** الصورة المجهريّة.
الخطوة ١ حوّل 5.63 cm إلى µm.
الخطوة ٢ عوّض باستخدام الصيغة التالية: مقدار التكبير = ...
الخطوة ٣ احسب مقدار التكبير. اكتب الإجابة بالصيغة ..... x (مرّة).

٢. أ. احسب مقدار تكبير رسم الخليّة الحيوانيّة الوارد في الشكل ١–١ من كتاب الطالب.
ب. احسب القياس الحقيقي (الفعلي) للبلاستيدة الخضراء المبينة بعلامة (×) في الصورة ١–١٧ من كتاب الطالب.

مصطلحات علمية

الميتوكوندريون
Mitochondrion (جمعها ميتوكوندريا): العُضيّة في الخلايا حقيقية النواة حيث تجري عملية التنفّس الهوائي.

٣. تبيّن صورة بالمجهر الإلكتروني نواة يبلغ قطرها 44 mm، ويبلغ قياسها الحقيقي (الفعلي) 6 µm. احسب مقدار تكبير هذه الصورة المجهرية الإلكترونية.

٤. تبيّن صورة بالمجهر الإلكتروني **ميتوكوندريون** قياسها 28 mm. ويبلغ مقدار تكبير الصورة 22700 x. اتبع الخطوات الآتية لتحسب قياس الميتوكوندريون الحقيقي (الفعلي):

الخطوة ١ حوّل 28 mm إلى µm.

الخطوة ٢ أعد ترتيب صيغة مقدار التكبير، ثم عوّض فيها.

$$\text{القياس الحقيقي (الفعلي)} = \frac{\text{قياس الصورة}}{\text{مقدار التكبير}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

الخطوة ٣ احسب القياس الحقيقي للميتوكوندريون. تذكّر أن تكتب إجابتك من ثلاثة أرقام معنوية.

٥. يبلغ طول البلاستيدة الخضراء في صورة المجهر الإلكتروني 36 mm. ويبلغ مقدار تكبير الصورة المجهريّة 1285 x. احسب القياس الحقيقي (الفعلي) للبلاستيدة الخضراء.

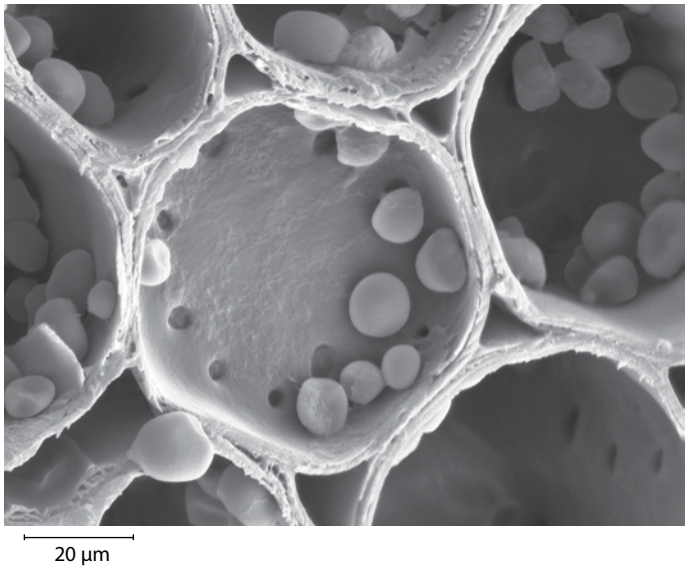
٦. تظهر الصورة المجهرية ١-١ مجموعة من بكتيريا الفيلقية (*Legionella*)، مكبّرة 980 x.

الصورة ١-١: صورة مجهرية لبكتيريا الفيلقية.

أ. قم بقياس أقصى طول للخلية البكتيرية (**A**).

ب. احسب القياس الحقيقي لهذه الخلية البكتيرية، موضّحًا إجابتك.

٧. تظهر الصورة المجهريّة أدناه خلايا نباتيّة تحتوي على حُبيبات نشا. يوجد شريط مقياس تحت الصورة ١–٢.



الصورة ١–٢: صورة مجهرية لخلايا نباتية تحتوي على حُبيبات نشا.

أ. قم بقياس طول شريط المقياس بالمليمتر mm.

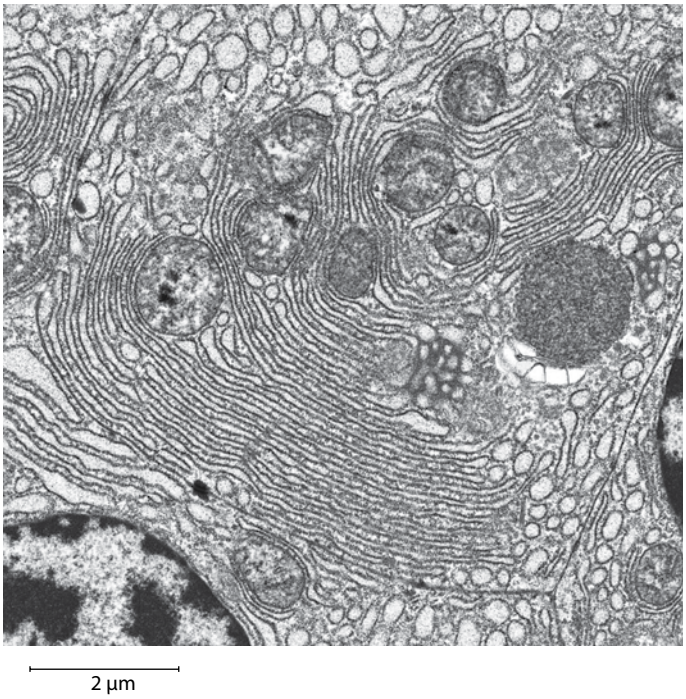
ب. حوّل هذا القياس إلى ميكرومتر µm.

ج. استخدم شريط المقياس لقياس الصورة، والقياس الحقيقي لحساب مقدار تكبير الصورة.

د. قم بقياس أقصى قطر للخليّة المركزيّة في الصورة المجهريّة.

هـ. استخدم مقدار تكبير الصورة الذي حسبته لحساب القياس الحقيقي لهذه الخلية.

٨. تظهر الصورة المجهريّة ١-٣ خليّة من بنكرياس أحد الثدييات، وتبدو فيها العديد من الميتوكوندريا.



الصورة ١-٣: صورة مجهرية لخلية من بنكرياس.

استخدم شريط المقياس لحساب القياس الحقيقي (الفعلي) للميتوكوندريون الأكبر حجمًا.

نشاط ١-٣ رسم تخطيطي لصورة مجهرية ضوئية

حتى تكون قادرًا على رسم رسوم تخطيطية لصور مجهرية أو من المجهر، عليك أن تمثلها بشكل بسيط وواضح ورسم ما تراه فقط. استخدم قلم جرافيت من نوع (HB) حاد واحتفظ بممحاة جيدة. كل خطّ ترسمه يجب أن يكون نظيفًا، وغير متقطّع، إلّا إذا وجدت فواصل تريد تمثيلها.

١. يمثّل الشكل ١–١ رسمًا تخطيطيًّا لخلايا نباتية، رسمت من صورة مجهرية إلكترونية. (انظر السؤال ٧ في الصورة ١–٢).

الشكل ١–١: رسم تخطيطي لخلايا نباتية.

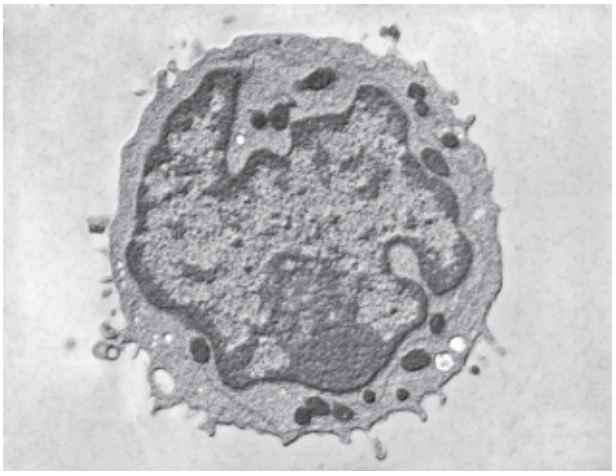
أ. استخدم المعايير في الجدول الآتي لتقييم جودة الرسم التخطيطي.
انقل الجدول أدناه على دفترك، واضعًا إشارة (✔) في خانة واحدة من كل صف في الجدول. يمكنك أيضًا إضافة تعليق موجز يشرح سبب اتخاذ كل قرار.

المعيار	تمّ تنفيذه بشكل ممتاز	تمّ تنفيذه بشكل جيّد إلى حدّ ما	تمّ تنفيذه بشكل غير مناسب
رسم تخطيطي كبير بحجم مناسب – استخدام جيّد للمساحة المتاحة من دون أن يغطّي الرسم النص المكتوب أو يتخطّاه.			
خطوط متواصلة وواضحة جدًّا.			
الشكل العام للرسم صحيح، وبالنسب الصحيحة تقريبًا.			
عدد حُبيبات النشا المرئية صحيح، وكل منها رسمت بعناية وفق الشكل والحجم الصحيحَين.			
الأحجام النسبيّة لحُبيبات النشا وحجم الخليّة تظهر بشكل صحيح.			
لم يتم استخدام أيّ تظليل.			
تظهر تفاصيل جدران الخلايا بشكل جيّد وصحيح.			

الجدول ١–١: جدول تقييم الرسم.

ب. ارسم الآن رسمك التخطيطي الخاص للخلايا المبيّنة في النشاط ١-٢ السؤال ٧. احرص على الالتزام بجميع المعايير بشكل كامل.

٢. تظهر الصورة المجهرية ١-٤ خليّة لمفاويّة، وهي نوع من خلايا الدم البيضاء في الثدييات.



الصورة ١-٤: صورة مجهرية لخلية لمفاوية.

أ. ارسم رسمًا تخطيطيًّا للخليّة اللمفاويّة.

ب. اكتب مجموعة معايير لتقييم رسمك التخطيطي، مستندًا إلى المعايير المدرجة في السؤال ١-أ كدليل.

ج. قيّم مستوى رسمك التخطيطي في ضوء معاييرك. يمكنك أيضًا مبادلة الرسم مع زميل لك ليقيّم كل منكما رسم الآخر.

د. يبلغ مقدار تكبير الصورة المجهريّة للخليّة اللمفاويّة = 4750 x. احسب القياس الحقيقي (الفعلي) للخليّة اللمفاويّة بالميكرومتر µm، باستخدام الشكل المعياري.

هـ. استخدم إجابتك على الجزئية د لحساب مقدار تكبير رسمك.

نشاط ١-٤ المجاهر الإلكترونيّة والمجاهر الضوئيّة

التقطت الصور المجهريّة في هذه الوحدة باستخدام أنواع مختلفة من المجاهر. في هذا النشاط، ستتدرّب على تحديد الخصائص التي تميّز الصور الملتقطة بأنواع مختلفة من المجاهر، ثم تلخّص الفروق بين ما يمكن رؤيته باستخدام المجاهر الضوئيّة والمجاهر الإلكترونيّة.

١. انقل الجدول ١-٢ إلى دفترك وأكمله. في عمود «نوع المجهر»، اختر إما **المجهر الضوئي، أو المجهر الإلكتروني النافذ، أو المجهر الإلكتروني الماسح** لتحدّد المجهر الذي التقطت به الصورة في كل شكل وارد في الجدول؛ وقدّم سبب اختيارك في عمود «سبب تحديدك نوع المجهر».

الصورة المجهرية	نوع المجهر المستخدم لالتقاط الصورة	سبب تحديدك نوع المجهر المستخدم
الصورة ١-٢ (نشاط ١-٢، السؤال ٧)		
الصورة ١-٣ (نشاط ١-٢، السؤال ٨)		
الصورة ١-٤ (نشاط ١-٣، السؤال ٢)		

الجدول ١-٢: جدول النتائج.

٢. انقل الجدول ١-٣ إلى دفترك وأكمله لمقارنة ما يمكن رؤيته في خلايا حيوانيّة نموذجيّة وخلايا نباتيّة نموذجيّة بالمجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني. ضع علامة (✔) أو علامة (✘) في كل خانة.

العُضيّة	تُرى في الخلايا النباتيّة		تُرى في الخلايا الحيوانيّة	
	تُرى بالمجهر الضوئي	تُرى بالمجهر الإلكتروني	تُرى بالمجهر الضوئي	تُرى بالمجهر الإلكتروني
النواة				
الميتوكوندريون				
أغشية داخل الميتوكوندريون				
جهاز جولجي				
الشبكة الإندوبلازميّة				
البلاستيدات الخضراء				
التركيب الداخلي للبلاستيدات الخضراء				
السنتريول				

الجدول ١-٣: العُضيات التي يمكن رؤيتها في خلايا حيوانية نموذجية وخلايا نباتية نموذجية بالمجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني.

مصطلحات علمية

المجهر الضوئي Optical microscope: مجهر يستخدم الضوء لرؤية العيّنة.

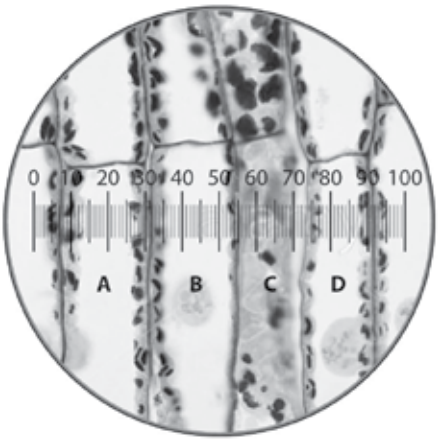
المجهر الإلكتروني النافذ Transmission electron microscope: مجهر يستخدم شعاع إلكترونات لرؤية القطاعات الرقيقة جدًّا.

المجهر الإلكتروني الماسح Scanning electron microscope: مجهر إلكتروني يؤمّن مشاهدة ثلاثيّة الأبعاد لسطح العيّنة.

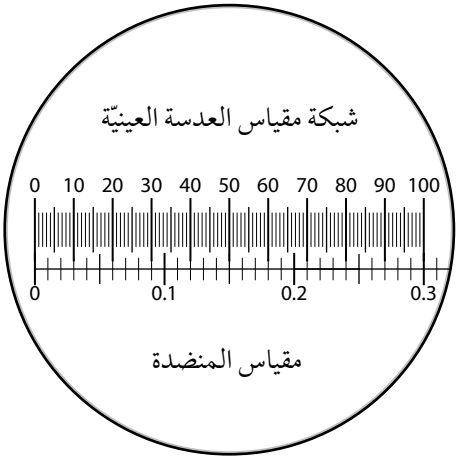
نشاط ١-٥ استخدام مقياس شبكة العدسة العينيّة ومقياس المنضدة

يتيح لك **مقياس شبكة العدسة العينيّة**، الذي جرت معايرته باستخدام مقياس المنضدة، معرفة القياس الحقيقي (الفعلي) للأجسام التي يمكن رؤيتها بالمجهر. يؤمّن هذا النشاط ممارسة لهذه التقنية، ويتضمّن قرارات حول عدد **الأرقام الدالة** (المهمّة) التي ستتضمّنها إجابتك.

تبين الصورة ١-٥ مجموعة من الخلايا العماديّة كما تُرى بمجهر ضوئي مزوّد بمقياس شبكة العدسة العينيّة، باستخدام العدسة الشيئيّة الكبرى.



الصورة ١-٥: صورة مجهرية للخلايا العماديّة باستخدام مقياس شبكة العدسة العينية. تسمّى الأجزاء الصغيرة على المقياس وحدات مقياس شبكة العدسة العينية.



الشكل ١-٢: مقياس المنضدة كما يُرى باستخدام مقياس شبكة العدسة العينية.

١. قم بقياس العرض الإجمالي للخلايا العمادية الأربع A، B، C، D الموضّحة في الصورة ١-٥، بوحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.

من أجل معرفة القياس الحقيقي الممثل بوحدة واحدة على مقياس شبكة العدسة العينيّة، تحتاج إلى معايرة مقياس العدسة العينيّة باستخدام **مقياس المنضدة**. هذه الشريحة محفور عليها بدقة أجزاء قياسات صغيرة مقدارها 0.01 mn. يبيّن الشكل ١-٢ ما تشاهده عندما تستبدل شريحة الخلايا العماديّة بمقياس المنضدة.

٢. أ. جِد تطابقًا (تقاربًا) جيدًا ودقيقًا لعلامتَين متباعدتَين قدر الإمكان على المقياسَين. قيمة الصفر على كلا المقياسَين متطابقة، ويوجد تقارب آخر بين المقياسَين عند الجزء الصغير في 80 على مقياس شبكة العدسة العينيّة.

مهم

عندما تفعل ذلك باستخدام المجهر الخاص بك، سوف تحتاج إلى إدارة العدسة و/أو تحريك الشريحة، بحيث يقع مقياس شبكة العدسة العينية تمامًا فوق الجسم الذي تريد قياسه.

مصطلحات علمية

مقياس شبكة العدسة العينيّة Eyepiece graticule: مقياس صغير يوجد في العدسة العينيّة للمجهر.

الأرقام الدالة Significant figures: الأرقام التي تعبّر عن معلومات مهمة عن حجم الرقم.

مقياس المنضدة Stage micrometer: مقياس صغير جدًّا محفور على شريحة مجهريّة ومرسوم بدقة بأبعاد معروفة.

مهم

من الضروري استخدام العدسة الشيئيّة نفسها تلك التي استخدمتها عند قياس الخلايا العماديّة بوحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة. ستحتاج إلى إدارة العدسة العينيّة وتحريك الشريحة على المنضدة للحصول على تلازم جيّد للمقياسَين.

كم عدد الأجزاء الصغيرة على مقياس المنضدة التي تساوي 80 جزءًا صغيرًا على مقياس شبكة العدسة العينيّة؟

ب. تذكّر أن جزءًا صغيرًا واحدًا على مقياس المنضدة يساوي 0.01 nm. استخدم إجابتك في الجزء (أ) لحساب عدد الميكرومترات (µm) الممثّلة بجزء واحد صغير على مقياس شبكة العدسة العينيّة.

ج. استفد من إجابتك الجزئية (ب) لإيجاد العرض الإجمالي للخلايا العماديّة في الصورة المجهريّة.

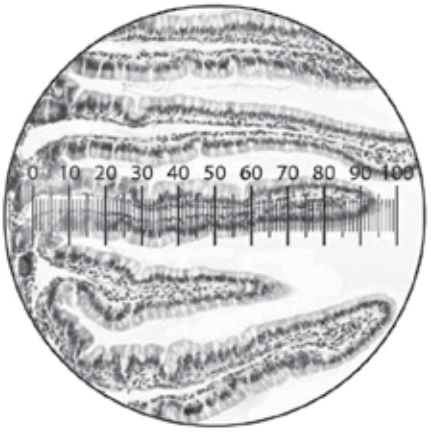
د. احسب متوسط عرض الخليّة العماديّة.

٣. اشرح سبب عدم رؤية كل من الخلايا العماديّة ومقياس المنضدة معًا بالعدسة العينيّة.

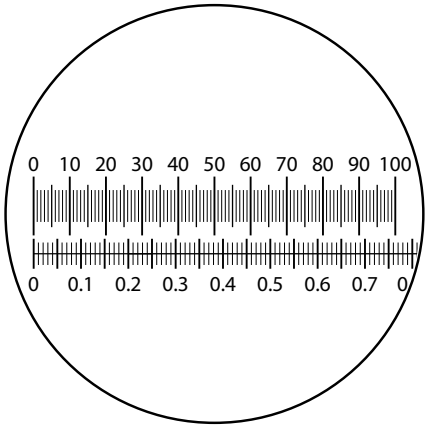
٤. تبيّن الصورة ١–٦ صورة بالمجهر الضوئي لبعض الخملات في الأمعاء الدقيقة، كما تُرى باستخدام مقياس شبكة العدسة العينيّة.

يبيّن الشكل ١–٣ مقياس شبكة العدسة العينيّة نفسها، باستخدام العدسة الشيئيّة نفسها، لكن هذه المرّة بوجود مقياس المنضدة.

استخدم كلا الصورتَين لحساب طول الخملات كما تُرى بمقياس شبكة العدسة العينيّة، موضّحًا كل خطوة في إجابتك.



الصورة ١–٦: صورة بالمجهر الضوئي للخملات كما تُرى بمقياس شبكة العدسة العينية.



الشكل ١–٣: صورة مقياس المنضدة كما تُرى بمقياس شبكة العدسة العينية.

نشاط ١-٦ الأغشية في أنواع مختلفة من الخلايا

تتخصّص معظم خلايا الكائنات الحيّة حقيقيّة النواة لأداء مجموعة معيّنة من الوظائف. في هذا النشاط، ستتعرّف على بيانات متعلّقة بالأغشية في نوعَين مختلفَين من الخلايا، وستستخدم معلوماتك في الأحياء لاقتراح تفسيرات للأنماط التي يمكن أن تختارها من هذه البيانات.

تحاط جميع الخلايا بغشاء سطح الخلية، كما تحتوي على أغشية أخرى بداخلها. قدّر الباحثون الكمّية الإجمالية للأغشية في 20 خليّة كبد، و20 خليّة إفرازيّة في البنكرياس، وحسبوا النسبة المئويّة للأغشية التي تحتوي عليها جميع التراكيب الخلويّة. يبيّن الجدول أدناه نتائج الباحثين.

مصدر الغشاء	متوسط النسبة المئويّة لجميع الأغشية (%)	
	خلايا الكبد	خلايا البنكرياس الإفرازيّة
غشاء سطح الخلية	1.8	4.8
أغشية الميتوكندريا	39.4	22.3
الغلاف النووي	0.5	0.7
الشبكة الأندوبلازميّة الخشنة	33.4	61.9
الشبكة الأندوبلازميّة الناعمة	16.3	0.1
جهاز جولجي	7.9	10.3
الليسوسومات	0.4	0
عضيات أخرى صغيرة	0.3	0

الجدول ١-٤: النسبة المئوية للأغشية في جميع التراكيب الخلوية المحتوية على أغشية.

١. اشرح سبب عدم إمكانية استخدام هذه البيانات لاستنتاج أن المتوسط الكمّي لغشاء سطح الخلية في خلايا الكبد أقلّ من تلك التي لخلايا البنكرياس الإفرازيّة.

٢. أيّ من مصادر الأغشية في الجدول يتكوّن من غشاءَين (غلاف)؟

٣. باستخدام البيانات في الجدول، اذكر العُضيّات التي تحتوي على أكبر نسبة مئوية من الأغشية في:

أ. خلايا الكبد.

ب. خلايا البنكرياس.

٤. تؤدي خلايا الكبد مجموعة متنوّعة من وظائف الأيض، بما في ذلك بناء البروتينات، وتجزئة السموم، وبناء الكولسترول، وإنتاج العصارة الصفراويّة.
تؤدّي خلايا البنكرياس وظيفة رئيسيّة واحدة هي إنتاج إنزيمات الهضم وإفرازها.
استخدم هذه المعلومات لاقتراح تفسيرات للفروق بين النسبة المئويّة للميتوكوندريا والشبكة الأندوبلازميّة الخشنة في خلايا الكبد وخلايا البنكرياس.

نشاط ١-٧ الأفعال الإجرائية

الأفعال الإجرائية هي المفردات الإرشاديّة التي تتضمّنها الأسئلة لتوجّهك إلى ما يُطلب إليك عمله. ولتتمكّن من كتابة إجابة وافية، فإنه من المفيد أن تحدّد الفعل الإجرائي في كل جزء من السؤال، وأن تتأكّد من فهمك لما يعنيه هذا الفعل.

١. في ما يأتي بعض الأفعال الإجرائية التي يمكن أن تستخدم في الاختبارات. يقدّم النص المائل أدناه شرحًا إضافيًّا لمعنى هذه الأفعال؛ وقد تعرّفت على العديد منها في هذه الوحدة.

قوّم	**احسب**	**اكتب تعليقًا**	**قارن**	**مايز**	**عرّف**
صف	**ناقش**	**اشرح**	**اذكر**	**حدّد**	**أوجز**
توقّع	**ارسم**	**وضّح**	**اقترح**		

طابق الفعل الإجرائي الصحيح أعلاه مع الوصف المناسب له أدناه.

أ. عبّر بعبارات واضحة – (*أي اعط إجابة دقيقة قصيرة*).

ب. اعط المعنى الدقيق – (*أي قدّم وصفًا مختصرًا ومكتمًلا لمعنى الفعل*).

ج. اعط الخصائص والميزات الرئيسيّة – (*على سبيل المثال، استخدم الكلمات لتوضّح ما يبيّنه التمثيل البياني، أو قدّم سردًا مفصّلًا خطوة بخطوة لشيء ما*).

د. أوجد إجابة من مصدر معيّن أو من الذاكرة، (*على سبيل المثال: استخدم المعلومات الواردة في السؤال، أو من المعرفة السابقة أثناء دراستك للوحدة*).

هـ. ارسم رسمًا مبسّطًا يبيّن الميزات الرئيسيّة.

و. حدّد النقاط الرئيسيّة – (*أي قدّم وصفًا موجزًا يتضمن أكثر النقاط أهميّة مع إهمال التفاصيل*).

ز. (أعد) الأهداف أو الأسباب / اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة / توقّع لماذا و/ أو كيف وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة – (*لاحظ أنك ستحتاج إلى استخدام معرفتك في علم الأحياء لتوضّح سبب أو كيفيّة حدوث شيء ما*).

ح. اكتب موضوعات بطريقة منظمة، (*من الجيّد غالبًا ذكر نقاط مؤيّدة أو معارضة لوجهة نظر معيّنة، أو كيف يمكن تفسير مجموعة من النتائج لدعم فرضيّة معيّنة أو دحضها*).

ط. أصدر حكمًا يستند إلى حسن الاطلاع.

ي. طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي توجد فيها مجموعة من الإجابات الصحيحة، من أجل تقديم مقترحات – (*أي استخدم المعلومات المقدمة، ومعرفتك في علم الأحياء، لتقديم إجابة صحيحة مكتملة؛ غالبًا ما يكون هناك أكثر من إجابة صحيحة محتملة*).

ك. اعمل انطلاقًا من حقائق أو أرقام أو معلومات معطاة – (*من الجيّد عادة إيضاح جميع خطوات العمل التي اتّبعتها*).

ل. اعط رأيًا معلّلًا – (*ستحتاج غالبا إلى استخدام معرفتك وفهمك في علم الأحياء، لتدلي بمجموعة من العبارات حول الموضوع*).

م. علّق على التشابهات – (*يمكنك غالبًا استخدام جدول لذلك، إذا كتبت جملًا، استخدم مصطلحات المقارنة*).

ن. علّق على الاختلافات – (*يمكنك غالبًا استخدام جدول لذلك، إذا كتبت جملًا، استخدم مصطلحات المقارنة*).

س. سمّ/اختر/تعرف – (*على سبيل المثال، كتابة تسمية تركيب على رسم تخطيطي أو صورة مجهريّة*).

ع. اقترح ما قد يحدث بناء على المعلومات العطاة.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-١: إعداد شريحة مجهريّة مؤقّتة ورسم الخلايا

ستتدرّب في هذا النشاط على استخدام المجهر الضوئي. ستُعدّ عيّنة مؤقّتة لنسيج نباتي، وتلاحظه باستخدام المجهر، ثم ترسم بعض الخلايا.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

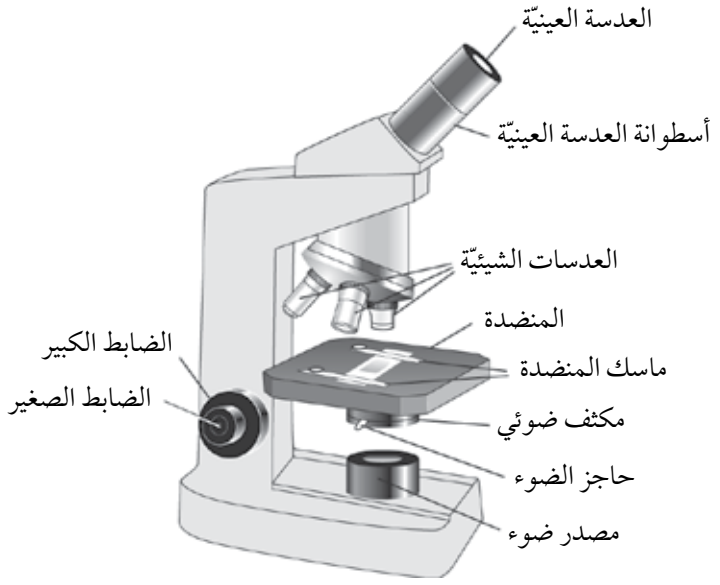
- مجهر ضوئي مزود بمقياس شبكة العدسة العينيّة
- شرائح مجهرية عدد ٢–٣
- أغطية شرائح مجهرية عدد ٢–٣
- قطّارة ماصّة
- إبرة مثبّتة
- ملقط
- مقص حاد أو شفرة آمنة
- ورق ترشيح أو منشفة ورقيّة
- قطعة بلاط
- قطع صغيرة من بصلة
- قلم جرافيت من النوع (HB) حاد.
- ممحاة ذات نوعيّة جيّدة

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- توخَّ الحذر عند استخدام شفرة حادّة لنزع قشرة البصلة الرقيقة.

الطريقة

الجزء ١: إعداد شريحة مؤقّتة لوضعها تحت المجهر



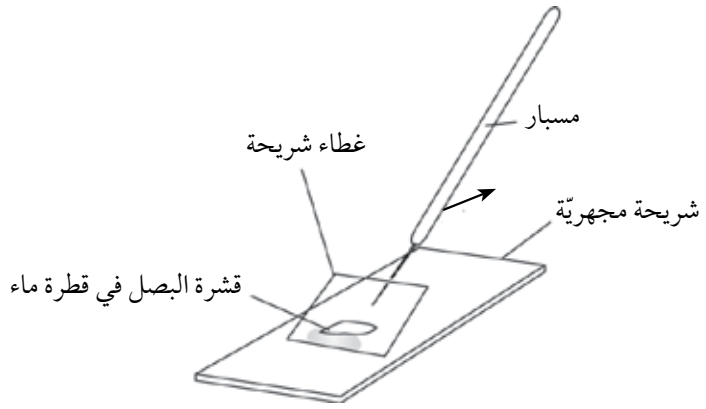
الشكل ١-١: المجهر الضوئي.

مهم

ربما لا يماثل مجهرك المجهر المُبيّن في الشكل، على سبيل المثال: قد يحتوي على مرآة بدل مصدر الضوء أو قد يكون ثنائي العدسة العينيّة.

١. ضع المجهر على الطاولة لتتعرّف على كل أجزائه المبيّنة في الرسم.
٢. ستعمل الآن على إعداد شريحة للفحص المجهري.

- استخدم المقص أو شفرة حادّة لتحصل على قطعة من الطبقات الداخلية لبصلة بقياس (1 × 1) سم تقريبًا.
- استخدم القطّارة لتضع قطرة ماء على مركز شريحة مجهر نظيفة.
- استخدم الملقط بلطف لتنزع القشرة الرقيقة عن السطح الداخلي لقطعة البصل، ثم ضعها مباشرة فوق قطرة الماء على الشريحة، معتمدًا على إبرة تثبيت أو مسبار لتمد قشرة البصل بلطف بحيث لا تتثني أو يتسرّب إليها ماء. قد تحتاج إلى إضافة قطرة ماء أخرى.
- أنزل غطاء الشريحة بلطف فوق الشريحة لتغطية قشرة البصل. يمكن أن يساعدك استخدام إبرة المسبار كما في الشكل ١-٢ على منع حبس أية فقاعة هواء. وإذا تكوّنت فقاعة هواء، فعليك تجاهلها أثناء رسم العيّنة.



الشكل ١-٢: كيفية وضع غطاء الشريحة.

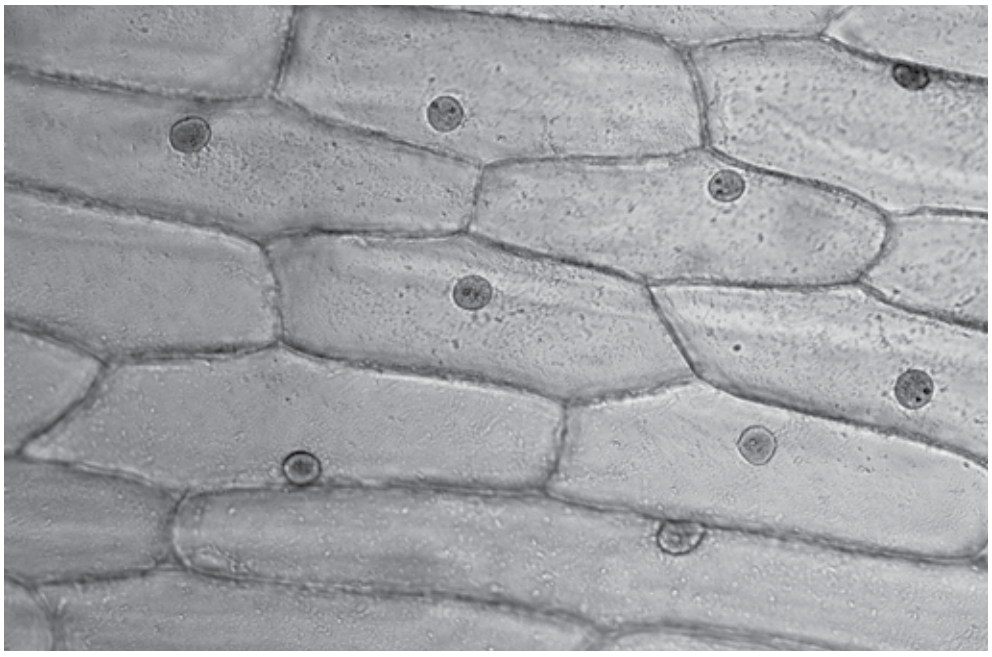
- استخدم ورق الترشيح بلطف لإزالة أية قطرة ماء قد تتسرّب إلى سطح الشريحة.

٣. يمكنك الآن رؤية الشريحة بالمجهر.

- أدر العدسات الشيئيّة بحيث تكون العدسة الصغرى (ذات قوة التكبير الأصغر) فوق الثقب الذي يتوسط المنضدة.
- انظر في العدسة العينيّة، وتأكّد من رؤية الضوء. إذا لم تستطع رؤية الضوء فاضبط مصدر الإضاءة أو المرآة.
- ضع الشريحة على منضدة المجهر بحيث تكون العيّنة فوق الثقب الذي يمرّ خلاله الضوء.
- حرّك الضابط الكبير ببطء لتقريب العدسات الشيئيّة من قشرة البصل حتى تكاد هذه العدسات تلامس الشريحة.
- انظر في العدسة العينيّة مرّة أخرى، وحرّك الضابط الكبير ببطء في الاتجاه الآخر لكي تتحرّك العدسات الشيئيّة بعيدًا عن قشرة البصل. توقّف عندما تشاهد القشرة. من المحتمل ألّا تبدو واضحة.
- حرّك الضابط الصغير لضبط الصورة إلى أن تتمكّن من رؤية قشرة البصل بوضوح. يجب أن تكون قادرًا على رؤية ما يماثل محتوى الصورة ١-١.

مهم

إذا تركت الماء على سطح الشريحة، فقد يصل إلى العدسة الشيئيّة. ومع مرور الوقت قد تتكوّن ترسّبات على العدسة.



الصورة ١-١: صورة مجهرية لخلايا القشرة.

مهم

قد يؤدّي تحريك العدسة الشيئيّة نحو الأسفل كثيرًا في بعض المجاهر إلى اصطدامها بالشريحة وكسرها. ويمكن تفادي ذلك عن طريق النظر إلى العدسة الشيئية من الجانب.

الجزء الثاني: عمل رسم لقشرة البصل باستخدام العدسة الكبرى

١. ركّز على قشرة البصل باستخدام العدسة الصغرى (ذات قوة التكبير الأصغر)، كما ورد سابقًا. أدِر العدسات الشيئيّة بلطف إلى أن تصل العدسة الأكبر من الصغرى مباشرة فوق الشريحة. استخدم الضابط الصغير في التركيز على الشريحة.

٢. حدّد العدسة الشيئيّة التي تؤمّن أفضل رؤية لقشرة البصل. إذا كان مجهرك مزوّدًا بعدسة كبرى أو ذات قوة تكبير أكبر من تلك التي استخدمتها، يمكنك اعتمادها.

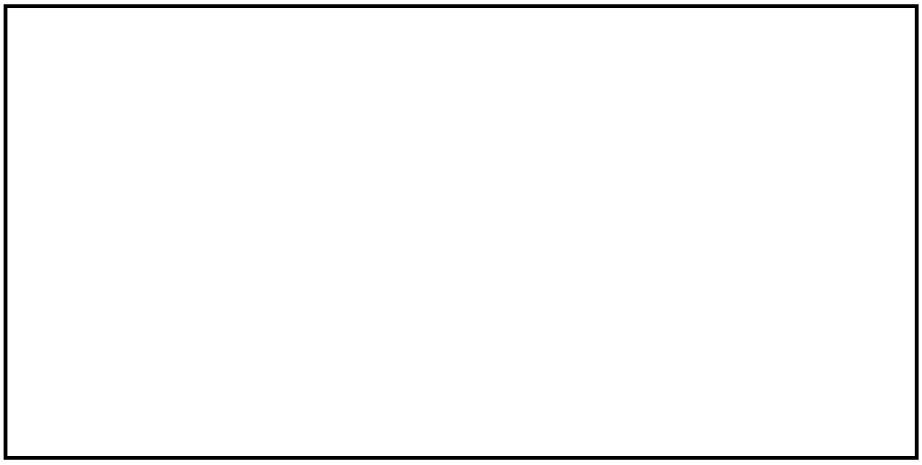
٣. ارسم رسمًا تخطيطيا لقشرة البصل في المربّع أدناه.

- استخدم قلم جرافيت من النوع (HB) حاد.
- يجب أن يكون رسمك كبيرًا، يشغل % 50 على الأقل من المساحة المتاحة. تأكّد من ترك مساحة كافية لكتابة المسميات.
- احرص على الالتزام بدقة أشكال الخلايا وقياساتها.
- يجب رسم جميع الخطوط منفردة وواضحة، مع عدم ترك أي فراغات فيها مهما كانت صغيرة.

مهم

من الجيد أحيانًا الاستمرار في تغيير العدسات الشيئيّة المختلفة أثناء قيامك بالرسم، على سبيل المثال: قد تستخدم العدسة الصغرى، وتنتقل بين الحين والآخر إلى العدسات الأكبر منها للتحقق من التفاصيل.

- ارسم الجدران الخلويّة دائمًا بخطَّين، لأنّها جدران سميكة.
- لا تستخدم التظليل في رسمك على الإطلاق.
- ارسم ما تراه، وليس ما تعتقد أنه يجب رؤيته.



٤. اكتب: السيتوبلازم والنواة والجدار الخلوي على رسمك.

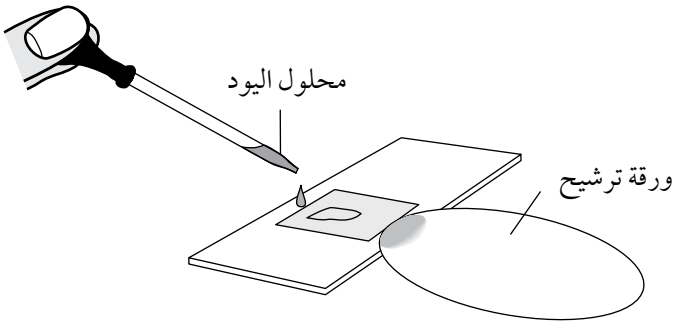
- استخدم قلم الجرافيت لرسم خطوط المسميات، ولكتابة المسميات به إذا اقتضى الأمر.
- استخدم مسطرة لرسم خطوط المسميات، وتأكّد من أن تلمس نهاية الخط الجزء الذي تقوم بتسميته.
- حافظ على خطوط المسميات منفصلة بعضها عن بعض.
- يمكن أن تكون خطوط المسميات بأيّ اتجاه، لكن يجب أن تكتب المسميات بشكل أفقي.

الجزء الثالث: إضافة صبغة إلى الشريحة المؤقّتة

ستضيف بعضًا من محلول اليود إلى شريحة قشرة البصل. سيصبغ (يلوّن) اليود أي حُبيبات نشا في خلايا البصل باللون الأزرق الداكن.

١. ضع قطرة صغيرة من محلول اليود على شريحة مجهر لتلامس حافة غطاء الشريحة.

٢. ضع بحذر شديد طرف قطعة من ورقة الترشيح بتماسّ مع الجانب المقابل من غطاء الشريحة، كما يبدو في الشكل ١-٣. ستمتصّ ورقة الترشيح الماء الموجود تحت غطاء الشريحة ما يؤدّي إلى تمرير محلول اليود إلى العيّنة.



الشكل ١-٣: إضافة محلول اليود.

٣. نظّف الشريحة، ولاحظ بالمجهر قشرة البصل المصبوغة. صف الفروق التي يمكن رؤيتها في الخلايا المصبوغة مقارنة بمظهرها قبل الصبغ.

.....

.....

.....

.....

الجزء الرابع: قياس أبعاد الخلايا باستخدام شبكة العدسة العينيّة.

مصطلحات علمية

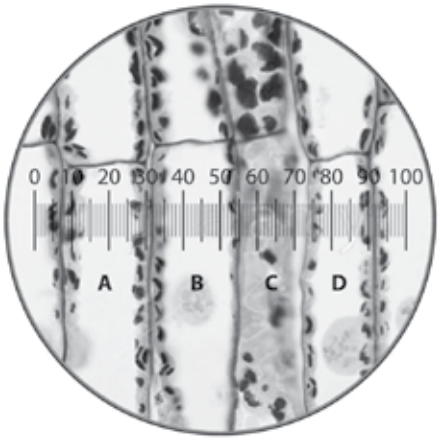
شبكة العدسة العينيّة Eyepiece graticule: مقياس صغير يوجد في العدسة العينيّة للمجهر.

١. ضع شريحة مُعدّة لمقطع عرضي في ورقة نبات على منضدة المجهر.

٢. تأكّد من وجود **شبكة العدسة العينيّة** للمجهر. انظر من خلال العدسة العينية، ثم أدرها لترى المقياس يستدير على هذه الشبكة.

٣. استخدم العدسة الشيئيّة الصغرى، وركّز على قطاع الورقة. حرّك الشريحة إلى أن تشاهد الخلايا العماديّة. يمكنك الانتقال إلى عدسة شيئية أخرى لتتمكّن من رؤية مجموعة من الخلايا العمادية بوضوح. حرّك الشريحة إلى أن تصبح الخلايا بوضع عمودي.

٤. أدر شبكة العدسة العينيّة إلى أن يصبح المقياس أفقيًا عبر مجموعة الخلايا، كما في الصورة ١-٢.



الصورة ١-٢: صورة مجهرية لخلايا عمادية تُرى باستخدام شبكة العدسة العينيّة.

٥. حرّك الشريحة إلى أن تصل إلى الرقم 0 على شبكة العدسة العينيّة تمامًا فوق جدار إحدى الخلايا. استخدم المقياس لقياس عرض ثلاث إلى أربع خلايا بوحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.

..... قياس الخلايا العماديّة ..... وحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.

الجزء الخامس: معايرة مقياس شبكة العدسة العينيّة.

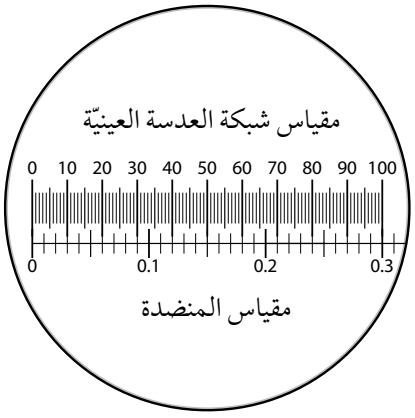
مصطلحات علمية

مقياس المنضدة Stage micrometer: مقياس صغير جدًّا محفور على شريحة مجهريّة ومرسوم بدقة بأبعاد معروفة.

معايرة Calibrate: تحويل قراءات المقياس إلى مقياس معياري بوحدات معروفة.

١. حافظ على العدسة الشيئيّة نفسها فوق الشريحة. أزِل الشريحة من على المنضدة، واستبدل بها **مقياس المنضدة**.

٢. انظر في العدسة العينيّة وركّز على مقياس المنضدة. حرّك العدسة العينيّة و/ أو الشريحة حتى يكون مقياس شبكة العدسة العينيّة ومقياس المنضدة متجاورَين تمامًا، كما في الشكل (١-٤).



الشكل ١-٤: مقياس المنضدة كما يُرى باستخدام مقياس شبكة العدسة العينيّة.

مهم

إذا اختلط عليك الأمر ولم تعد قادرًا على التمييز بين مقياس شبكة العدسة العينيّة ومقياس المنضدة، يمكنك فقط إدارة / تحريك العدسة العينيّة. فيكون المقياس الذي يدور هو مقياس شبكة العدسة العينيّة.

٣. ابحث عن تقارب جيّد للمقياسيَن ليكون أحدهما بعيدًا عن الآخر قدر الإمكان. في المثال القائم في الشكل ١-٤ يوجد تقارب بين مقياس شبكة العدسة العينية ومقياس المنضدة عند (0 و 0) و (80 و 0.24) على التوالي. اكتب نقاط التقارب على المقياسَين في مجهرك.

٤. الأجزاء الكبيرة على مقياس المنضدة متباعدة بمقدار 0.1 mm؛ والأجزاء الصغيرة متباعدة 0.01 mm بعضها عن بعض.

$$0.01\ mm = 0.01 \times 10^{3} m = 10\ \mu m$$

استخدم هذه المعلومة لحساب عدد الميكرومترات التي يمكن تمثيلها بجزء صغير واحد على مقياس شبكة العدسة العينيّة.

وحدة صغيرة على مقياس شبكة العدسة العينيّة = µm .....

٥. عُد إلى القياس الذي ضبطته في نهاية الجزء ٤، عندما قمت بقياس عرض ثلاث أو أربع خلايا بوحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.
حوّل هذا القياس إلى µm.

..... قياس الخلايا العماديّة µm .....

٦. قسّم هذه القيمة على عدد الخلايا، لتجد متوسّط عرض الخليّة العماديّة الواحدة.
متوسّط عرض الخليّة العماديّة الواحدة = µm .....

٧. أزِل مقياس المنضدة عن المجهر. ضع شريحة خلايا قشرة البصل على المنضدة. استخدم العدسة الشيئيّة نفسها، كما فعلت مع الخلايا العماديّة، وقم بقياس عرض مجموعة الخلايا بوحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.
..... قياس الخلايا العماديّة ..... وحدات مقياس شبكة العدسة العينيّة.

٨. حوّل هذا القياس إلى µm، ثم احسب متوسط عرض خلية قشرة بصل واحدة.

متوسّط عرض خلية قشرة بصل واحدة = µm .....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يعتمد هذا السؤال على تذكّر الحقائق والمفاهيم. يمكن الإجابة عن الجزئية (ب) بكتابة نصّية أو باستخدام رسم تخطيطي مع المسميات. لاحظ أن الفعل الإجرائي للجزئية (ب) هي أوجز.
يظهر الجدول أدناه بعض السمات التركيبية للخلايا بدائيّة النواة والخلايا حقيقيّة النواة.

السمة التركيبية	الخلية بدائيّة النواة		الخلية حقيقيّة النواة	
غشاء سطح الخلية				
النواة				
الرايبوسومات				
الميتوكوندريا				
البلاستيدات الخضراء				

أ. انقل الجدول إلى دفترك وأكمله. إذا كان يُحتمل وجود خاصيّة من الخصائص أعلاه في الخليّة، ضع علامة (✔) في الخانة المناسبة، وإذا لم توجد ضع علامة (✘). يجب أن تضع إما علامة (✔) أو علامة (✘) في كل خانة.

ب. لا تُعدّ الفيروسات كائنات حيّة، ولا تتكوّن من خلايا. **أوجز** الخصائص الرئيسيّة لتركيب الفيروس.

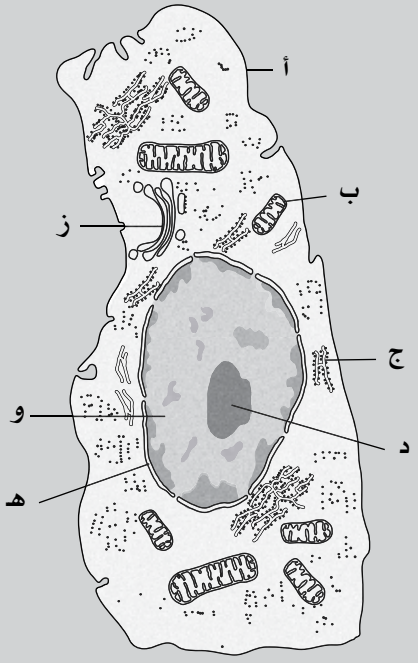
أفعال إجرائية

أوجز Outline: اكتب النقاط الرئيسية.

٢. يُطلب إليك في هذا السؤال تحديد تراكيب في خلية حيوانية؛ إنه سؤال يتطلّب ببساطة إجابة مباشرة، في حين أنك قد تفكّر مليًّا في الإجابة عن الجزئية (ب).

تابع

الرسم التخطيطي أدناه هو رسم لخليّة من جسم كائن حي ثديّ.



أ. **اذكر** نوع المجهر الذي يمكن استخدامه لتأمين رؤية هذا الكمّ من التفاصيل في الخليّة.

ب. اكتب أحرف التراكيب (أ – ز) المشار إليها في الرسم، والتي تتكوّن من أغشية دهون مفسفرة، أو محاطة بها.

ج. **صف** وظيفة كل من الآتي:

- التركيب (ب).
- التركيب (هـ).
- التركيب (ز).

أفعال إجرائية

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

صف Describe: قدّم الخصائص والميزات الرئيسية.

تابع

٣. يبيّن الرسم التخطيطي أدناه طريقة لفصل مكوّنات الخلايا. تسمّى هذه التقنية **الطرد المركزي فائق السرعة**.

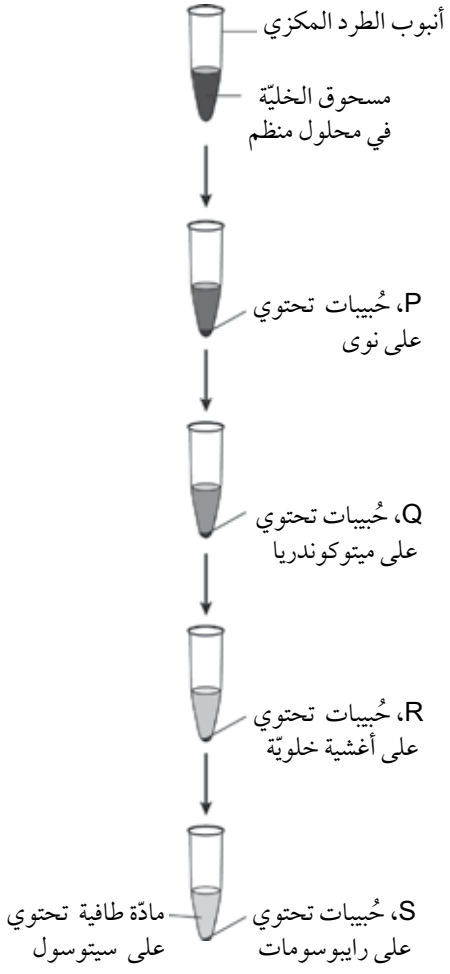
الخطوة ١:
تفكيك الخلايا ثم وضعها في محلول منظّم بارد مثلج، بجهد ماء مساو تقريبًا لجهد الماء في الخلايا.

الخطوة ٢:
الطرد المركزي عند 1300 g لمدة 5 دقائق عند $4C^0$.

الخطوة ٣:
الطرد المركزي عند 17000 g لمدة 15 دقيقة عند 4^0C.

الخطوة ٤:
الطرد المركزي عند 80000 g لمدة 60 دقيقة عند 4^0C.

الخطوة ٥:
الطرد المركزي عند 150000 g لمدة 3 ساعات عند 4^0C.



مصطلحات علمية

الطرد المركزي فائق السرعة Ultracentrifugation:
تدوير مزيج بسرعة عالية جدًّا، بحيث تترسّب المكوّنات الأكثر كثافة على القاع مع إمكانية فصلها.

تابع

أ. **اقترح** سبب اختيار المحلول الذي وضعت فيه الخلايا المفكّكة بالمواصفات التالية:
١. بارد مثلج.
٢. يحتوي على محلول منظّم.
٣. جهد الماء فيه مساو لجهد الماء في الخلايا.

ب. اقترح سبب عدم تجمع الرايبوسومات في حبيبات حتى المرحلة الأخيرة من الطرد المركزي فائق السرعة.

ج. اكتب حرف المكوّن أو المكوّنات التي تتوقّع أن تجد فيها:
١. DNA.
٢. دهون مفسفرة.

د. إذا أجريت العمليّة باستخدام الخلايا النباتيّة، فأيّة عُضيّات خلويّة أخرى تتوقّع أن تجدها في الحبيبات التي تحتوي على ميتوكوندريا؟ اشرح إجابتك.

ستتضمّن بعض الأسئلة أفكارًا جديدة، مثل صورة مجهريّة غير مألوفة. لكن معرفتك القبلية والمعلومات المقدّمة في السؤال يساعدانك على التوصل إلى إجابات مناسبة. انتبه بدقة إلى توزيع الدرجات، تفترض إلى مقدار التفاصيل التي تحتاج إلى تقديمها في إجابتك.

٤. توضح الصورة المجهرية على الصفحة التالية، أجزاء من خليّتَين في الأمعاء الدقيقة لحيوانَين ثدييَّن. التراكيب على امتداد سطح الخليّتَين هي خملات.

أ. اذكر نوع المجهر الذي استُخدم للحصول على هذه الصورة المجهريّة. اذكر سببًا لإجابتك.

ب. **حدّد** العضيّة (A).

ج. يبلغ مقدار تكبير الصورة المجهريّة X 12500

١. **احسب** طول الخملات بين النقطتَين (X) و (Y)، موضّحًا الطريقة التي اعتمدتها.

٢. تزيد الخملات بشكل كبير من مساحة سطح الخلايا. اقترح سبب وجود خملات للخلايا المبطّنة للأمعاء الدقيقة.

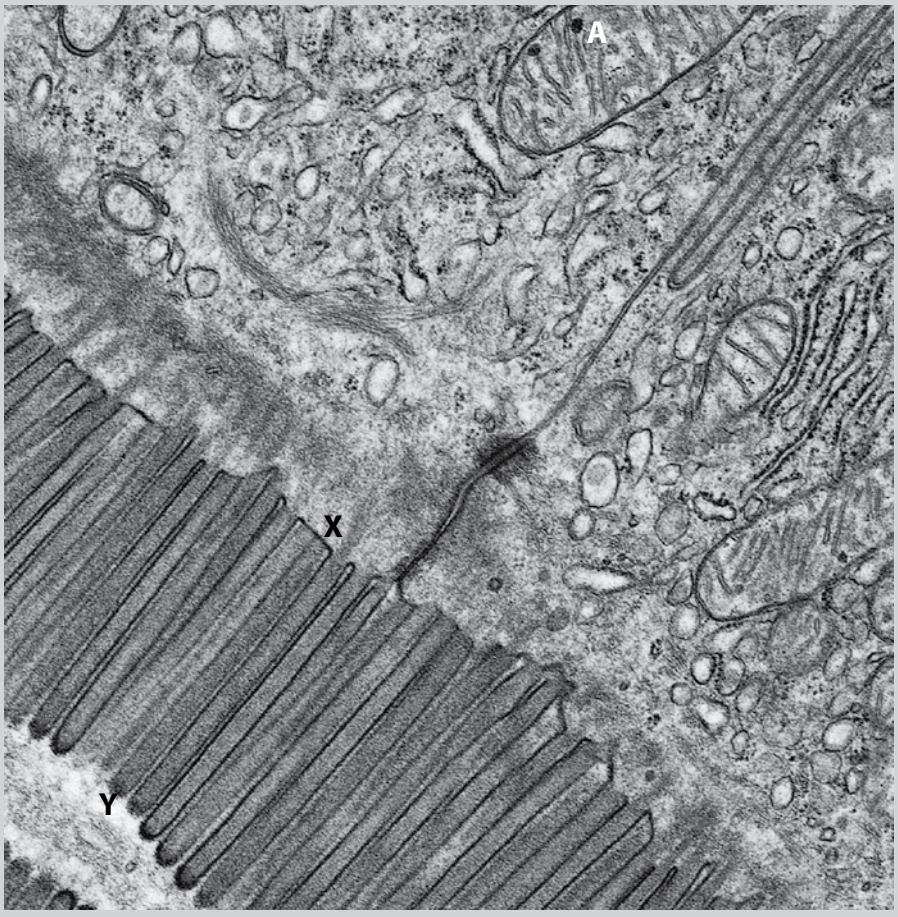
أفعال إجرائية

اقترح Suggest: طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي تتضمّن مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات.

حدّد Identify: سمّ/ اختر/ تعرّف.

احسب Calculate: استخلص، من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

تابع



الجزيئات الحيوية Biological Molecules

أهداف التعلُّم

٢-١ يصف اختبار بندكت شبه كمّي على محلول سكر مختزل عن طريق معايرة الاختبار، ويستخدم النتائج (الزمن لبدء تغيير اللون أو المقارنة بمعايير اللون) لتقدير التركيز.

٢-٢ يصف اختبارًا للكشف عن السكريات غير المختزلة باستخدام التحلّل المائي الحمضي ومحلول بندكت.

٢-٣ يصف ويرسم الأشكال الحلقيّة لكل من سكر ألفا جلوكوز وبيتا جلوكوز.

٢-٤ يعرّف المصطلحات الآتية: مونومر، بوليمر، جزيء كبير، سكر أحادي، سكر ثنائي، عديد التسكر.

٢-٥ يذكر دور الروابط التساهمية في ربط الجزيئات الصغيرة معًا لتكوين البوليمرات.

٢-٦ يذكر أنّ الجلوكوز والفركتوز والمالتوز سكريات مختزلة وأنّ السكروز سكر غير مختزل.

٢-٧ يصف تكوين الرابطة الجلايكوسيديّة عن طريق التكثيف، مع الإشارة إلى السكريات الثنائية، بما في ذلك سكر السكروز و عديدة التسكر.

٢-٨ يصف تكسّر الرابطة الجلايكوسيديّة في عديدة التسكر والسكريات الثنائية عن طريق التحلّل المائي، مع الإشارة إلى اختبار السكر غير المختزل.

٢-٩ يصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر النشا (أميلوز وأميلوبكتين) والجلايكوجين ويربط تركيبهما بوظائفهما في الكائنات الحيّة.

٢-١٠ يصف التركيب الجزيئي لعديد التسكر السليلوز ويبيّن كيف يساهم ترتيب جزيئات السليلوز في وظيفة جدران الخلايا النباتيّة.

٢-١١ يذكر أنّ الدهون الثلاثيّة جزيئات غير قطبيّة كارهة للماء، ويصف التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بالإشارة إلى الأحماض الدهنيّة (المشبعة وغير المشبعة) والجليسرول وتكوين روابط الإستر.

٢-١٢ يربط التركيب الجزيئي للدهون الثلاثيّة بوظائفها في الكائنات الحيّة.

٢-١٣ يصف التركيب الجزيئي للدهون المفسفرة مع الإشارة إلى رؤوس الفوسفات (المحبة) للماء (القطبيّة) وذيول الأحماض الدهنيّة الكارهة للماء (غير القطبيّة).

٢-١٤ يصف ويرسم
- التركيب العام للحمض الأميني
- تكوين وكسر الرابطة الببتيدية.

٢-١٥ يشرح معنى المصطلحات الآتية: التركيب الأولي، والتركيب الثانوي، والتركيب الثالثي، والتركيب الرابعي للبروتينات.

٢-١٦ يصف أنواع الروابط التي تحافظ على شكل جزيئات البروتين:
- التفاعلات الكارهة للماء
- الرابطة الهيدروجينيّة
- الرابطة الأيونيّة
- الرابطة التساهمية بما في ذلك روابط ثنائي الكبريتيد.

٢-١٧ يذكر أنّ البروتينات الكرويّة قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار وظيفية، وأنّ البروتينات الليفيّة غير قابلة للذوبان بشكل عام، ولها أدوار تركيبيّة.

٢-١٨ يصف تركيب جزيء الهيموجلوبين كمثال على بروتين كروي بما في ذلك تكوين تركيبه الرابعي من سلسلتي ألفا (جلوبين ألفا) وسلسلتي بيتا (جلوبين بيتا) ومجموعة هيم.

٢-١٩ يربط تركيب الهيموجلوبين بوظيفته بما في ذلك أهميّة الحديد في مجموعة الهيم.

٢-٢٠ يصف تركيب جزيء الكولاجين كمثال على البروتين الليفي، وترتيب جزيئات الكولاجين لتكوين ألياف الكولاجين.

٢-٢١ يربط تركيب جزيئات الكولاجين وألياف الكولاجين بوظيفتها.

٢-٢٢ يشرح كيفيّة تكوين الروابط الهيدروجينيّة بين جزيئات الماء ويربط خصائص الماء بأدواره في الكائنات الحيّة، مقتصرًا على: الإذابة والسعة الحراريّة النوعيّة العالية والحرارة الكامنة للتبخّر.

الأنشطة

نشاط ٢-١ استخدام جداول التلخيص

تدوين الملاحظات هي إحدى أهمّ المهارات، وعلى الطلبة أن يكونوا قادرين على استخلاص المعلومات ذات الصلة من النصوص المعقّدة. فهم يعتمدون على أساليب كثيرة لتدوين ملاحظاتهم، لكن، أيًّا يكن الأسلوب فلا يتوجّب أن يتمّ نسخ مقطع كامل على دفتر الملاحظات. ومن الأساليب الفاعلة في تدوين الملاحظات، تكوين جداول تلخيص للنص، والتي تساعد الطلبة على تخزين المعلومات وحفظها في الذاكرة لمدّة طويلة بفعل إعادة كتابتها، كما تسهّل عليهم عمليّة المراجعة للمعلومات الأساسية.

في هذا النشاط سوف:

- تقرأ فقرة معقّدة عن تركيب الكربوهيدرات، وتحدّد النقاط الرئيسيّة فيها.
- تطوّر مهارتك في تدوين الملاحظات عبر تكوين جداول تلخيص مناسبة.

١. اقرأ الفقرة أدناه بعناية، والتي تتمحور حول الكربوهيدرات، ثم انقل الجدول الوارد في الصفحة ٤٨ إلى دفترك وأكمله لتوجز التراكيب المختلفة **لعديدة التسكر** ووظائفها.

عديدة التسكّر هي بوليمرات من سكّريات أحاديّة تتكوّن من ارتباط سكّريات أحاديّة عبر رابطة جلايكوسيدية. الجلوكوز مونومر (وحدة بنائية) للعديد من عديدة التسكّر، وهو جُزيء شديد الذوبان والتفاعل، ويؤثّر على أسموزية الخلايا، كما يتداخل مع التفاعلات الكيميائيّة الحيويّة. يخزّن الجلوكوز في النباتات على شكل نشا، وهو خليط من أميلوز وأميلوبكتين؛ أمّا في الحيوانات فيخزّن الجلوكوز على شكل جلايكوجين. يتكوّن الأميلوز من جزيئات α-جلوكوز مرتبطة في روابط جلايكوسيدية ألفا (1,4)، ما يؤدّي إلى تكوين جُزيء لولبي مضغوط جدًّا. يتكوّن الأميلوبكتين أيضًا من جزيئات α-جلوكوز، ويتضمّن العديد من روابط جلايكوسيدية ألفا (1,4)، والعديد من التفرّعات الجانبيّة المرتبطة في روابط جلايكوسيدية ألفا (1,6). كما يتكوّن الجلايكوجين من جزيئات α-جلوكوز مرتبطة في روابط جلايكوسيدية ألفا (1,4) و (1,6)، مشكِّلة جزيئًا كثير التفرّع، تسمح بتحلّل مائي سريع لجزيئات الجلوكوز. السليلوز بوليمر يتكوّن من جزيئات β-جلوكوز. وتكون مجموعة OH- على الكربون رقم 1 في β-جلوكوز إلى الأعلى، لذا ينقلب كل جُزيء جلوكوز بالتناوب مع الذي يليه °180. وجزيئات السليلوز طويلة مستقيمة وغير متفرّعة، ويرتبط 70-60 جُزيء سليلوز معًا عبر **روابط هيدروجينيّة** لتكوين ليفيات دقيقة. هذه الليفيات الدقيقة تتّحد معًا لتكوّن أليافًا، وهذه الألياف بدورها تكوّن جدار الخليّة. تتجمّع ألياف السليلوز بقوّة شدّ عالية جدًّا، ما يمنع انفجار الخلايا، لكنه يسمح بالمرور (الكلّي) الحرّ للماء وللجزيئات القابلة للذوبان فيه.

مصطلحات علمية

عديد التسكر Polysaccharides: بوليمر تكون وحداته سكّريات أحادية مرتبطة معًا بروابط جلايكوسيديّة.

رابطة هيدروجينيّة Hydrogen bond: رابطة ضعيفة نسبيًّا تتشكّل من خلال التجاذب (الاستقطاب) بين مجموعة بشحنة موجبة جزئية تحتوي على ذرّة هيدروجين ($H^{\delta+}$) ومجموعة أخرى بشحنة سالبة جزئية تحتوي على ذرة أكسجين ($O^{\delta-}$)، على سبيل المثال بين المجموعتَين $-O^{\delta-}H^{\delta+}-$.

عديد التسكر	اسم المونومر	نوع الرابطة بين المونومرات	الوصف	الوظيفة
الأميلوز	α–جلوكوز	α (1,4)	• طويل • لولبي • مضغوط	• مخزن الجلوكوز في الخليّة (الطاقة) • لا يؤثّر على الأسموزيّة • يوجد في النباتات
الأميلوبكتين				
الجلايكوجين				
السليلوز				

الجدول ٢–١: جدول تلخيص النتائج.

نشاط ٢-٢ حساب تركيز المحاليل وتحضير محاليل مخفّفة

التوصّل إلى الوحدات الصحيحة

من المهمّ أن تكون قادرًا على تحضير تراكيز دقيقة لمحاليل مختلفة.

يمكن أن يطلب إليك تحضير تراكيز بنسب مئوية (%)، أو بعدد **المولات** لكل وحدة حجم mol/L. في هذا النشاط سوف:

- تطوّر فهمك للوحدات المختلفة.
- تطوّر قدرتك على حساب التراكيز المختلفة للمحاليل كنسبة مئويّة وكعدد المولات في كل وحدة حجم.

من المهمّ فهم وحدات الحجم والكتلة عند تحضير محاليل بتراكيز مختلفة. وقد تضطرّ إلى إجراء بعض التحويلات.

وحدة الكتلة في النظام الدولي للوحدات SI هي الكيلوغرامات kg. وسيصادفك في علم الأحياء وحدات كتل كثيرة تقاس بالكيلوغرامات kg، أو بالغرامات g، أو بالملّي غرامات mg، أو بالميكروغرامات µg، وحتى أحيانًا بالنانوغرامات ng.

مصطلحات علمية

المول Mole (جمعها مولات Moles): كميّة العنصر أو المادة المساوية عدديًا للوزن الذرّي أو الجزيئي للمادة معبّرًا عن كتلتها بالغرامات.

- 1 kg يساوي 1000 g.
- 1 g يساوي 1000 mg.
- 1 mg يساوي 1000 µg.
- 1 µg يساوي 1000 ng.

لتحويل القيمة بوحدة معطاة إلى قيمة بالوحدة التالية الأصغر منها، يجب أن تضربها في 1000، ولتحويلها إلى الوحدة التالية الأكبر منها يجب قسمتها على 1000.

على سبيل المثال: 0.005 kg تساوي 5 g = 1000 × 0.005. وتساوي أيضًا 0.005 × 10^6 = 5000 mg.

وحدة الحجم في النظام الدولي للوحدات هي المتر المكعب m^3. وعادة ما تصادفك في علم الأحياء حجوم مثل اللتر L والذي يساوي الديسيمتر المكعب dm^3، والمليلتر mL والذي يساوي السنتيمتر المكعب cm^3، الميكرولتر µL والذي يساوي مليمتر مكعب mm^3.

- 1 لتر L = 1000 مليلتر mL.
- 1 مليلتر mL = 1000 ميكرولتر µL.

ولتحويل القيمة المعطاة باللتر إلى المليلتر يجب أن تضربها في 1000، ولتحويلها من المليمتر إلى اللتر، يجب أن تقسمها على 1000.

١. حوّل الوحدات الآتية:

أ. 150 mg إلى g.
ب. 225 mg إلى kg.
ج. 0.005 kg إلى mg.
د. 100 ng إلى g.
هـ. 100 mL إلى L.
و. 0.005 mL إلى µL.
ز. 150 µL إلى L.
ح. 0.000005 L إلى µL.

حساب التركيز كنسب من الحجم الإجمالي

هو إعطاء تركيز المحلول بنسبة مئويّة، على سبيل المثال: 1.5% محلول سكّروز، حيث إنه جرى إذابة 1 g من السكّروز في ماء مقطر إلى أن بلغ حجمًا إجماليًّا مقداره 100 mL.

يمكن حساب النسبة المئويّة للتركيز باستخدام المعادلة:

$$\text{نسبة تركيز كتلة المذاب (المئوية) بالغرامات} = \frac{\text{كتلة المذاب بالغرامات}}{\text{حجم المحلول بـ mL}} \times 100$$

٢. رتّب العبارات الآتية حول تحضير 100 mL من محلول السكّروز (5%) ترتيبًا صحيحًا:

أ. أضف الماء المقطّر حتى الوصول إلى الحجم 100 mL.

ب. ذوّبها في كمّية صغيرة من الماء المقطّر.

ج. ضع السكّروز المذاب في دورق حجمي 100 mL.

د. استخدم ميزانًا إلكترونيًّا لقياس 5 g من السكّروز.

٣. احسب تراكيز السكّروز بالنسبة المئويّة في المحاليل الآتية:

أ. 5 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 100 mL.

ب. 10 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 500 mL.

ج. 0.5 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 500 mL.

د. 37.5 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 150 mL.

هـ. 450 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 1 L.

و. 0.005 g سكّروز كوّنت محلولًا بحجم 100 mm^3.

٤. احسب كتلة السكروز اللازمة لتحضير المحاليل الآتية:

أ. 100 mL من محلول السكروز 0.5%.

ب. 250 mL من محلول السكروز 12 %.

ج. 500 mL من محلول السكروز 25 %.

د. 750 mL من محلول السكروز 50 %.

هـ. 500 mm^3 من محلول السكروز 10 %.

و. 1 L من محلول السكروز 45 %.

حساب التراكيز بالمولاريّة

تعطى تراكيز المحاليل غالبًا على شكل مولاريّة، أي على عدد المولات الذائبة في ديسيمتر مكعب واحد من الماء. المول هو الكتلة الجزيئيّة النسبيّة للمادة بالغرامات: ويمكن حساب مولاريّة المحلول باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{المولارية (1 mol/L)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{عدد مولات الحجم الإجمالي للمحلول في L}}$$

لتحضير 1 mol/L من مادة ما تحتاج إلى أن تزن 1 mol منها، ووضعها في دورق حجمي 1 L ثم إضافة الماء المقطر حتى الوصول إلى الحجم الإجمالي 1 L.

على سبيل المثال، لتحضير 1 mol/L من محلول الجلوكوز:

الخطوة ١ تعرّف الصيغة الجزيئيّة للجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$).

الخطوة ٢ حدّد الكتلة الجزيئيّة النسبيّة للجلوكوز. الكتل الذرّية النسبيّة للعناصر هي: الكربون 12، الهيدروجين 1، الأكسجين 16. وبالتالي تساوي الكتلة الجزيئيّة النسبيّة للجلوكوز:

$(12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 72 + 12 + 96 = 180$

الخطوة ٣ زِن 180 g من الجلوكوز.

الخطوة ٤ ذوِّب الجلوكوز في كمّية صغيرة من الماء المقطّر.

الخطوة ٥ ضَع محلول الجلوكوز في دورق حجمي 1 L، وأضف الماء المقطّر ليكون الحجم النهائي 1 L.

٥. احسب كتل المواد المذابة اللازمة لتحضير المحاليل الآتية:

أ. 1 L من محلول الجلوكوز 1 mol/L.

ب. 1 L من محلول المالتوز 1 mol/L.

ج. 1 L من محلول الجلايسين ($C_2H_5O_2N$).

د. 100 mL من محلول الجلوكوز 2 mol/L.

هـ. 100 mm^3 من محلول السكّروز 2 mol/L.

مهم

احرص على التأكّد من تحويلك للوحدات! غالبًا ما تُعطى المحاليل المخفّفة بوحدة mmol/L. حيث 1000 mmoles تعادل 1 مول.

يجب أن تكون قادرًا أيضًا على تحديد مولاريّة المحلول إذا كانت كتلة المحلول وحجمه مع الماء المقطّر معطاة.

$$\text{المولارية (1 mol/L)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{عدد مولات الحجم الإجمالي للمحلول في L}}$$

على سبيل المثال، أذيب 171 g من السكّروز بإضافة الماء المقطّر، حتى الوصول إلى الحجم 0.5 L. عليك اتّباع الخطوات الآتية لحساب مولاريّة المحلول:

الخطوة ١ احسب كتلة 1 مول السكّروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

$(12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 6) = 144 + 22 + 176 = 342$ g

الخطوة ٢ احسب عدد المولات في 171 g من السكّروز

$(171 \div 342) = 0.5$ moles

الخطوة ٣ احسب المولاريّة بقسمة عدد المولات على حجم الماء في L:

(0.5÷ 0.5) = 1 mol/L.

٦. احسب التراكيز المولاريّة للمحاليل الآتية:

أ. 171 g سكّروز مذابة في ماء مقطّر 1 L.

ب. 150 g جلايسين ($C_2H_5O_2N$) مذابة في 1 L ماء مقطّر.

ج. 4.5 g جلوكوز مذابة في 100 mL ماء مقطّر.

د. 1.8 g جلوكوز مذابة في ماء مقطّر 1 L.

هـ. 342 mg سكّروز مذابة في 1 mL ماء مقطّر.

نشاط ٢-٣ التمثيل البياني واستخدام منحنيات المعايرة

ستحتاج إلى معرفة الاختبارات الكيميائيّة الحيويّة للنشا، والسكّريات المختزلة، والسكّريات غير المختزلة، والبروتينات والدهون. يقوم **اختبار بندكت** بالكشف عن السكّريات المختزلة. ففي البداية، يكون كاشف بندكت بلون أزرق فاتح لوجود كبريتات النحاس الثنائي (II). وعند تسخينها بوجود سكّر مختزل، تختزل كبريتات النحاس الثنائي إلى أكسيد النحاس الأحادي (I) الأحمر غيرالذائب. تؤدّي التراكيز العُليا من السكّر المختزل في الكاشف بندكت إلى اكتساب المحلول للون أزرق أقلّ شدّة. يمكن تقييم درجة اللون الأزرق بشكل شبه كمّي، بمقارنته بألوان معيارية معروفة. ويؤمّن استخدام جهاز **مقياس الألوان** طريقة أكثر دقّة لتحديد درجة اللون الأزرق كمّيًا؛ وهو جهاز يعطي قيمة محدّدة عن مدى شدّة لون المحلول الأزرق. في هذا النشاط سوف:

- تطوّر فهمك لاختبار بندكت.
- تطوّر فهمك لكيفيّة تحضير محاليل مخفّفة.
- تطوّر فهمك لكيفيّة استخدام معايرة التمثيل البياني.

تحضير المحاليل المخفّفة

لتحديد تركيز سكّر مختزل في محلول معيّن، يجب تكوين منحنى معايرة بياني باستخدام نطاق من التراكيز المعروفة. ويمكن تحقيق ذلك من طريق تخفيف محاليل السكّر المختزل بتراكيز معروفة.

مصطلحات علمية

اختبار بندكت Benedict's test: اختبار للكشف عن السكّريات المختزلة. تسخن المادة غير المعروفة مع كاشف بندكت، والتغيّر في اللون من المحلول الأزرق الصافي إلى تكوّن راسب أخضر أو أصفر، أو أحمر، أو بنّي، يدلّ على وجود السكّريات المختزلة مثل سكر الجلوكوز.

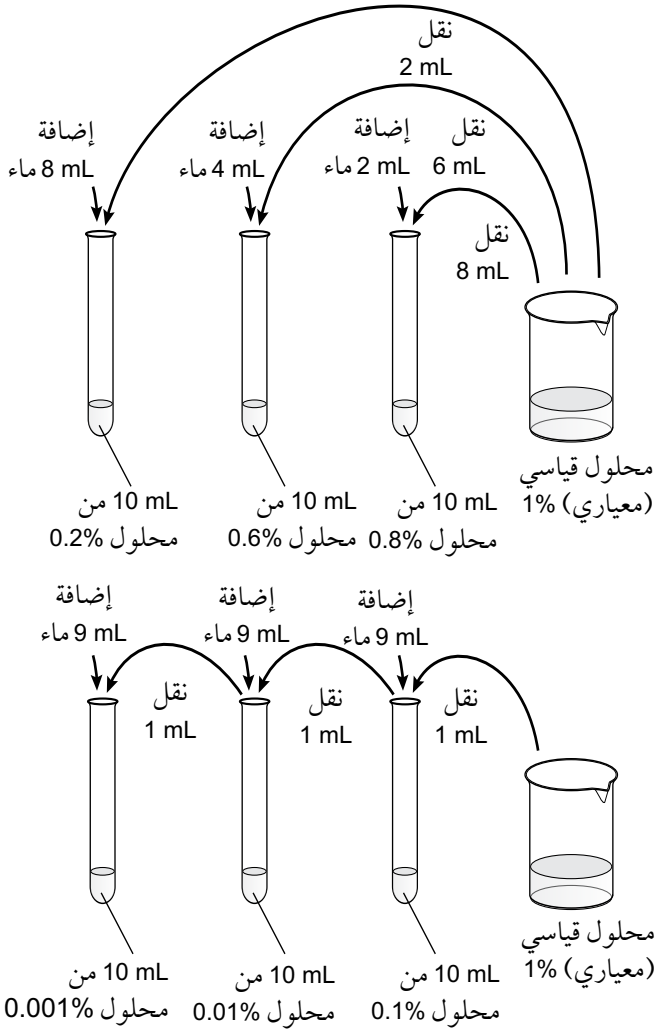
مقياس الألوان Colorimeter: جهاز يقيس شدّة اللون لمحلول ما، وذلك بتمرير ضوء بطول موجي معيّن خلال المحلول وقياس مقدار الضوء النافذ عبره.

١. انقل الجدول إلى دفترك وأكمله لتبيّن كيفيّة عمل نطاق من التراكيز لمحلول سكّر مختزل معياري 1%. تمّ إكمال نتائج الصفَّين الأوّلَين من الجدول لمساعدتك.

تركيز السكَّروز (%)	حجم محلول السكّروز 1% (mL)	حجم الماء المضاف (mL)
0.9	9	1
0.8	8	2
0.7		
0.6		
0.5		
0.4		
0.3		
0.2		
0.1		

الجدول ٢-٢: جدول تلخيص النتائج.

لتحضير نطاق واسع من المحاليل المخفّفة، يتطلّب أن تكون قادرًا على إجراء التخفيف التسلسلي. يبيّن الرسم التخطيطي ٢–١ أدناه مثالًا على ذلك.



الشكل ٢–١: تحضير نطاق واسع من التراكيز لمحاليل معيارية.

٢. صف كيف يمكنك تحضير تراكيز الجلوكوز الآتية لمحلول جلوكوز قياسي (معياري) 1% (قد توجد عدة طرائق لكل منها):

أ. 0.02% **ب.** 0.003% **ج.** 0.0005%

رسم منحنى المعايرة

منحنى المعايرة تمثيل بياني لتراكيز معروفة مقابل النسبة المئويّة للامتصاص.

يبيّن الجدول ٢-٣ النسبة المئويّة للضوء الأحمر الذي تمّ امتصاصه، باستخدام مقياس اللون، من اختبارات بندكت أجريت على مجموعة متنوّعة من تراكيز الجلوكوز.

تركيز الجلوكوز (%)	امتصاص الضوء (%)
1.0	5
0.8	35
0.6	45
0.4	64
0.2	85
0.1	92
0.0	96

الجدول ٢-٣: النسبة المئويّة للضوء الأحمر الذي تمّ امتصاصه، باستخدام مقياس اللون، من اختبارات بندكت أجريت على مجموعة متنوّعة من تراكيز سكّر الجلوكوز.

٣. ارسم منحنى معايرة يمثل تركيز الجلوكوز مقابل امتصاص الضوء. اتّبع هذه الخطوات لرسم التمثيل البياني.

الخطوة ١ اكتب تسمية المتغيّر المستقلّ على المحور السيني، وهو هنا تركيز الجلوكوز/%.

الخطوة ٢ اكتب تسمية المتغيّر التابع على المحور الصادي، وهو هنا امتصاص الضوء/%.

الخطوة ٣ اختر المقاييس الخطيّة المناسبة لكلا المحورَين، تأكّد من إمكانيّة ملاءمة جميع البيانات على امتداد كل محور، لكن حاول استخدام نصف المحور على الأقل. لا ضرورة لبدء المحورَين عند النقطة صفر إذا لم يكن ذلك مناسبًا.

الخطوة ٤ ارسم بعناية، مستخدمًا قلم جرافيت من النوع (HB) حادّ، النقاط على شكل (×).

الخطوة ٥ ارسم خطًّا متواصلًا أو منحنيًا يناسب النقاط بشكل ملائم. يمكننا رسم خطّ متواصل أو منحنى أفضل ملاءمة، إذا افترضنا أن النقاط الواقعة حول التمثيل البياني يمكن إسقاطها على امتداد الخطّ أو المنحنى. وعند عدم التأكّد من ذلك، يجب ربط النقاط في خطوط مستقيمة.

٤. جرى تحليل عيّنة مجهولة التركيز من الجلوكوز باستخدام اختبار بندكت؛ وقد أعطى مقياس اللون قراءة امتصاص 74%.

أ. استخدم المسطرة لرسم خطّ مستقيم عرضي من 74% حتى التقائه بالمنحنى، ثم أسقِط خطًا نزولًا نحو المحور السيني. سجّل تركيز الجلوكوز، الذي سيعطي معدّل امتصاص بنسبة 74%.

ب. كرّر ذلك مع امتصاص 53%.

٥. عند مقارنة محاليل مختلفة من الجلوكوز باستخدام الطريقة نفسها، من المهمّ ضبط عدّة عوامل من أجل دقّة المقارنة.
اذكر **ثلاثة** عوامل يجب أن تبقى ثابتة.

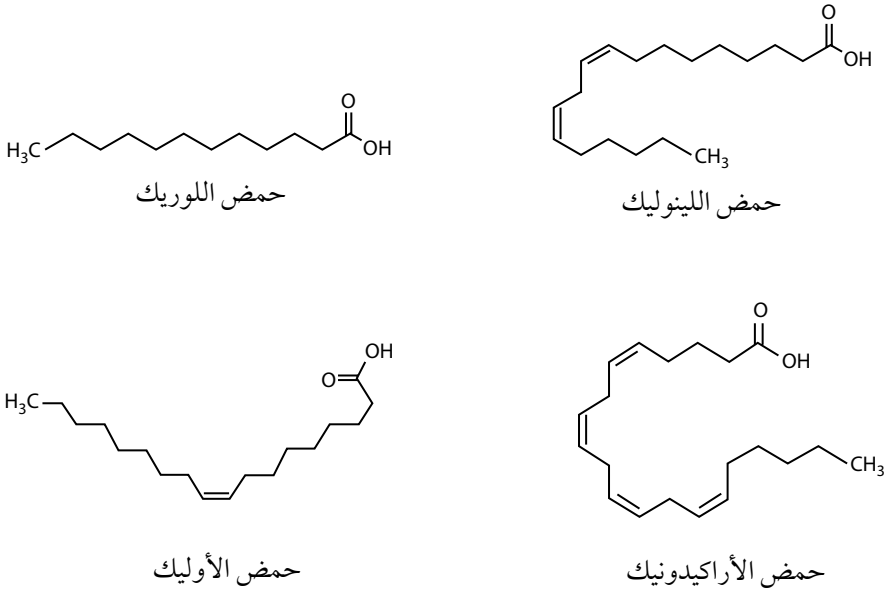
نشاط ٢-٤ معالجة البيانات وتحليلها

يتطلّب أن تكون قادرًا على تطبيق معرفتك القائمة على الحقائق من أجل تفسير بيانات غير متوقّعة. لا تخشى من حقيقة أنك لم ترَ المعلومات في هذا السياق من قبل. لذلك تفحّص المعلومات بعناية واستخدم معرفتك.

في هذا النشاط، سوف:

- تطوّر فهمك لأنواع الأحماض الدهنيّة المختلفة.
- تطوّر مهاراتك التحليليّة عند التعامل مع البيانات غير المتوقّعة.

١. تفحّص بعناية الأحماض الدهنيّة في الشكل ٢-٢، وأجب عن الأسئلة.



الشكل ٢-٢: تركيب أربعة أحماض دهنيّة مختلفة.

أ. انقل إلى دفترك الجدول ٢-٤ الذي يشير إلى الأحماض الدهنيّة، ثم أكمله بتحديد أيّ الأحماض الدهنية مشبع، وأيّها أحادي غير مشبع، أو عديد غير مشبع.

الحمض الدهني	نوع الحمض الدهني	درجة الانصهار (°C)
حمض اللوريك		
حمض الأوليك		
حمض اللينوليك		
حمض الأراكيدونيك		

الجدول ٢-٤: أنواع الأحماض الدهنية و درجة حرارة انصهارها.

ب. درجات حرارة انصهار هذه الأحماض الدهنيّة هي: 45°C، 13°C، 49°C-، 11°C-. يسبّب وجود روابط C=C انخفاض درجة انصهار الأحماض الدهنيّة. طابق كلّ حمض دهني مع درجة الانصهار المناسبة له، واكتب البيانات في الجدول.

ج. اقترح سبب اختلاف درجات انصهار الأحماض الدهنيّة المختلفة.

يبيّن الجدول ٢-٥ كتل الأحماض الدهنيّة المشبعة، والأحماض الدهنية الأحادية غير المشبعة، والأحماض الدهنية العديدة غير المشبعة التي توجد في الدهون المستخلصة من كائنات حيّة مختلفة.

الكائن الحي	الكتلة الإجماليّة للدهون التي جرى اختبارها (g)	الأحماض الدهنيّة المشبعة (g)	الأحماض الدهنيّة الأحادية غير المشبعة (g)	الأحماض الدهنيّة العديدة غير المشبعة (g)
خروف (حيوان)	100	40.8	43.8	9.6
بقرة (زبدة) (حيوان)	100	54.0	19.8	2.6
بطّة (حيوان)	50	16.7	24.5	6.8
سمك المكاريل (الإسقمري) (حيوان)	10	2.4	3.2	2.3
زيت الزيتون (نبات)	200	28.0	139.4	22.4
زيت الذرة (نبات)	100	2.7	24.7	57.8
زيت تباع الشمس (نبات)	100	11.9	20.2	63.0
زيت القنب (نبات)	75	7.5	10.0	50.0
زيت جوز الهند (نبات)	150	127.8	9.9	2.5

الجدول ٢-٥: كتل الأحماض الدهنية المشبعة، والأحادية غير المشبعة، والعديدة غير المشبعة التي توجد في الدهون المستخلصة من كائنات حيّة مختلفة.

تحتاج، عندما تقارن البيانات، إلى التأكّد من أن المقارنة عادلة. لقد تمّ أخذ كتل الأحماض الدهنيّة للأنواع المختلفة الواردة في الجدول من كتل مختلفة من إجمالي الدهون. وبالتالي يجب أن تتناسب كل فئة من الأحماض الدهنيّة مع الكتلة الإجماليّة للدهون. بعبارة أخرى، غرامات (g) لكل 100 g من إجمالي كتلة الدهون.

لتحويل كتلة كل نوع من الدهون إلى كتلة لكل 100 g، نفّذ الخطوات الآتية:

الخطوة ١ احسب كتلة كل نوع من الدهون لكل جرام من إجمالي الدهون.

الكتلة لكل جرام = إجمالي كتلة الدهون.

الخطوة ٢ احسب كتلة كل نوع من الدهون لكل 100 g.

الكتلة لكل 100 g من الدهون = الكتلة لكل جرام × 100 g

على سبيل المثال، يوجد في دهن البطّ 16.7 g من الدهن المشبع في 50 g من إجمالي الدهون.

- يوجد في 1 g من إجمالي الدهون 0.334 g = (16.7 ÷ 50) دهون مشبعة لكل جرام من إجمالي الدهون.
- إذا وجد 0.334 g من الدهون المشبعة في 1 g من المواد الدهنيّة، فسيوجد 33.4 g = 100 × 0.334 g دهون مشبعة في 100 g من إجمالي الدهون.

٢ . أ. انقل الجدول ٢–٦ إلى دفترك وأكمله.

الكائن الحي	الأحماض الدهنيّة المشبعة (g) لكل 100 g من إجمالي الدهون	الأحماض الدهنيّة الأحادية غير المشبعة (g) لكل 100 g من إجمالي الدهون	الأحماض الدهنيّة العديدة غير المشبعة (g) لكل 100 g من إجمالي الدهون
خروف (حيوان)	40.8	43.8	9.6
بقرة (زبدة) (حيوان)	54.0	19.8	2.6
بطّة (حيوان)			
سمك المكاريل (الإسقمري) (حيوان)			
زيت الزيتون (نبات)			
زيت الذرة (نبات)	12.7	24.7	57.8
زيت تباع الشمس (نبات)	11.9	20.2	63.0
زيت القنب (نبات)			
زيت جوز الهند (نبات)			

الجدول ٢–٦: جدول النتائج.

يمكنك الآن البدء بتقييم البيانات بعد أن أصبحت جميع الكتل بالجرامات لكل 100 g من إجمالي الدهون.

ب. حدّد الأنماط التي يمكنك ملاحظتها في البيانات.

ج. هل توجد أية نتائج لا يبدو أنها تتناسب مع الأنماط التي حدّدتها؟

د. هل يمكنك الآن اقتراح أيّة تفسيرات لأيّ من الأنماط؟ سيتطلّب الآن استخدام بعض معرفتك عن الأحماض الدهنيّة.

مهم

- يزداد محتوى الطاقة مع ارتفاع مستوى تشبّع الأحماض الدهنيّة.
- تنخفض درجة حرارة الانصهار مع ازدياد نسبة الدهون غير المشبعة.
- تحافظ الحيوانات **ثابتة درجة الحرارة** على درجة حرارة جسم داخليّة ثابتة.

مصطلحات علمية

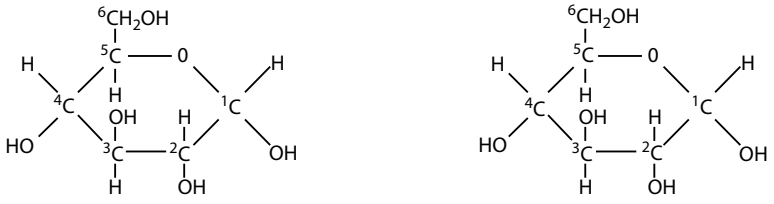
ثابتة درجة الحرارة Hpmeothermic: المحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم.

نشاط ٢-٥ رسم التراكيب الجزيئيّة

يتمّ تمثيل معظم التفاعلات الكيميائيّة الحيويّة بالشكل الأفضل من خلال رسمها. والدقة مطلوبة عند رسم التراكيب الجزيئيّة، حتّى لا تقع في الخطأ بسهولة.

يتطلّب أن تكون قادرًا على فهم تكوّن الروابط الجلايكوسيدية في السكّريات الثنائيّة وعديدة التسكّر، وأن تكون قادرًا على رسم التراكيب الكيميائيّة.

١. أ. انقل الرسم التخطيطي لجزيئَي الجلوكوز في الشكل ٢-٣.



α- جلوكوز

α- جلوكوز

الشكل ٢-٣: جُزيئات α- جلوكوز .

الخطوة ١ ارسم حلقة حول مجموعة OH– على الكربون رقم 1 من ألفا– جلوكوز إلى اليسار.

الخطوة ٢ ارسم حلقة حول مجموعة OH– على الكربون رقم 4 من ألفا– جلوكوز إلى اليمين.

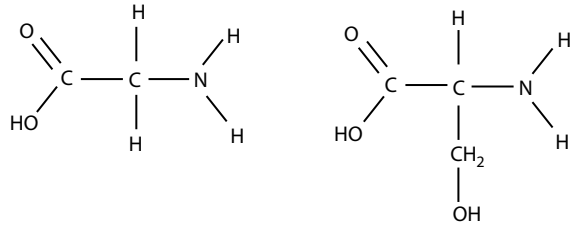
الخطوة ٣ ارسم الأسهم القابلة للعكس كما هو مبيّن في الرسم التخطيطي.

الخطوة ٤ كوّن السكّر الثنائي مالتوز، واكتب اسمه أسفل الأسهم، محدّدًا على الجزيء الناتج مكان الرابطة الجلايكوسيدية.

الخطوة ٥ بيّن، على الأسهم، الموضع الذي يمكننا إضافة الماء (H_2O) إليه أو أزالته عنه.

الخطوة ٦ اكتب، بجانب الأسهم، أسماء التفاعلات التي تحدث في كل اتجاه (**التحلّل المائي** أو **التكثيف**).

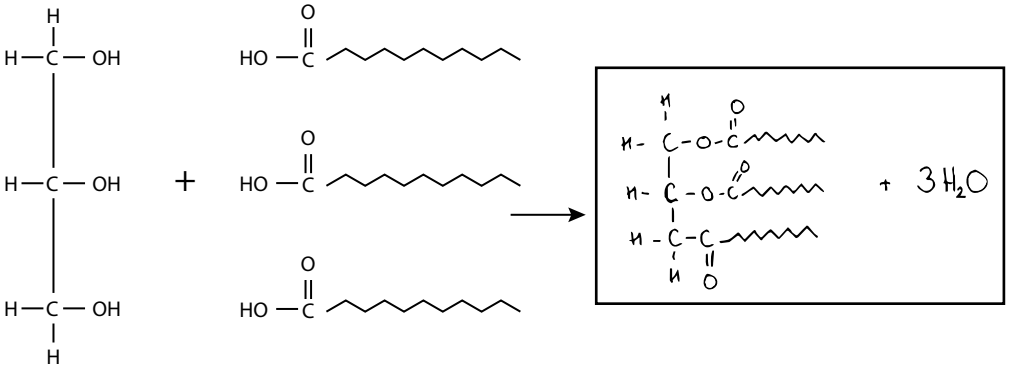
ب. استخدم معرفتك عن تكوين ثنائي الببتيد لتكرار هذا الإجراء من أجل توضيح تكوين **الرابطة الببتيديّة** بين الحمضَين الأمينيَّين المُبيّنَين في الشكل ٢–٤.



الشكل ٢–٤: التركيب الجزيئي للحمض الأميني جلايسين (إلى اليسار) وسيرين (إلى اليمين).

٢. فيما يأتي مثال على سؤال من أسئلة نهاية الوحدة، ومثال على الإجابة، استخدم جدول توزيع الدرجات المرفق لتميّز الإجابة الصحيحة من غير الصحيحة.

أ. أكمل الرسم التخطيطي ٢–٥ الذي يبيّن تكوين **الدهن الثلاثي**.



الشكل ٢–٥: تكوين الدهون الثلاثية.

مصطلحات علمية

التحلّل المائي
Hydrolysis: تفاعل كيميائي تتكسر فيه الرابطة الكيميائيّة بإضافة جُزيء ماء، ويستخدم عادة لتفكيك الجزيئات المعقّدة إلى جزيئات بسيطة.

تفاعل تكثيف
Condensation reaction: تفاعل كيميائي يتضمّن ارتباط جُزيئَين معًا عبر إزالة جُزيء ماء.

الرابطة الببتيديّة
Peptide bond: رابطة تساهمية تربط الأحماض الأمينيّة المتجاورة معًا في البروتينات. وهي رابطة C-N بين جُزيئَين من الأحماض الأمينيّة تشكّلت بتفاعل تكثيف.

الدهون الثلاثية
Triglycerides: نوع من الدهون يتكوّن عند ارتباط ثلاثة جزيئات أحماض دهنيّة مع الجليسرول، وهو كحول به ثلاث مجموعات هيدروكسيل (OH–).

ب. اكتب نوع التفاعل الذي يحدث.

تكثيف/ تحلل مائي

ج. بعدما قمت بوضع الدرجات على الإجابة النموذجية، اكتب إجابتك الخاصة تمهيدًا لتصحيحها.

مخطط توزيع الدرجات:	
أ. 3 جزيئات ماء على السهم الأيمن	درجة واحدة
ب. *روابط صحيحة مرسومة على الدهن الثلاثي*	درجة واحدة
ج. تكثيف	درجة واحدة

نشاط ٢-٦ تخطيط التجارب التي تعطي نتائج دقيقة

يجب أن تكون قادرًا على تخطيط التجارب التي تمكّنك من تكوين استنتاجات صحيحة. ويجب أن تكون قادرًا أيضًا، عندما تخطّط لتجربة ما، على تحديد المتغيّرات المستقلة والتابعة والثابتة (المعيارية). **المتغيّر المستقل** هو المتغيّر الذي ستبحث فيه وتغيّره، و**المتغيّر التابع** هو المتغيّر الذي ستقيسه؛ أمّا **المتغيّرات الثابتة** فهي المتغيّرات الأخرى التي يمكن أن تؤثر على المتغيّر التابع، ويجب أن تبقى ثابتة. للتأكّد من أن تجربتك ستعطي استنتاجًا صحيحًا، تحتاج إلى:

- ضمان تكرارها لزيادة الدقّة ولجعل تحديد القيم **غير المعقولة** أمرًا سهلًا.
- تغيير متغيّر واحد في كل مرة، مع التحكّم في جميع المتغيّرات الأخرى.

في هذا النشاط، سوف:

- تطوّر مهارتك في التخطيط للتجارب من خلال تقييم خطة-تجربة، ثم كتابة خطتك الخاصة.

١. اقرأ خطة التجربة هذه، ثم أجب عن الأسئلة:

تجربة لتحديد درجة الحرارة التي تتغيّر عندها طبيعة بروتين بياض البيض (الزلال).

الأدوات والأجهزة:

4 أنابيب اختبار	**ميزان حرارة**
حامل أنابيب اختبار	**قلم للكتابة على الزجاج**
أسطوانة مدرجة	**موقد لهب**
4 بيضات	**ساعة إيقاف**

مصطلحات علمية

المتغيّر المستقل Independent variable: العامل الذي يجري تغييره عن قصد في التجربة.

المتغيّر التابع Dependent variable: المتغيّر في التجربة الذي يطرأ نتيجة للتغيّر في المتغيّر المستقل.

المتغيّرات الثابتة Standerdised variables: العوامل التي تبقى ثابتة في التجربة. المتغيّر المستقل هو فقط الذي يجب أن يتغيّر.

غير المعقول Anomalous: النتيجة أو القيمة التي تقع خارج نطاق النتائج أو القيم الأخرى.

الطريقة:

ضع أنابيب الاختبار على حامل الأنابيب، واسكب في كل أنبوبة سائل بياض بيضة صافيًا. ثم ضع ميزان حرارة في بياض البيض داخل كل أنبوبة. سخّن الأنابيب على درجات حرارة مختلفة باستخدام موقد لهب، ولمدة خمس دقائق، ولاحظ الأنابيب التي يتحوّل فيها الألبومين إلى اللون الأبيض. قم بإجراء التجربة على درجات حرارة $20^{0}C$ و $25^{0}C$ و $50^{0}C$ و $55^{0}C$. أدنى درجة حرارة يتحوّل عندها الألبومين إلى اللون الأبيض هي درجة الحرارة التي تتغيّر عندها طبيعته.

أ. اذكر المتغيّر المستقل الذي كانت التجربة تختبره.

ب. اذكر المتغيّر التابع الذي كانت التجربة تقيسه.

ج. هل ستؤمّن هذه التجربة بيانات صحيحة؟ اشرح إجابتك.

د. اكتب أفضل طريقة يمكن أن تؤمّن بيانات صحيحة ودقيقة. يجب أن تفكّر في الطريقة التي ستكتبها في الآتي:

١. كيف ستغيّر المتغيّر المستقل؟ ما النطاق الذي ستعتمده، وكيف ستراقبه؟

٢. كيف ستقيس المتغيّر التابع بدقة؟

٣. ما المتغيّرات التي ستتحكّم فيها؟ وكيف ستتحكّم في كل منها؟

٤. كيف ستجعل النتائج دقيقة؟

نشاط ٢-٧ تطوير مهارات الكتابة الموسّعة

تتطلّب أيّة دراسة ذات مستوى عال في علم الأحياء أن تكون قادرًا على كتابة مقالات عارضة للحقائق جيدة التنظيم. تحتوي المقالة الجيدة على تفاصيل واقعيّة، وتمّ التخطيط لها بحيث لا تنتقل من موضوع إلى آخر. يمثّل العدد المقتضب من الكلمات مؤشرًا على أن المقالة القصيرة التي تشمل المزيد من التفاصيل العلميّة المرتبطة في الموضوع، أفضل من المقالة المسهبة القليلة الصلة بالموضوع.

في هذا النشاط، سوف:

- تطوّر مهارتك في الكتابة المسهبة من طريق التخطيط لكتابة مقالة قصيرة عن الدور الحيوي للماء.

١. خطّط لمقالة تكتبها عن الأهمّية الحيويّة للماء.

ابدأ التخطيط ليشمل الآتي:

- الماء كمذيب.
- الماء كوسط ناقل.
- السعة الحراريّة النوعيّة العالية.
- الحرارة الكامنة للتبخّر العالية.
- الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات الماء.

لكل خاصية من هذه الخصائص يجب أن:

- تفسّر كيف يحقّق الماء ذلك (الرابطة الهيدروجينيّة مهمّة جدًّا).
- تذكر أمثلة حيويّة.

جرّب أن تذكر أمثلة عن كل من النباتات والحيوانات.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١ اختبار بندكت شبه الكمّي والتخفيف التسلسلي

ستستخدم في هذه النشاط **اختبارًا شبه كمّي**، اختبار بندكت، لتقدير تراكيز محلول الجلوكوز. وستحصل على سبعة تراكيز مختلفة من محلول الجلوكوز: 0.0001%، 0.001%، 0.01%، 0.1%، 1%، 10%، على محلول مجهول التركيز. وقد جرى تحضير التراكيز المذكورة بعمليّة تسمّى **التخفيف التسلسلي**. انظر الشكل ٢–٢ لتعرّف هذه العمليّة.

مصطلحات علمية

اختبار شبه كمّي Semi quantitative test: الاختبار الذي يعطي نتيجة تقترب من قيمة ما، لكنه لا يعطي القيمة نفسها (مثال، تركيز الجلوكوز بين 0.001% و 0.1%).

التخفيف التسلسلي Serial dilution: تخفيف مادة في محلول خطوة بخطوة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- سبع أنابيب اختبار
- حامل أنابيب اختبار
- ماصّتان (1 mL، 10 mL)
- محاقن ماصّات
- ماء مقطّر (100 mL)
- محلول بندكت، (100 mL)
- كأسان زجاجيان (50 mL)، (500 mL)
- موقد لهب، حامل ثلاثي القوائم، شبكة تسخين
- بلاط مقاوم للحرارة
- ماسك أنبوبة اختبار

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- إذا انسكب شيء من المحلول على جلدك، فاغسله بالماء.
- استخدم موقد لهب بحرص.

الطريقة

إجراء اختبار بندكت

١. اعمل على إعداد حمّام مائي بدرجة الغليان (انظر إلى رسم الحمّام المائي في الاستقصاء العملي ٢-٢، الجزء ٤).

٢. اكتب المسميات على أنابيب الاختبار السبع بالتراكيز المختلفة لمحلول الجلوكوز 10%، 1%، 0.1%، 0.01%، 0.001%، 0.0001%، والمحلول المجهول. استخدم الماصّة لإضافة 9 mL من كل محلول جلوكوز إلى أنبوبة الاختبار المطابقة. تذكّر أن تغسل الماصّة بين كل عمليتَي نقل.

٣. أضف 5 mL من محلول بندكت إلى كل من الأنابيب السبع.

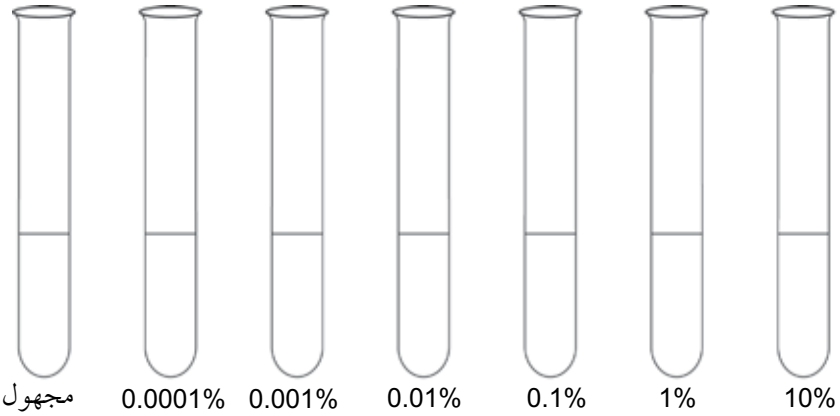
٤. ضع الأنابيب بحرص في الحمّام المائي الذي يغلي لمدّة ٥ دقائق بالضبط.

٥. أطفئ موقد لهب واستخدم ماسك أنبوبة الاختبار لتُخرج الأنابيب بحرص، ثم ضعها في حامل الأنابيب بالترتيب المبيّن في الشكل ٢-١ أدناه.

٦. سجّل ألوان أنابيب الاختبار إمّا عبر التقاط صورة لحامل أنابيب الاختبار ولصقها في كتاب النشاط، أو عبر تلوين الأنابيب، كما في الشكل ٢-١ الوارد في قسم النتائج أدناه، بالألوان المناسبة.

٧. قارن لون المحلول المجهول بألوان معياريّة معروفة، محدّدًا تركيز اللون المعياري الأكثر تشابهًا مع لون المحلول. إذا لم يكن اللون مطابقًا تمامًا للّون المعياري، فابحث عن ألوان المحاليل ذات التركيز الأعلى والأدنى، الأمر الذي يساعد على اقتراح النطاق الذي يقع فيه التركيز.

النتائج



الشكل ٢-١: النتائج التجريبية للاستقصاء العملي.

التحليل والاستنتاج والتقويم

مصطلحات علمية

الاختبار الكمّي
Quantitative test: اختبار يعطي وصفًا عدديًا دقيقًا لشيء ما (مثل تركيز الجلوكوز 0.015%).

١. يبلغ تركيز الجلوكوز في المحلول المجهول بالتقريب ..... %.
وقد يقع في نطاق من ..... % إلى ..... %.

٢. فسّر سبب اعتبار هذا الاختبار اختبارًا شبه كمّي وليس **اختبارًا كمّيًّا**.

.....

.....

.....

٣. إلى أيّ مدى يمكن التأكّد من التركيز الصحيح للجلوكوز في المحلول المجهول؟

.....

.....

.....

٤. تمّ الحفاظ على العديد من المتغيرات لجميع أنابيب الاختبار. اكتب بعضًا من هذه المتغيّرات المعياريّة، شارحًا ضرورة الحفاظ على ثباتها.

.....

.....

.....

.....

٥. من المهمّ أن تكون كمّية محلول بندكت المضافة أكبر من كمّية الجلوكوز. اشرح كيف يمكن أن تتأثّر النتيجة إذا أضيفت كمّية قليلة جدًّا من محلول بندكت.

.....

.....

.....

٦. تحتوي الأنبوبة 6 على محلول يحتوي على كمية قليلة جدًّا من الجلوكوز بتركيز 0.0001%. اشرح الهدف من الأنبوبة 6.

.....

.....

.....

٧. اقترح طريقة بديلة يمكن استخدامها ليكون الاختبار كمّيًا بالكامل.

.....

.....

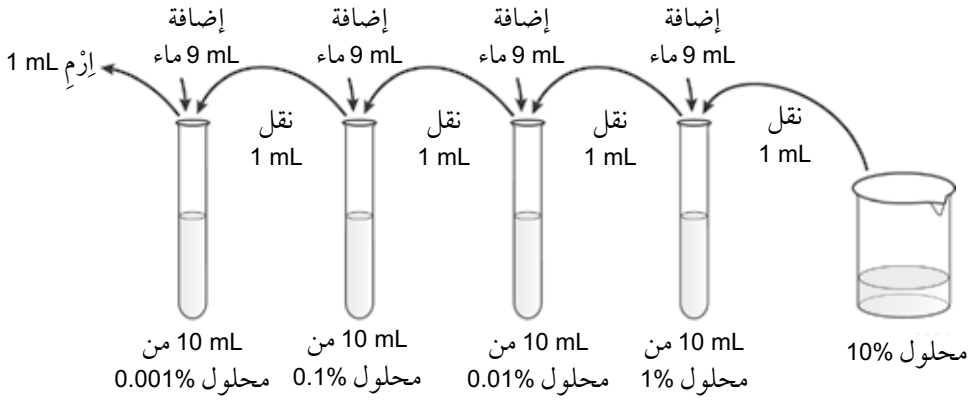
.....

٨. يمكن استخدام التخفيف التسلسلي لتكوين نطاقات تراكيز مختلفة. في هذه التجربة تمّ استخدام عامل تخفيف من 10 في كل مرّة، الشكل ٢-٢ أدناه. احسب تراكيز محاليل الجلوكوز التي يمكن تكوينها إذا استخدمت (5 mL) من الماء و(5 mL) من محلول الجلوكوز، بدلًا من (9 mL) من الماء و (1 mL) من محلول الجلوكوز.

.....

.....

.....



الشكل ٢-٢: طريقة التخفيف التسلسلي.

استقصاء عملي ٢-٢ الاختبارات الكيميائية الحيوية للكشف عن جزيئات حيوية مختلفة

من المهمّ أن تكون قادرًا على تحديد الجزيئات العضويّة الشائعة. لذلك، تحتاج إلى معرفة الاختبارات الكيميائيّة الحيويّة للكشف عن النشا، والسكّريات المختزلة وغير المختزلة، والبروتينات، والدهون. وهي **اختبارات نوعيّة**، تعطي فكرة فقط عن وجود الجُزيئات أو عدم وجودها، من دون التطرّق إلى مقدارها.

تعلّمت هذه الاختبارات في الصف التاسع.

مصطلحات علمية

الاختبار النوعي Qualitative test: اختبار يعطي قيمة غير عدديّة يتّصف بها شيء ما (على سبيل المثال شدّة اللون).

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- عشر أنابيب اختبار
- حامل أنابيب اختبار
- موقد لهب، حامل ثلاثي القوائم، شبكة تسخين
- بلاط مقاوم للحرارة
- ماسك أنبوبة اختبار
- كأسان زجاجيتان (500 mL) ، (50 mL)
- ماصّة (10 mL)
- محقن ماصّة
- محلول بندكت (25 mL)
- محلول بيوريت (25 mL)
- محلول يود في قارورة بقطّارة
- كحول إيثيلي (200 mL)
- ماء مقطّر (50 mL)
- حمض الهيدروكلوريك المخفّف في قارورة بقطارة
- بيكربونات الصوديوم (صلب)
- (ملعقة كيماويات)
- محاليل مجهولة أ، ب، ج (20 mL)
- ماء صنبور، حوض (للتخلّص من المحاليل)

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- إذا انسكب شيء من المحلول على جلدك، فاغسله بالماء.
- استخدم موقد لهب بحرص.
- ينبغي ألّا تتخلّص من محلول اليود برميه في ماء يمكن أن يتسرّب إلى جوف الأرض.
- محلول بيوريت مهيّج، ويجب التعامل معه بحذر.
- بيكربونات الصوديوم ملح قاعدي، ومن الضروري ارتداء نظّارة واقية. إذا لامس بيكربونات الصوديوم عينيك، فاغسلهما بكمّيات وافرة من الماء الجاري.
- الإيثانول شديد القابليّة للاشتعال، لذا يجب إجراء اختبار الدهون بعيدًا عن اللهب المكشوف. (مواقد لهب مثلًا).

الطريقة

تحتوي ثلاثة محاليل (أ)، (ب)، (ج) على تركيبات مختلفة من النشا والبروتينات والسكّروز والجلوكوز. قم بإجراء الاختبارات الكيميائية الحيوية (البيوكيميائية) لتحديد محتويات كل محلول. وارسم جدول نتائج لهذه المحاليل الثلاثة في قسم النتائج.

مصطلحات علمية

اختبار اليود Iodine test: اختبار للكشف عن النشا. يتحوّل اليود إلى اللون الأزرق القاتم عند وجود النشا.

الجزء ١: اختبار اليود للكشف عن النشا

١. خذ ثلاث أنابيب اختبار واكتب عليها المسميات (أ)، (ب)، (ج).
٢. استخدم الماصّة لوضع (5 mL) من المحلول أ في أنبوبة الاختبار (أ).
٣. اغسل الماصّة جيدًا.
٤. ضع (5 mL) من المحلول ب في أنبوبة الاختبار ب، ثم اغسل الماصّة.
٥. ضع (5 mL) من المحلول ج في أنبوبة الاختبار (ج).
٦. ضع خمس قطرات من محلول اليود في كل أنبوبة اختبار، ورُجَّ الأنابيب جيدًا لتمتزج المحتويات.
٧. سجّل ملاحظاتك عن اللون في كل أنبوبة اختبار في جدول النتائج.

الجزء ٢: اختبار بيوريت للكشف عن البروتينات

١. خذ ثلاث أنابيب اختبار واكتب عليها المسميات (أ)، (ب)، (ج).
٢. استخدم الماصّة لوضع (5 mL) من المحلول أ في أنبوبة الاختبار (أ).
٣. اغسل الماصّة جيدًا.
٤. ضع (5 mL) من المحلول (ب) في أنبوبة الاختبار ب، ثم اغسل الماصّة.
٥. ضع (5 mL) من المحلول ج في أنبوبة الاختبار (ج).
٦. ضع (5 mL) من محلول بيوريت في كل أنبوبة اختبار، ورُجَّ المحتويات في كل أنبوبة.
٧. سجّل ملاحظاتك عن اللون في كل أنبوبة اختبار في جدول النتائج.

مصطلحات علمية

اختبار بيوريت
Biuret test: اختبار يكشف عن مجموعات الأمين، وبالتالي عن البروتينات. يضاف كاشف بيوريت إلى المادة المجهولة، والتغيّر في اللون من الأزرق الباهت إلى البنفسجي يشير إلى وجود البروتينات.

الجزء ٣: اختبار المستحلب للكشف عن الدهون

١. خذ ثلاث أنابيب اختبار واكتب عليها المسميات (أ)، (ب)، (ج).
٢. استخدم الماصّة لوضع (5 mL) من المحلول (أ) في أنبوبة الاختبار (أ).
٣. اغسل الماصّة جيدًا.
٤. ضع (5 mL) من المحلول ب في أنبوبة الاختبار (ب)، ثم اغسل الماصّة.
٥. ضع (5 mL) من المحلول ج في أنبوبة الاختبار (ج).
٦. ضع (5 mL) من الإيثانول في كل أنبوبة اختبار.
٧. أضف (5 mL) من الماء إلى كل أنبوبة، ورُجَّ المحتويات لتمتزج بشكل جيد.
٨. سجّل ملاحظاتك عن اللون والقوام لكل محلول في جدول النتائج.

الجزء ٤: اختبار الكشف عن السكّر المختزل

تعطي بعض السكّريات إلكترونات لمواد كيميائيّة أخرى، وهذا يعني أن السكّريات عوامل مختزلة. يوجد في **محلول بندكت** أيونات Cu^{+2} بلون أزرق وتكون ذائبة. فإذا اكتسبت أيونات Cu^{+2} إلكترونًا، تتحوّل إلى أيونات Cu^{+2} بلون أحمر، وتكون غير ذائبة.

١. خذ ثلاث أنابيب اختبار واكتب عليها المسميات (أ)، (ب)، (ج).
٢. استخدم الماصّة لوضع (5 mL) من المحلول (أ) في أنبوبة الاختبار (أ).
٣. اغسل الماصّة جيدًا.
٤. ضع (5 mL) من المحلول (ب) في أنبوبة الاختبار ب، ثم اغسل الماصّة.
٥. ضع (5 mL) من المحلول (ج) في أنبوبة الاختبار (ج).

مصطلحات علمية

محلول بندكت
Benedict's solution: اختبار للكشف عن السكّريات المختزلة. تسخّن المادة المجهولة مع كاشف بندكت، والتغيّر من محلول أزرق صاف إلى تكوين راسب أصفر، أو أحمر، أو بنّي، يشير إلى وجود سكّريات مختزلة مثل الجلوكوز.

٦. أضف محلول بندكت إلى كل أنبوبة اختبار.

٧. حضّر حمّامًا مائيًّا عبر ملء كأس زجاجيّة إلى منتصفها بالماء. سخّن الماء باستخدام موقد لهب، وحامل ثلاثي القوائم، وشبكة تسخين.

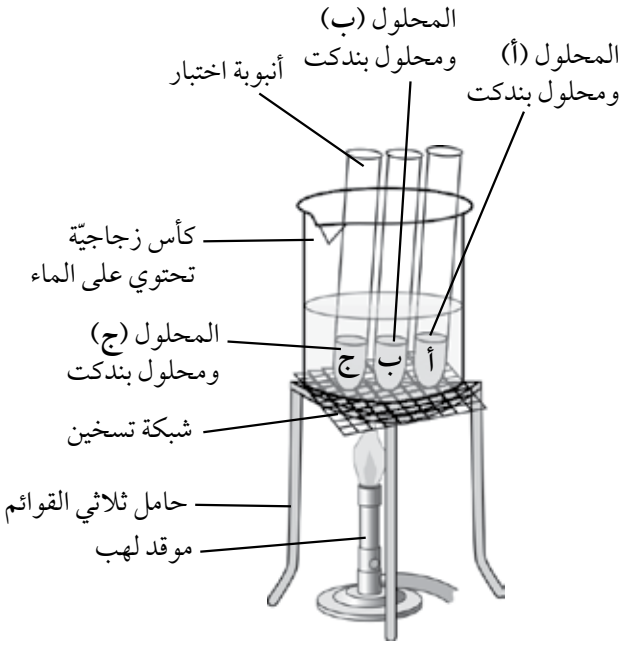
٨. عندما يغلي الماء في الحمّام المائي، ضع بحرص أنابيب الاختبار فيه (الشكل ٢-٣).

٩. بعد 5 دقائق، أطفئ موقد اللهب، وأخرج بحرص أنابيب الاختبار باستخدام ماسك أنبوبة الاختبار، ثم ضع أنابيب الاختبار على حامل الأنابيب.

١٠. سجّل لون كل محلول وقوامه (عكر أو صاف) في جدول النتائج.

مهم

إن تسخين أنابيب الاختبار على لهب مكشوف (مباشرة) خطر جدًّا. لذلك يجب استخدام الحمّام المائي هنا.



الشكل ٢-٣: جهاز أو تجهيزات الجزء ٤ من الاستقصاء ٢-١

مهم

تذكّر أنه عند الكشف عن السكّريات غير المختزلة، يجب أولًا إجراء اختبار بندكت للكشف عن احتمال وجود سكّريات مختزلة.

الجزء ٥: اختبار الكشف عن السكّر غير المختزل

مهم

يعتمد اختبار السكّر المختزل على وجود أيونات Cu^{2+} ذائبة ذات لون أزرق. تستطيع بعض جزيئات السكّر إعطاء إلكترونات إلى أيونات Cu^{2+}، فتصبح هذه أيونات Cu^{+} غير ذائبة، وهذا يعني تكوّن راسب أحمر.

١. خذ ثلاث أنابيب اختبار واكتب عليها المسميات (أ)، (ب)، (ج).

٢. استخدم الماصّة لوضع (5 mL) من المحلول (أ) في أنبوبة الاختبار (أ).

٣. اغسل الماصّة جيدًا.

٤. ضع (5 mL) من المحلول (ب) في أنبوبة الاختبار (ب)، ثم اغسل الماصّة.

٥. ضع (5 mL) من المحلول (ج) في أنبوبة الاختبار (ج).

٦. ضع قطرتَين من حمض الهيدروكلوريك المخفّف في كل أنبوبة اختبار.

٧. حضّر حمّامًا مائيًّا بدرجة الغليان.
٨. ضع بحرص أنابيب الاختبار في الحمّام المائي الذي يغلي لمدّة دقيقتَين.
٩. أخرِج بحرص أنابيب الاختبار، وضعها على حامل الأنابيب.
١٠. باستخدام ملعقة، ضع كمّيات صغيرة من بيكربونات الصوديوم الصلبة في المحلول إلى أن تتوقّف عن الفوران (فهي تعمل على معادلة الحمض).
١١. باستخدام الماصّة، أضف (5 mL) من محلول بندكت إلى كل أنبوبة.
١٢. ضع الأنابيب في الحمّام المائي الذي يغلي لمدّة 5 دقائق.
١٣. أطفئ موقد لهب، وأخرِج بحرص أنابيب الاختبار باستخدام ماسك أنبوبة الاختبار.
١٤. سجّل لون كل محلول وقوامه في جدول النتائج.

كوّن جدول نتائج عن المحاليل «المجهولة» في المساحة أدناه. اكتب مسميات الأعمدة في الجدول، مطلقًا على العمود الأول المحلول.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. أ. اعتمادًا على النتائج في الجدول، حدّد المواد التي توجد في كل محلول مجهول.

محتويات المحلول المجهول أ .....

محتويات المحلول المجهول ب .....

محتويات المحلول المجهول ج .....

ب. لماذا لا يمكنك التأكّد من وجود السكّروز في المحلولَين (أ)، (ج)؟

.....

.....

٢. اشرح ما إذا كانت هذه الاختبارات الكيميائية الحيوية نوعيّة أم كمّية.

.....

.....

٣. يجب أن يعطي اختبار السكّر غير المختزل نتيجة إيجابيّة مع جزيئات كل من الجلوكوز والسكّروز.

أ. لماذا يؤدي الجلوكوز إلى نتيجة إيجابيّة؟ اشرح إجابتك.

.....

ب. لماذا يعطي السكّروز نتيجة إيجابيّة في اختبار السكّر غير المختزل، لكنه يعطي نتيجة سلبيّة في اختبار السكّر المختزل؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ج. صف كيف يمكن استخدام الاختبارات الكيميائية الحيوية للتمييز بين محلول الجلوكوز ومحلول السكّروز.

.....

.....

٣. أجرى أحد الطلبة اختبار السكّر المختزل على عيّنة محلول مجهول، فأعطى الاختبار نتيجة إيجابيّة. ثم أجرى اختبار السكّر غير المختزل على عيّنة أخرى من المحلول نفسه، فأعطى الاختبار نتيجة إيجابيّة أيضًا، لكن مع تكوّن ترسّبات بكمّية كبيرة. اشرح هذه النتيجة.

.....

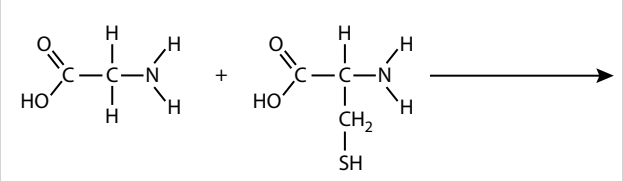
.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. توجد الروابط الكيميائيّة في جميع الجزيئات العضويّة. أكمل الجدول أدناه لمطابقة الروابط المختلفة مع بعض الجزيئات العضويّة.

	رابطة هيدروجينيّة	رابطة ثنائي الكبريتيد	رابطة أيونيّة	رابطة جلايكوسيدية ألفا (1.4)
توجد في التركيب الثالثي للبروتين				
توجد في الأميلوز				
توجد في السليلوز				
توجد في التركيب الثانوي للبروتين				

ب. يبيّن الشكل أدناه حمضَين أمينيَّين.

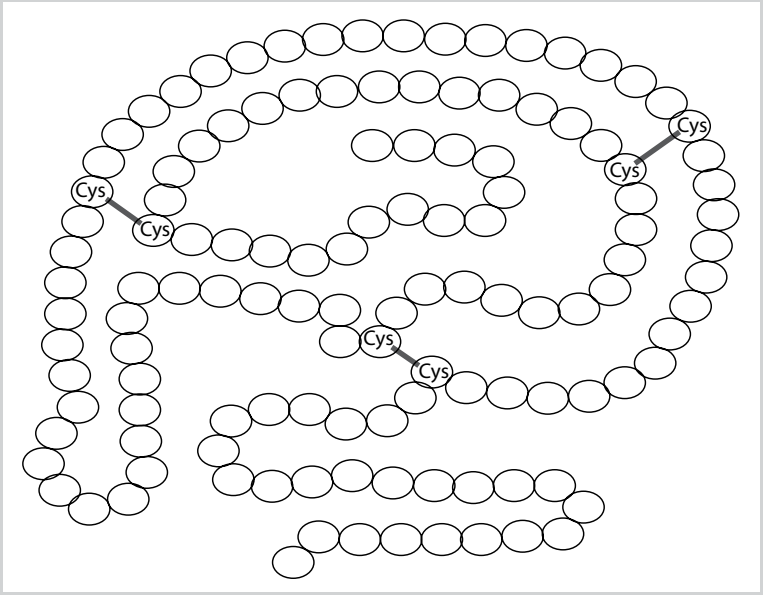


١- أكمل الرسم التخطيطي لتبيّن الببتيد الثنائي المتكوّن من ارتباط هذَين الحمضَين.

٢- اكتب نوع التفاعل الذي يحدث لربط الحمضَين الأمينيَّين.

تابع

٢. يبيّن الشكل أدناه رسمًا تخطيطيًّا لإنزيم ريبونيوكليز.



أ. **اذكر** مستوى تركيب البروتين المبيّن في الشكل أعلاه.

ب. تسبّب إضافة مادة تسمّى بيتا – ميركابتويثانول باختزال روابط ثنائي الكبريتيد. **اشرح** تأثير ذلك على نشاط إنزيم ريبونيوكليز.

أفعال إجرائية

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

اشرح Explain: اعرض الأهداف أو الأسباب / اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة / توقّع لماذا و/ أو كيف وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

تابع

٣. أجرى أحد الطلبة سلسلة من التفاعلات لاختبار نشاط الإنزيمين أميليز وسكّريز. أجريت هذه الاختبارات الكيميائيّة الحيويّة على كلّ من مواد التفاعل المخلوطة بعد وضعها في حاضنة على درجة حرارة 37 °C لثلاث ساعات.

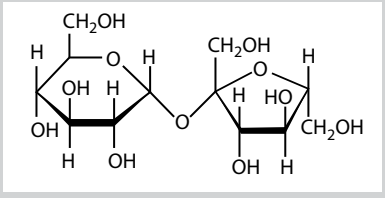
يبيّن الجدول أدناه التفاعلات والاختبارات التي أجريت.

الأنبوبة	المحتويات	اختبار اليود	اختبار بندكت	اختبار بيوريت
أ	نشا وأميليز			
ب	نشا وسكّريز			
ج	سكّروز وسكّريز			
د	سكّروز وأميليز			

أ. أكمل الجدول بالإشارة إلى أيّ من الاختبارات يعطي نتائج إيجابيّة (+) وأيّها يعطي نتائج سلبيّة (–).

ب. اشرح كيف يمكن إجراء اختبار كيميائي حيوي يبيّن أن محلولاً يحتوي على خليط من الجلوكوز والسكّروز.

٤. يبيّن الشكل أدناه تركيب السكّر الثنائي السكّروز.



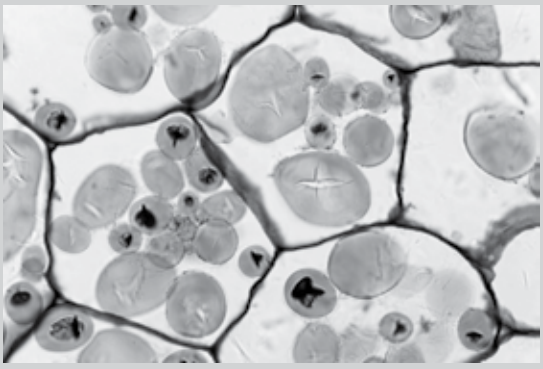
أ. ١– اذكر نوعَين من السكّريات الأحادية ينتجان من تفكيك السكّروز.

٢– ارسم تركيب السُّكّرَين الأحاديَين الناتجَين من تفكيك السكّروز.

٣ – اكتب نوع التفاعل الذي يسبّب تفكيك السكّروز.

تابع

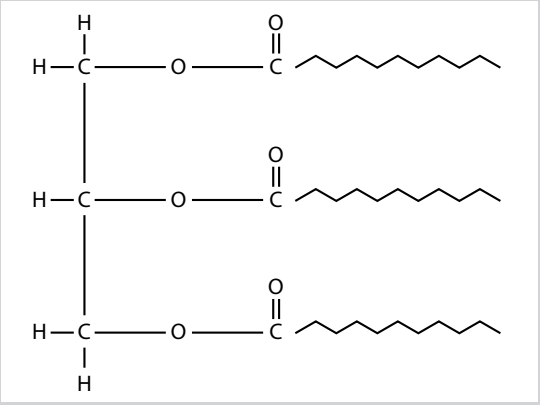
ب. تبيّن الصورة المجهرية الضوئية أدناه لخلايا درنة بطاطس.



١. حدّد على الصورة مواقع السليلوز والنشا في خلايا درنة البطاطس اعلاه.
٢. اشرح تركيب السليلوز الذي يمكنه من القيام بوظيفته.
٣. اشرح ميزات تخزين النشا بدل الجلوكوز في الخلايا النباتية.

٥. أ. **صف** كيف يمكن اختبار عيّنة من بذور السمسم للكشف عن وجود الدهون.

ب. يبيّن الشكل أدناه التركيب العام للدهون الثلاثيّة.



أكمل الرسم التخطيطي لتبيّن نواتج التحلّل المائي لهذه الدهون الثلاثية.

أفعال إجرائية

صف Describe: قدّم الخصائص والميزات الرئيسية.

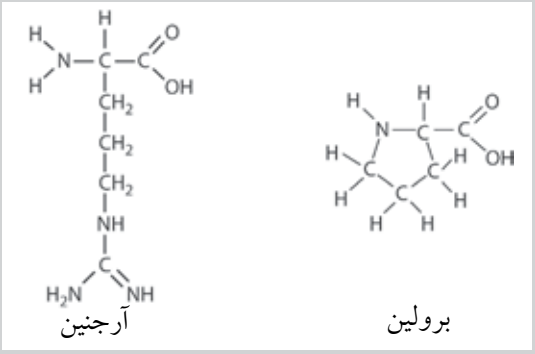
تابع

ج. يبيّن الجدول أدناه الصيغة الجزيئيّة ودرجات الانصهار لثلاثة أحماض دهنيّة.

الحمض الدهني	الصيغة الجزيئيّة	درجة الإنصهار (°C)
حمض اللينوليك	$C_{18}H_{32}O_2$	-5
حمض الأوليك	$C_{18}H_{34}O_2$	13
حمض السيتاريك	$C_{18}H_{36}O_2$	69

باستخدام المعلومات في الجدول، **اقترح** أسباب الاختلاف في درجات انصهار الأحماض الدهنيّة.

٦. أ. الجين p53 جين مثبّط للأورام. يشفّر هذا الجين البروتين p53 الذي يرتبط في بروتينات الخليّة لينظّم الانقسام الخلوي. تحتوي خلايا الأورام غالبًا على البروتين p53 الطافر، والذي يستبدل فيه الحمض الأميني آرجنين بالحمض الأميني برولين. يبيّن الشكل أدناه تركيب الآرجنين والبرولين.



الآرجنين حمض أميني محبّ للماء شحنته موجبة صافية؛ والبرولين حمض أميني كاره للماء وغير مشحون.

١. حدّد على الرسم موقع المجموعة R في الآرجنين.

٢. باستخدام المثال أعلاه، اشرح كيف يؤثّر تغيير التسلسل الأولي لعديد الببتيد على وظيفته.

ب. الكولاجين بروتين ليفي يوجد في العديد من الأنسجة الحيوانيّة، بما فيها العظام والغضاريف. اشرح كيف يُكسب التركيب الليفي للبروتينات، الكولاجين قوّة شدّ عالية.

أفعال إجرائية

اقترح Suggest: طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي تتضمّن مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات.

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.

Images in order of appearance:

Steve Gschmeissner/SPL; NASA/SPL; Print Collector/Getty Images; ISM/ Phototake; Dr Gopal Murti/SPL/GettyI Images; Biomedical Imaging Unit, University of Southampton (x2); unknown source; Medimage/SPL; Biophoto Associates/SPL; Unknown Source; Don Fawcett/SPL; NIBSC/SPL; Pasieka/Getty Images; Dennis Kunkel Microscopy/SPL; Dr Gopal Murti/SPL; CNRI/SPL; ARTUR PLAWGO/SPL; Unknown Source; LOUISE HUGHES/SPL; NIBSC/Getty Images; Dr Kari Lounatmaa/ Getty Images; ARTUR PLAWGO/SPL; POWER AND SYRED/SPL; SCIENCE SOURCE/SPL; Excellent Dream/Shutterstock; NATIONAL INSTITUTE OF ALLERGY AND INFECTIOUS DISEASES/NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH/ SPL; KTSDESIGN/SPL; Dr David Furnless, Keele University/Getty Images; Steve Gschmeissner/SPL; Christ Frost/Getty Images; Alfred Pasieka/SPL/Getty Images; MARTYN F. CHILLMAID/SPL; Dr Jeremy Burgess/SPL; Biophoto Associates/SPL; Unknown Source; Tom Mchugh/SPL; Dr Arthur Lesk/SPL; Omikron/SPL (x2); Steve Gschmeissner/SPL; J. Gross, Biozentrum/SPL

SPL = SCIENCE PHOTO LIBRARY

رقم الإيداع:

مزون للطباعة والنشر والتغليف (ش.م.م) - ٢٤٨١٥٦٩٣

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS