وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

العلوم

كتاب الطالب

المستوى العاشر

SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE
10

الفصل الدراسي الأول

FIRST SEMESTER

العام الأكاديمي 2026 - 2027م



© وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضـع هـذا الكتـاب لقانـون حقـوق الطباعـة والنشـر، ويخضـع للاسـتثناء التشـريعي المسـموح بـه قانونًـا ولأحـكام التراخيـص ذات الصلـة.

لا يجـوز نسـخ أي جـزء مـن هـذا الكتـاب مـن دون الحصـول علـى الإذن المكتـوب مـن وزارة التربيـة والتعليـم والتعليـم العالـي فـي دولـة قطـر.

التأليف: فريق من الخبراء التربويين.

الإشراف العلميّ والتّربويّ:

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم



النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ
قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ
وَحَمَائِمُ يَوْمَ السَّلاَمْ جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ



وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

اسم الطالب: .....

الـصف: 10 / .....



العلوم

الصّفّ 10

الفصل الدّراسي 1

المقدّمة

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجها الطلّاب للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ما يجعل أداء الطّلّاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.
- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.



- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم للوحدة، وهو ما يمكّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

يأخذك هذا الكتاب في رحلة علمية لفهم العالم من حولك، من الخلية كوحدة أساسية للحياة إلى المادة والعناصر والقوانين الفيزيائية التي تفسر الظواهر الطبيعية. ستتعرف في الأحياء على تركيب الخلية ودور المجهر في كشف تفاصيلها، وفي الكيمياء على تنظيم العناصر في الجدول الدوري وفق أعدادها الذرية وخصائصها وسلوكها الناتج عن ترتيب الإلكترونات. أما في الفيزياء فستتعلم قياس الكميات بدقة باستخدام النظام الدولي، واستخدام الصيغة العلمية لتمثيل القيم الكبيرة والصغيرة، إضافة إلى مفهوم الحرارة وتأثيرها في حالات المادة.

تتناول الوحدة الأولى مجموعة من الخصائص الأساسيّة التي تشترك فيها جميع الكائنات الحية، وأهمها أن الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة، وتتكون جميع الكائنات الحية من خلية واحدة أو عدة خلايا، وفي الكائنات الحية حقيقية النوى، مثل الإنسان، تحتوي الخلايا على نواة وعلى تراكيب خاصة تُسمّى "العضيات."



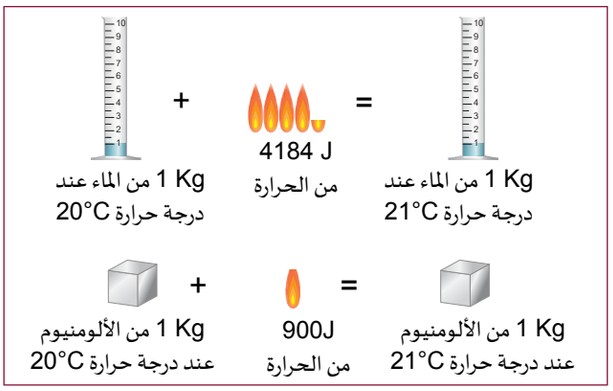
تنقسم الخلايا إلى نوعين رئيسين.

أما الوحدة الثانية فتركز على تطور الجدول الدوري بدءًا من العالم مندليف وصولاً إلى الجدول الدوري الحديث حيث يتم ترتيب العناصر حسب الأعداد الذرية والخواص الكيميائية، مع تفسير السلوك الكيميائي من خلال التوزيع الإلكتروني المتشابه لبعض العناصر.

1	2	13
Li_2O	BeO	B_2O_3
Na_2O	MgO	Al_2O_3
K_2O	CaO	Ga_2O_3

تتّحد عناصر Li، و Na، و K جميعها مع الأكسجين بنسبة مقدارها 2:1 أما العناصر Be، و Mg، و Ca فتتّحد معه بنسبة 1:1.

تُركّز الوحدة الثالثة من هذا الفصل على كيفية قياس الكميات الفيزيائيّة وتسجيلها. فالفيزياء تتضمّن مجالاً واسعًا من الكميّات، التي تُستخدم فيها صيغة خاصّة من الأرقام تُسمّى الصيغة العلميّة لتمثيل مقادير، كالمسافة.



تختزن المواد المُختلفة كمّيات مُختلفة من الحرارة لكل درجة.

تتناول الوحدة الرابعة مفاهيم علمية مثل الطاقة الحرارية ودورها في تغيير حالة المادة والسعة الحرارية وسنكتشف كيف تتحول المادة من شكل إلى آخر.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كل فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات.



أسئلة للمناقشة

ما عناصر المجموعة الأولى التي تتفاعل مع عناصر المجموعة السابعة عشرة لتكوين أملاح نستخدمها في حياتنا اليومية؟

وكيف يتم الارتباط بينها؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

شريط الأفكار المهمّة

تحديد النقاط الرّئيسة وتذكُّرها.

النظائر هي ذرّات للعنصر نفسه لها عدد البروتونات نفسه ولكنها تختلف في عدد النيوترونات.

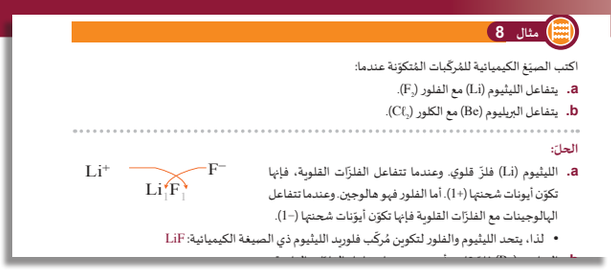
العلاقات والمعادلات

مُثِّلت علاقات الكمّيّات الفيزيائيّة من خلال المُتغيّرات ووحدات قياسها بشكل واضح.

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

الأمثلة

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.


مثال 8

اكتب الصيَغ الكيميائية للمُركّبات المُتكوّنة عندما:

a. يتفاعل الليثيوم (Li) مع الفلور (F_2).

b. يتفاعل البريليوم (Be) مع الكلور (Cl_2).

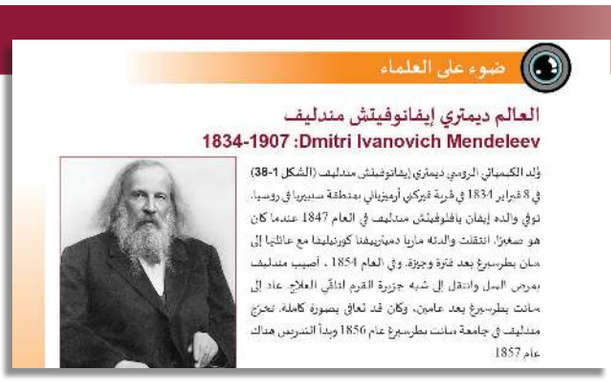
الحل:

a. الليثيوم (Li) فلزّ قلوي. وعندما تتفاعل الفلزّات القلوية، فإنها تكوّن أيونات شحنتها (+1). أما الفلور فهو هالوجين. وعندما تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلوية فإنها تكوّن أيوّنات شحنتها (−1).

- لذا، يتحد الليثيوم والفلور لتكوين مُركّب فلوريد الليثيوم ذي الصيغة الكيميائية: LiF

العلم والعلماء

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعُنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا.


ضوء على العلماء

العالم ديمتري إيفانوفيتش مندليف

1834-1907 :Dmitri Ivanovich Mendeleev



الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواهما من الأنشطة التي تُرسّخ معاني الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.


الوحدة 1: تركيب الخلية ووظيفتها

نشاط 1-1 ملاحظة الخلايا بدائية النواة

سؤال الاستقصاء	كيف تتم ملاحظة الخلايا بدائية النواة بوساطة المجهر؟
الموادّ المطلوبة	مجاهر ضوئية ، شرائح زجاجية جاهزة لأنواع مختلفة من البكتيريا.

1. قبل البدء، راجِع أجزاء المجهر الضوئي الخاص بك وكيفية عمله. احصل على موافقة معلمك قبل البدء بالتجربة.
2. افحص الخلايا باستخدام العدسة الشيئية بقوة تكبير ×10 ثم افحصها بالعدسة الشيئية بقوة تكبير ×40

تقويم الدّرس

يتميّز كل درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.


الوحدة 3: الكتلات الفيزيائية — الدرس 3-3: النظام الدولي للوحدات (SI)

تقويم الدرس 3-1

أسئلة اختيار من متعدّد (1-4)

1. إذا كانت سرعة الضوء 299792458 m/s، فما الصيغة العلمية لهذا المقدار؟
   a. 3.00×10^{-8} m/s
   b. 3×10^{-9} m/s
   c. 3×10^{8} m/s
   d. 3.00×10^{9} m/s
2. أيٌّ من الآتي نعبّر عن قياسه باستخدام وحدة مُشتقة؟

مراجعة الوحدة

ملخّص قصير عند نهاية كل وحدة، وهو مرجع سريع للأفكاروالمُصطلحات الرئيسية.


الوحدة 1

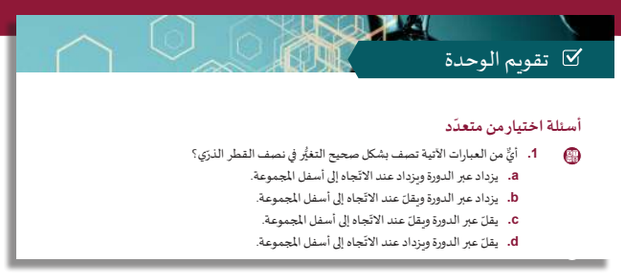
مراجعة الوحدة

الدرس 1-1: الخلايا: وحدات الحياة

- تتكوّن جميع الكائنات الحية Organisms من وحدات دقيقة تُسمّى الخلايا Cells.
- تنص نظريّة الخلية على أنّ الخليّة تُعدّ أصغر وحدة حياة، وجميع الكائنات الحيّة تتكوّن من خلايا، والخلايا لا يُمكن أن تنشأ إلّا من خلايا أخرى.
- يتمّ قياس الأجسام والكائنات الحية الصغيرة جدًا على مقياس مترّي يقسم المليمتر (mm) إلى ميكرومتر (μ) Micrometers ونانومتر (nm) Nanometers.
- تتكوّن جميع الخلايا من تراكيب مصنوعة من جزيئات حيوية Biomolecules.
- الكائنات الحية البسيطة تكون وحيدة الخلية Single-celled ويمكن أن تنتظم خلاياها في أزواج، أو سلاسل، أو

تقويم الوحدة

زوّدت كل وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المتعدّدة كعيّنة تحضّر الطالب لاختبار نموذجي.


تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدّد

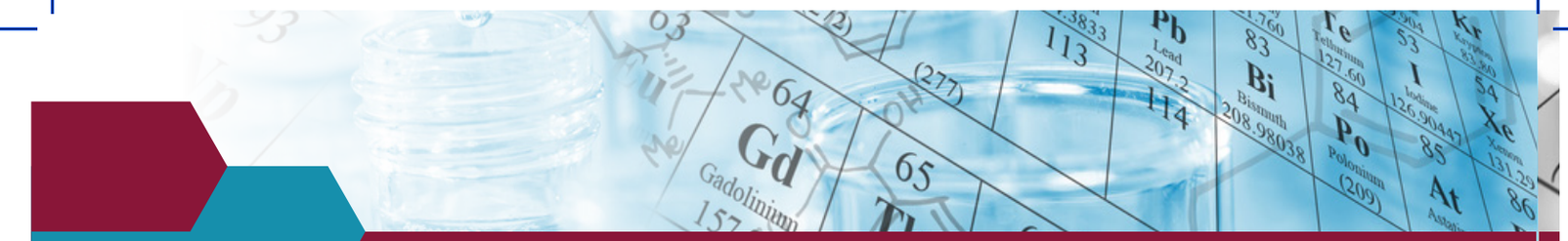
1. أيٌّ من العبارات الآتية تصف بشكل صحيح التغيُّر في نصف القطر الذرّي؟
   a. يزداد عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   b. يزداد عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   c. يقلّ عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   d. يقلّ عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

أسئلة الإجابة القصيرة

أسئلة الإجابة القصيرة وأسئلة الإجابة المطوّلة بُنيتا على مُستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كل وحدة.


تقويم الوحدة

17. في أيّ جهة من الجدول الدوري توجد العناصر ذات الخصائص اللافلزّية الأعلى؟
18. أيٌّ عنصر في الدورة 3 يُعدّ شبه فلزّ؟
19. باستخدام توزيع بور الإلكتروني، ما أوجه الاختلاف بين الهيليوم (He) وعناصر المجموعة 18 (VIIIA) الأخرى، والتي تُسمّى الغازات النبيلة؟
20. حدّد العناصر التي لديها توزيعات بور الإلكترونية الآتية :
    a. 2,3 b. 2,8,2 c. 2,8,18,7



مخطّط المادّة

الوحدة 1

تركيب الخلية ووظيفتها

تُعدّ الخلية أصغر وحدة كاملة في الحياة، وتتكوَّن الكائنات الحيّة جميعها من خلية واحدة أو أكثر. جميع الخلايا لها غشاء خلوي يحيط بالسيتوبلازم. الخلايا حقيقية النواة لديها نواة وعضيات، أمّا الخلايا بدائية النواة فتفتقر إلى هذه التراكيب. وقد أدّى تطوّر المجاهر إلى اكتشاف الخلايا وفهمها. قد تصل قوة التكبير في المجاهر الضوئية العادية حتى 1000 × أمّا قوّة تكبير المجاهر الإلكترونية فقد تصل إلى أعلى من ذلك بكثير.

الوحدة 2

الدورية في خصائص العناصر

قد يكون الجدول الدوري أهمّ مخطّط علمي تم إنشاؤه على الإطلاق. فقد نُظّمت عناصره في صفوف وأعمدة استنادًا إلى الازدياد في أعدادها الذرّية، وخواصّها الكيميائية. فعناصره التي تشغل العمود الرأسي نفسه، مثلًا، تمتلك خواصّ كيميائية متشابهة. ويمثّل التركيب البنائي للجدول الدوري كيف نُظّمت الإلكترونات داخل ذرّات كل عنصر، وهذا ما يُحدّد خواصّه الكيميائية. ويصف الدرس الثاني الطريقة التي تتكرّر بها الخاصّية في كل صف، كخاصّية نصف القطر الذرّي، الذي تكون قيمته هي الأكبر في العنصر الأوّل من كل صف، ثم تتناقص كلما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الصف الواحد. ويستكشف الجزء الأخير من الوحدة كيف تتفاعل مجموعات العناصر بطريقة متشابهة، كأن يتّحد كل عنصر من عناصر الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم بنسبة واحد إلى واحد مع الكلور لتكوين الأملاح: LiCℓ، و NaCℓ، و KCℓ.

الوحدة 3

الكميّات الفيزيائيّة

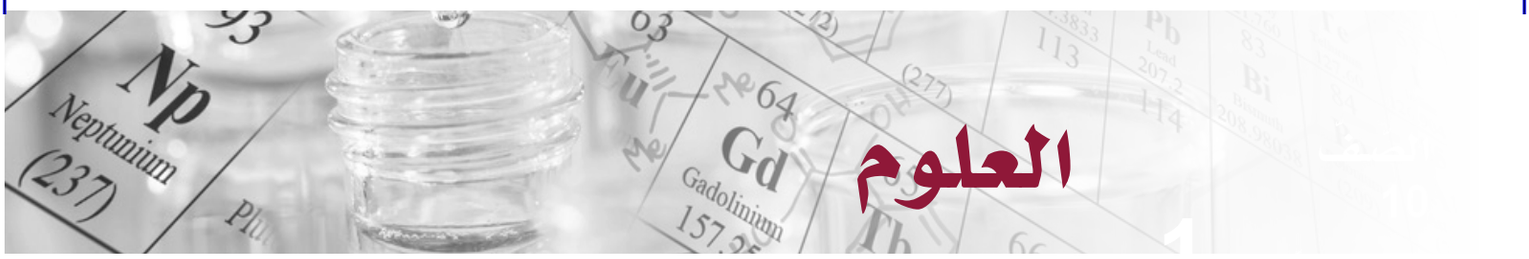
تتمثّل وحدات النظام الدولي (SI) في الوحدات الأساسية للكمّيات الفيزيائيّة، ومنها: الكيلوجرام، والمتر، والثانية. وتعتمد الوحدات المُشتّقة، كوحدات الحجم، على وحدات النظام الدوليّة (SI) الأساسيّة. وسوف نجد خلال دراستنا أن من الأفضل تمثيل الأعداد الكبيرة والأعداد الصغيرة وفق الصيغة العلميّة، كأن نُمثّل قُطر الذرّة وفق الصيغة العلميّة على النحو الآتي: 1×10^{-10} m.

يُسلّط الدرس الثاني الضوء على عملية القياس. وتُعرف القيمة الحقيقية بانّها قيمة الكميّة التي نحاول قياسها. تكون جميع القياسات محدودة وفق الضبط، والدِقّة. لذلك، يُعتبر أي قياس تقديرًا للقيمة الحقيقيّة بزيادة أو نقصان هامش الخطأ. إذا كانت هوامش الخطأ عشوائية، يكون متوسّط قياسات مُتعدّدة أفضل تقدير للقيمة الحقيقيّة، لأنّ بعض أجزاء هوامش الخطأ التي تقع أعلى وأسفل القيمة الحقيقيّة يُلغي بعضها بعضًا.

الوحدة 4

الحرارة وتغيّر حالات المادة

تقيس درجة الحرارة الطاقة الحركيّة لجُسيمات المادة، أمّا الحرارة فهي تدفّق للطاقة الحرارية من درجات حرارة أعلى إلى درجات حرارة أدنى. تصِف الحرارة النوعيّة كميّة الطاقة لكل درجة لكل كيلوجرام.



الوحدة 1

تركيب الخلية ووظيفتها 2

الدّرس 1-1 الخلايا: وحدات الحياة 4

الدّرس 1-2 عضيات الخلية 12

الدّرس 1-3 الخلايا والفحص المجهري 28

الوحدة 2

الدورية في خصائص العناصر 44

الدّرس 2-1 الجدول الدوري للعناصر 46

الدّرس 2-2 تدرُّج الخواص الدورية للعناصر 64

الدّرس 2-3 النشاط الكيميائي للعناصر 74

الوحدة 3

الكميّات الفيزيائيّة 92

الدّرس 3-1 النظام الدولي للوحدات SI 94

الدّرس 3-2 القياسات 108

الوحدة 4

الحرارة وتغيّر حالات المادة 126

الدّرس 4-1 درجة الحرارة والحرارة 128

الدّرس 4-2 السعة الحرارية النوعيّة والحرارة الكامنة النوعيّة 138





الوحدة 1

تركيب الخلية ووظيفتها
Cell Structure and Function

في هذه الوحدة

الدرس 1-1:	الخلايا: وحدات الحياة	B1001
الدرس 1-2:	عُضيّات الخلية.	B1002
الدرس 1-3:	الخلايا والفحص المجهري.	B1003

الوحدة 1

مقدّمة الوحدة

توجد مظاهر الحياة في أماكن غير متوقعة على الأرض؛ فهناك كائنات حيّة دقيقة تستطيع العيش في بيئات شديدة الصعوبة، مثل طبقات المياه تحت الأنهار الجليدية، والينابيع الساخنة، وحول فوهات البراكين في أعماق البحار، وحتى في أعماق التربة والصخور.

ويبحث العلماء اليوم عن دلائل لوجود حياة قديمة على كوكب المريخ. ولتحقيق ذلك، هبطت مركبة الفضاء "برسفيرنس" على سطحه عام 2021 لجمع أدلة قد تشير إلى وجود خلايا أو آثار كيميائية خاصة تتركها الخلايا بعد موتها، مثل بعض البروتينات والكربوهيدرات.

ويساعد هذا النوع من الدراسات في توضيح أوجه التشابه والاختلاف بين نوعين رئيسيين من الخلايا، إضافة إلى فهم المميزات الفريدة داخل الخلايا التي تُشكّل مناطق متخصّصة تؤدي وظائف محددة. ويمكن رؤية هذه التراكيب الدقيقة داخل الخلية من خلال صور يلتقطها المجهر الإلكتروني، بعد معالجة الخلايا بطريقة خاصة.

وتُظهر هذه الصور أن خلايا الكائنات الحية متشابهة في كثير من الجوانب، لكنها تختلف أيضًا بطرق أخرى تجعل كل نوع منها مناسبًا لوظيفته وبيئته.

الأنشطة والتجارب

1-1 ملاحظة الخلايا بدائية النواة

2-1 ملاحظة الخلايا حقيقية النواة

3-1 قياس حجوم الخلايا

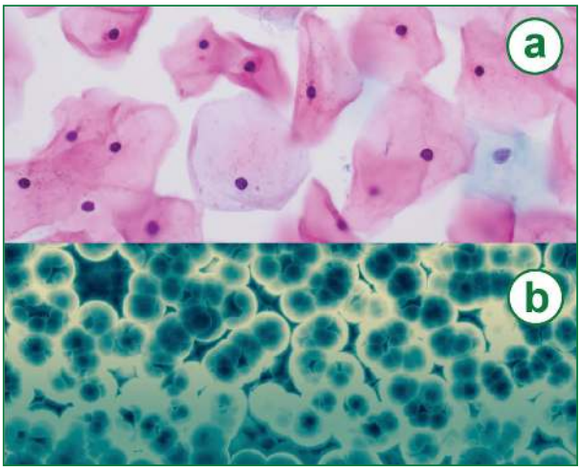
الدرس 1-1

الخلايا: وحدات الحياة
Cells: The Units of Life

على الرغم من اختلافات الخلايا في المظهر، الشكل، أو الحجم، فانّ جميعها تؤدي وظائفها بطرق متشابهة إلى حد كبير. تتميز الكائنات الحية المعقدة بأن خلاياها تحتوي على نواة، وهي البقعة الداكنة الواضحة في كل خلية في(**الشكل 1-1a**)، بينما تفتقر الكائنات وحيدة الخلية، مثل البكتيريا، إلى وجود نواة، (**الشكل 1-1 b**).

تأخذ كل خلية العناصر الغذائية وتحافظ على بيئتها الداخلية وتطرح الفضلات. تشترك مُعظم الخلايا في أنّها تنمو وتنقسم. وتحتوي أنسجة الكائنات الحية المعقّدة على العديد من الخلايا المتخصّصة مثل الخلايا العضلية والخلايا العصبية.

يبحث هذا الدرس في الأجزاء الأساسية في الخلايا وكيف تعمل، فبعض الخصائص موجودة ومشتركة في جميع الخلايا، بينما توجد خصائص أخرى غير مشتركة في أنواع محددة فقط من الخلايا



الشكل 1-1 صور مجهرية (a) خلايا باطن فم الإنسان (b) بكتيريا كروية.

مخرجات التّعلُّم

B1001.1 يعرّف نظرية الخلية بأن جميع الكائنات الحيّة تتكوّن من خلايا.

B1001.3 يميّز بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة.

المفردات

Cell	الخلية
cell theory	نظرية الخلية
Microorganisms	الكائنات الحيّة الدقيقة
Micrometer	الميكرومتر
Nanometer	النانومتر
Single-celled	وحيد الخلية
Colony	المستعمرة
Multicelled	متعدد الخلايا
Organelle	العضّية
Prokaryote	بدائي النواة
Eukaryote	حقيقي النواة
Flagellum	السوط
Nucleoid	المنطقة النّووية
Organism	الكائن الحي
Virus	الفيروس

تهيئة: من مذكّرات أنطوني فون ليفينهوك

كيف اكتشفنا أن الكائنات الحيّة مكوّنة من خلايا؟

ما الذي كان يظنّه الناس قبل اكتشاف الخلايا؟

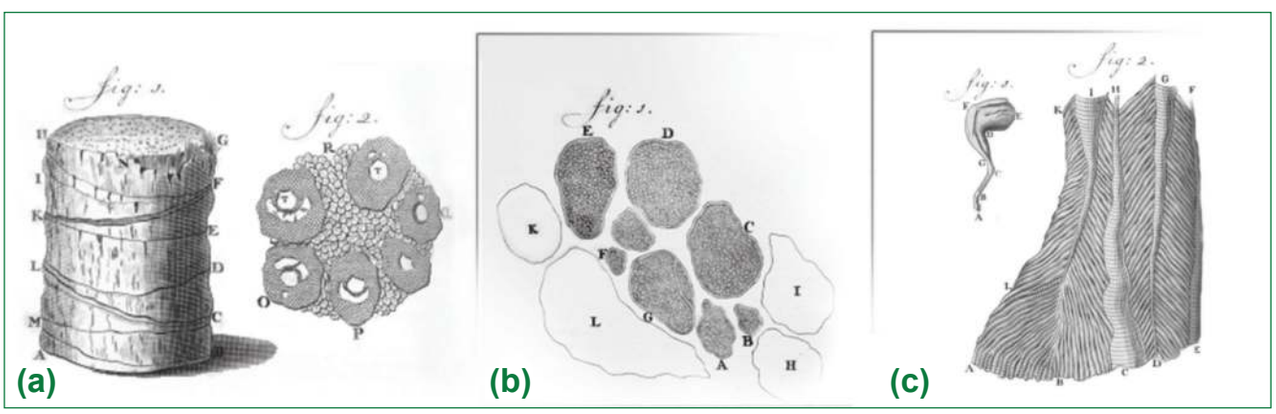
قبل عام 1600 م كان الإنسان يعرف الأعضاء والأنسجة في الجسم معرفة جيدة، لكنه لم يكن يعرف ممّ تتكوّن. ظلّ هذا اللغز قائمًا حتى عام 1665 عندما استخدم روبرت هوك المِجهر الذي اخترعه، ولاحظ خلايا الفلّين التي ظهرت له كمناطق صغيرة تشبه الحجرات **(الشكل 1-2)**.

بعد ذلك بسنوات قليلة، برز الهولندي أنطوني فان ليفينهوك، صانع القبعات الذي كان شغوفًا بصناعة العدسات، فقام بين عامي 1672 و1684 بصنع مجاهر بسيطة مكّنته من رؤية كائنات وأجسام حيّة في محاليل مختلفة. وقد دوّن اكتشافاته في 285 رسالة أرسلها إلى الجمعية الملكية، وتضمّنت نحو نصف هذه الرسائل أكثر من ألف رسم تفصيلي لما شاهده تحت المجهر..



الشكل 1-2 أنطوني فون ليفينهوك

عندما تُرجمت رسائل ليفينهوك وطُبعت الأشكال التي رسمها على ألواح نحاسية، لم يظنّ معظم الناس أن الصور حقيقية بل كانوا خائفين منها. يُظهر **(الشكل 1-3)** بعض رسوم ليفينهوك بتفاصيلها حول ما رآه في مجهره. ففي سنة 1684، كان الرسم هو الطريقة الوحيدة لتسجيل الصور، وكان يتعيّن على عالم الأحياء وقتها أن يكون رسامًا ماهرًا بالإضافة إلى كونه عالمًا جيدًا. بينما في وقتنا الحالي نستطيع التقاط صور فوتوغرافية للعيّنات المجهرية.



الشكل 1-3 (a) خشب جوز الهند، (b) عصب في بقرة، (c) وتر في فأر

نظرية الخلية

كان هوك من أوائل الذين أتقنوا صناعة المجهر البسيط، وهو أول من استخدم مصطلح "خلية" في الكتابات العلمية **(الشكل 1-4)**.

وبسبب تقدم صناعة المجاهر والعدسات، أسهم عدد من العلماء إلى جانب ليفينهوك وهوك في تطوّر نظرية الخلية، الذي استغرق ما يزيد عن 150 عامًا. فيما يلي أسماء العلماء وانجازاتهم، وهي جزء من الخط الزمني لتطوّر نظرية الخلية في القرن التاسع عشر.

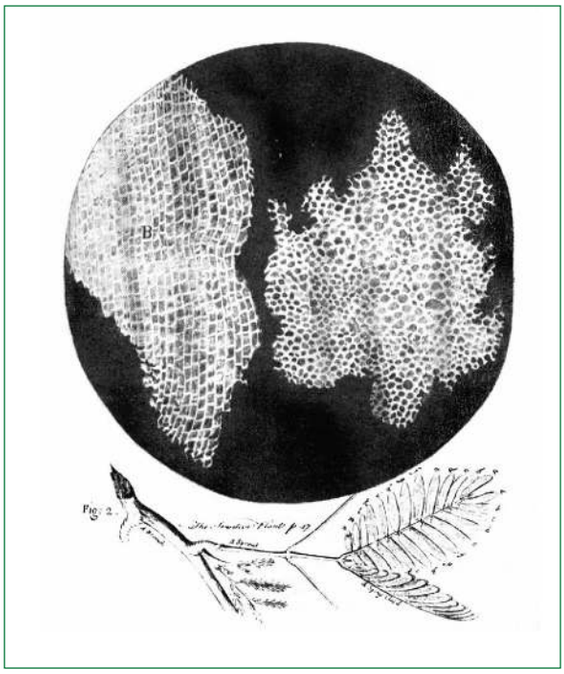
1824 هنري دوتروشيه - أوّل من اقترح أن جميع الكائنات الحيّة مكوّنة من خلايا.

1828 روبرت براون- أوّل من وصف نواة الخلية.

1830's ماثياس شلايدن وثيودور شوان - أوّل عالِمَيْن استنتجا أن جميع النباتات والحيوانات مكوّنة من خلايا.

1855 رودولف فيرشو - أوّل من اقترح أن جميع الخلايا تنشأ من خلايا موجودة مسبقًا.

1879 والتر فلمينغ - أول من وصف خطوات الانقسام الخلوي.



الشكل 1-4 رسم هوك الشهير لخلايا الفلين، والذي تم نشره في العام 1665.

الخلية

الخلية Cell هي الوحدة التركيبية والوظيفية في أجسام الكائنات الحية. تحتوي الخليّة على محلول من موادّ كيميائية محاطٍ بغشاء يفصل المكونات الداخلية للخليّة عن مُحيطها الخارجيّ. وتقوم الخليّة بجميع الوظائف الأساسية للحياة. وتُعدّ **نظرية الخلية Cell theory** مبدأ أساسيًّا في علم الأحياء، وتتلخّص بنود نظرية الخلية في ثلاث نقاط رئيسة هي:

1. الخلية هي الوحدة الأساسية للتركيب والوظيفة عند جميع الكائنات الحيّة.
2. جميع أجسام الكائنات الحية مكوّنة من خلية واحدة أو أكثر.
3. تنشأ الخلايا الجديدة من انقسام خلايا حيّة سابقة لها.

الخلية هي الوحدة الأساسية للحياة.

حجم الخلية وتنوّعها

تتكون **الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms** مثل البكتيريا من خلايا صغيرة جدًا، لدرجة أننا لا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة، بل نحتاج إلى المجهر لرؤيتها (**الشكل 1-5**).

ولأن هذه الخلايا دقيقة للغاية، يستخدم العلماء وحدة خاصة لقياس حجمها تسمّى **الميكرومتر Micrometer** (الميكرون Micron).

الميكرومتر الواحد (µm) يساوي 0.001 ملم.

و 1000 ميكرومتر = 1 ملم.

في جسمك، يتراوح حجم أغلب الخلايا بين 8 ميكرومتر (مثل خلايا الدم الحمراء) و 200 ميكرومتر.

استثناءات لحجم الخلايا:

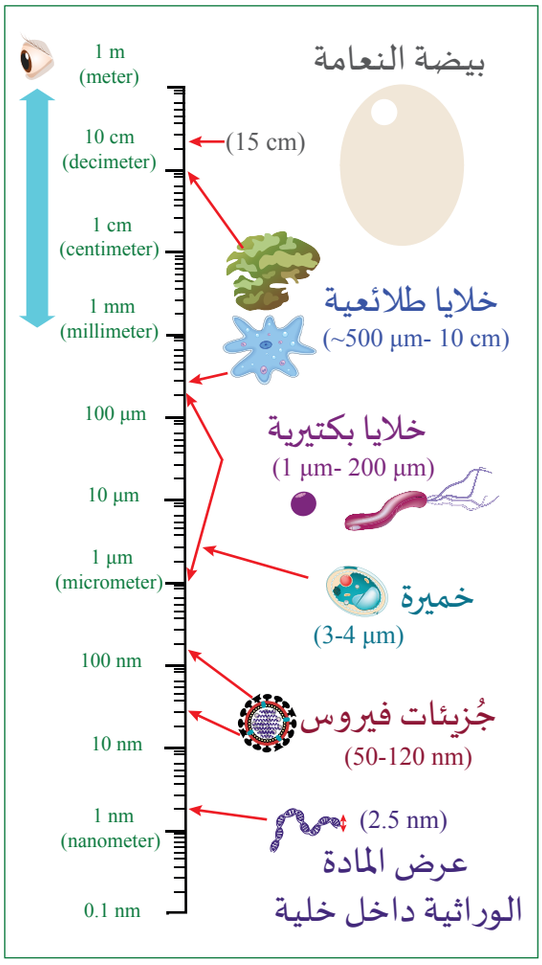
على الرغم من أن معظم الخلايا صغيرة جدًا، إلا أن هناك حالات استثنائية:

البيضة هي في حقيقتها خلية واحدة كبيرة، ولهذا تُعد بيضة النعامة (15 سم) أكبر خلية معروفة في الكائنات الحية.

أطول خلية في جسم الإنسان هي الخلية العصبية؛ فجسمها يشبه حجم الخلايا الأخرى، لكن يمتد منها محور عصبي طويل قد يصل طوله إلى أكثر من متر واحد.

تنوع أحجام البكتيريا والطلائعيات:

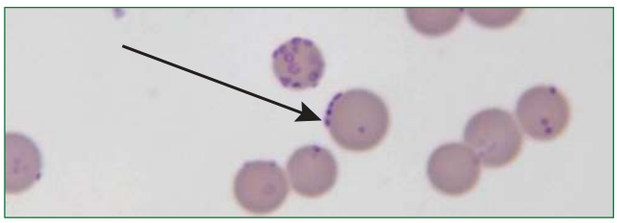
تختلف البكتيريا كثيرًا في أحجامها؛ فبعضها أصغر من 1 ميكرومتر، بينما يصل حجم بعضها الآخر إلى 200 ميكرومتر.



الشكل 1-5 مقياس حجم الخلايا وجزيئات الفيروس.

أما الطلائعيات، فتعيش أكبر خلاياها في الماء، وقد يصل حجم العديد منها إلى عدة سنتيمترات، مما يجعلها أكبر بكثير من البكتيريا.

يتم قياس الفيروسات باستخدام وحدة مترية أصغر 1000 مرة من الميكرومتر تُسمّى **النانومتر (nm) Nanometer**. تستخدم هذه الوحدة أيضًا لقياس الجُزيئات والتراكيب الدقيقة جدًا والتي توجد داخل الخلايا مثل النواة والمادة الوراثية داخل النواة.



الشكل 1-6 تظهر الميكوبلازما على سطح البكتيريا.

تعتبر الميكوبلازما (*mycoplasma*) أصغر خلية معروفة، وهي بكتيريا يبلغ حجمها حوالي 0.1 µm فقط، أي أنّها أصغر 1000 مرة من حجم خلايا جسم الإنسان المتوسّطة. الميكوبلازما صغيرة جدًا بحيث يمكنها مهاجمة البكتيريا الأخرى (**الشكل 1-6**).

يبلغ طول الميكوبلازما حوالي 0.1 ميكرومتر. أجب عن الأسئلة الآتية باستخدام (الشكل 1-6).

a. ما الكائن الأقرب في الحجم إلى الميكوبلازما؟

b. ما عدد الميكوبلازما الذي يمكن أن تستوعبه أكبر بكتيريا؟

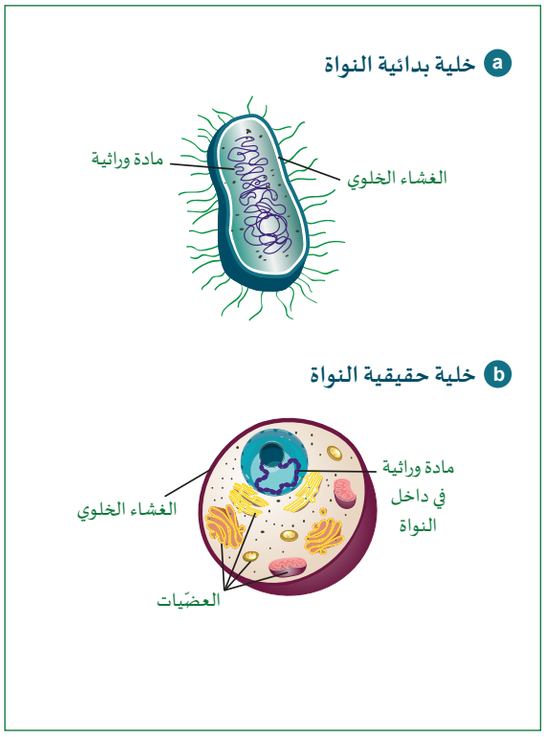
بدائيات النواة وحقيقيات النواة

يصنّف معظم علماء الأحياء المعاصرين الكائنات الحيّة بناءً على ترتيب خلاياها وتراكيبها الخلوية إلى ستّ مجموعات حسب الجدول الآتي:

المجال	مجال البكتيريا	مجال البكتيريا القديمة	مجال حقيقيات النوى			
المملكة	البكتيريا الحقيقية	البكتيريا القديمة	الطلائعيات	الفطريات	النباتات	الحيوانات
نوع الخلية	بدائية النُوَاة	بدائية النُوَاة	حقيقية النواة	حقيقية النواة	حقيقية النواة	حقيقية النواة
عدد الخلايا	وحيدة الخلية	وحيدة الخلية	وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا	وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا	متعددة الخلايا	متعددة الخلايا

يتمثّل أحد أهم الاختلافات بين خلايا الممالك الست للكائنات الحية في وجود النواة أو عدم وجودها. لذلك تم تصنيفها إلى مجموعتين على النحو الآتي:

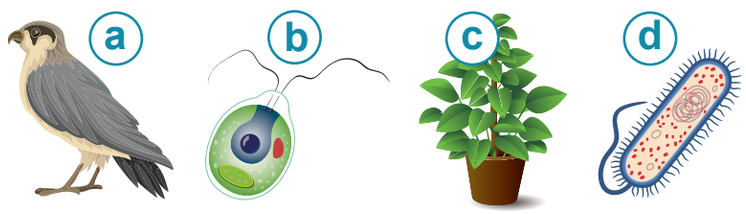
1. **بدائية النواة Prokaryote :** خلية لا تحتوي على نواة. حيث تكون المادة الوراثية في السيتوبلازم **(الشكل1-7a)**، وسميت بدائيات النواة لأنها لا تمتلك نواة ولا عضيات غشائية، وهي من أقدم أنواع الخلايا التي نشأت على الأرض. تصنّف بدائيات النواة إلى مجموعتين، هما البكتيريا القديمة والبكتيريا.
2. **حقيقية النواة Eukaryote** تحتوي الخلايا حقيقية النواة على نواة محاطة بغشاء نووي، وتكون المادة الوراثية داخل النواة. **(الشكل 1-7b)**، ومن الأمثلة على حقيقية النواة الطلائعيات والفطريات والنباتات والحيوانات. تفقد أنواع معيّنة من الخلايا حقيقية النواة نواتها لاحقًا، مثل خلايا الدم الحمراء؛ ومع ذلك فإنّ هذه الخلايا لا تزال حقيقية النواة.



الشكل 1-7 (a) خلية نموذجية من كائن حقيقي النواة، (b) خلية كائن بدائي النواة.

حقيقية النواة تحتوي على نوى حقيقية، أمّا بدائيات النواة فلا تحتوي على نوى.

صنّف الكائنات الحيّة الموضّحة في الصور إلى بدائي النواة أو حقيقي النواة، مستعينًا بما قرأت عن الخلايا.

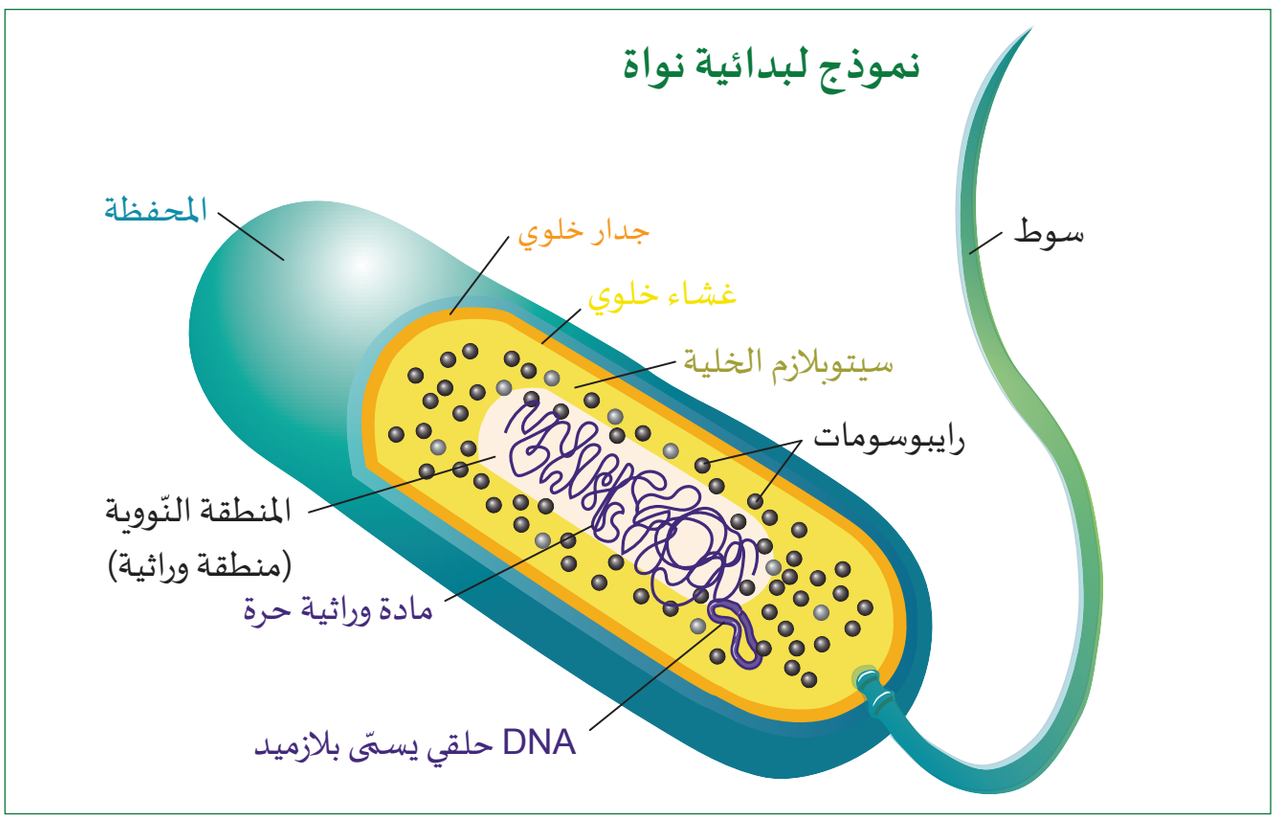


حقيقية النواة أم بدائية النواة؟

تركيب الخلايا في بدائيات النواة

تُعدّ بدائيات النواة كائنات حية بسيطة التركيب تكيف غلافها الخارجي لإبقاء الخلية على قيد الحياة، حيث يحيط بالغشاء الخلوي جدار سميك مكون من سكريات مرتبطة بوحدات من البروتين، كما يمكن لبعض الخلايا أيضًا أن تفرز محفظة خارجية لزجة لمساعدتها على الالتصاق بالأسطح **(الشكل 1-8)**.

هناك طريقة أخرى لتكيّف بعض بدائيات النواة وهي وجود ذيل يُسمّى **السوط Flagellum**. تمتلك بعض بدائيات النواة سوطًا واحدًا بينما يمتلك بعضها الآخر أسواطًا متعدّدة تبرز من الطرفين المتقابلين. تستخدم الأسواط للحركة، ويمكن استخدامها أيضًا لاستشعار خلايا أخرى قريبة.



الشكل 1-8 نموذج لبدائيات النواة. هذه البكتيريا العصويّة لها ميزات خلوية أساسية جدًّا، إضافة إلى المحفظة، لها سوط منفرد للحركة.

يحتوي الكائن بدائي النواة على منطقة فاتحة اللون تُسمّى **المنطقة النّووية Nucleoid**، وهي المكان الذي توجد فيه المادة الوراثية (DNA). تحتوي بعض أنواع البكتيريا على مادة DNA إضافيّة موجودة في تراكيب صغيرة حلقيّة تُدعى البلازميدات. وتكون المناطق الأخرى التي تُصنع فيها الجُزيئات الحيوية، مثل البروتين، أكثر كثافة ولونها داكن.

تُشكّل الجسيمات الكروية الصغيرة التي تُسمّى **الرايبوسومات Ribosomes** المواقع التي يتمّ فيها بناء البروتينات. ويبدو السيتوبلازم محبّبًا بسبب كثرة الرايبوسومات.

نشاط 1-1 ملاحظة الخلايا بدائية النواة

سؤال الاستقصاء	كيف تتم ملاحظة الخلايا بدائية النواة بوساطة المجهر؟
الموادّ المطلوبة	مجاهر ضوئية ، شرائح زجاجية جاهزة لأنواع مختلفة من البكتيريا.

1. قبل البدء، راجعْ أجزاء المجهر الضوئي الخاص بك وكيفية عمله. احصل على موافقة معلمك قبل البدء بالتجربة.
2. افحص الخلايا باستخدام العدسة الشيئية بقوة تكبير 10× ثم افحصها بالعدسة الشيئية بقوة تكبير 40× وارسمها.
3. استخدم العدسة الزيتية ذات التكبير 100X للحصول على صورة واضحة للبكتيريا.
4. حدد مكان الأجزاء التي شاهدتها، وسمّها.
5. أجب عن الأسئلة التالية:

a. ما شكل الخلايا التي تراها (عصوية، كروية، لولبية)؟
b. هل الخلايا مفردة أم مجتمعة في سلاسل أو تجمعات؟
c. هل يظهر لديك نواة محددة؟ ماذا يعني ذلك؟
d. هل يمكنك تمييز الـ DNA أو المنطقة النووية (Nucleoid)؟
e. هل يمكنك رؤية أي مكونات خلوية أخرى كالغشاء البلازمي، الجدار الخلوي والأهداب أو الأسواط؟

بحث في الأصباغ الحيوية

استخدم الإنترنت لتحديد صبغة حيوية آمنة وفاعلة في مشاهدة الأجزاء أدناه بوضوح أكبر تحت المجهر.

a. بكتيريا

b. سيتوبلازم الخلية

تقويم الدرس 1-1

1. لماذا تُسمّى الخلايا "الوحدات الوظيفية للحياة"؟ استخدم المصطلحين "الوظيفة" و"الكائن الحي" في إجابتك.

2. أي مما يلي ليس من النقاط الرئيسة في نظرية الخلية؟
   a. تتكون جميع الكائنات الحية من خلية واحدة أو أكثر.
   b. يمكن أن تتكون الخلايا الجديدة فقط من الخلايا الحية الأخرى.
   c. الخلية أصغر تركيب يُمكنه إنتاج نِسخ عن نفسه.
   d. الخلية هي الوحدة الأساسية للتركيب والوظيفة في جميع الكائنات الحية.

3. طابق بين اسم العالم وإنجازاته الصحيحة في تطوير نظرية الخلية.

a. براون b. دوتروشيه c. فلمينغ d. شلايدن وشوان e. فيرشو

   1. أول من وصف نواة الخلية.
   2. أول من وصف خطوات انقسام الخلية.
   3. أول من استنتج أن جميع الكائنات الحيّة مكوّنة من خلايا.
   4. أول من استنتج أن جميع النباتات والحيوانات مكوّنة من خلايا.
   5. أول من استنتج أن جميع الخلايا تنشأ من خلايا سابقة.

4. * أي مما يلي هو الفرق بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة؟
   a. تحتوي الخلايا بدائية النواة على نواة والخلايا حقيقية النواة لا تحتوي على نواة.
   b. تحتوي الخلايا حقيقية النواة على نواة والخلايا بدائية النواة لا تحتوي على نواة.
   c. تحتوي الخلايا بدائية النواة على غشاء خلوي والخلايا حقيقية النواة لا تحتوي على غشاء خلوي.
   d. تحتوي الخلايا حقيقية النواة على غشاء خلوي والخلايا بدائية النواة لا تحتوي على غشاء خلوي.

5. هل خلايا جسمك بدائية النواة أم حقيقية النواة؟ اشرح إجابتك وادعمها بحقيقة واحدة على الأقل.

الدرس 1-2

عُضيّات الخلية
Cell Organelles

تحتوي جميع الآلات المعقدة على أنظمة فرعية تؤدي وظائف فرديّة تدعم عمل الآلة ككل. على سبيل المثال، يحتوي الكمبيوتر على نظام ذاكرة ونظام إدخال وإخراج ونظام عرض ومصدر طاقة.

الخلايا عبارة عن آلات بيولوجية ولديها أيضًا أنظمة فرعية متخصّصة، فكل عضيّة في الخليّة تكون متخصّصة لأداء وظيفة معينة. على سبيل المثال، الميتوكندريا هي مصدر الطاقة للخلية، تبني الرايبوسومات البروتينات، وتحتوي النواة على DNA الخلية وتُعدّ مركز التحكم فيها.

مخرجات التّعلُّم

B1003.1 يصف التركيب الدقيق للخلايا حقيقية النواة، بما في ذلك النواة، والسيتوبلازم، والغشاء الخلوي، والجدار الخلوي، والهيكل الخلوي، وجهاز جولجي،والميتوكندريا، والبلاستيدات الخضراء،والمريكز، والجُسَيمات المُحللة، والشبكة البلازمية الداخلية (الإندوبلازمية)، والرايبوسومات.

B1003.3 يربط تركيب العضيّات الخلوية بوظائفها،مضمنًا الإشارة إلى نسبة المساحة السطحية إلى الحجم بطريقة ملائمة.

B1001.2 يشرح أهميّة التقسيم الداخلي في الخلايا حقيقية النواة.

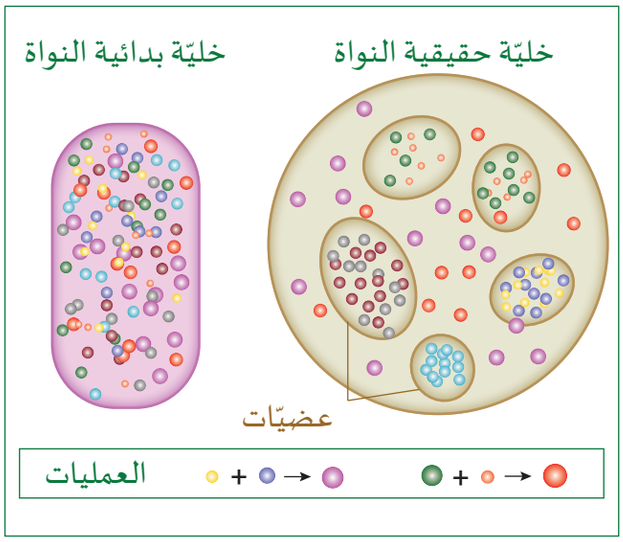
المفردات

Ribosome	الرايبوسوم
Endoplasmic reticulum	الشبكة البلازمية الداخلية (الإندوبلازمية)
Mitochondria	الميتوكندريا
Cell cytoplasm	سيتوبلازم الخلية
Cell membrane	الغشاء الخلوي
Chloroplast	البلاستيدات الخضراء
ribosomes	الرايبوسومات
Golgi Apparatus	جهاز جولجي
nucleus	نواة
Lysosome	الجُسَيمات المُحللة
Cytoskeleton	الهيكل الخلوي
Tissue	النسيج
Organ	العضو
Organ system	الجهاز

أهميّة العُضيّات

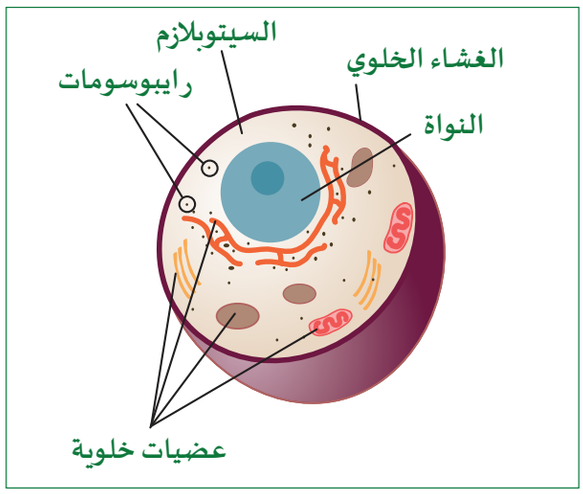
تسمح العُضيّات بزيادة حجم الخلايا وتوفر القدرة على القيام بمزيد من وظائف الخلايا المعقدة. تخيل أن منزلك غرفة واحدة ضخمة فقط بلا خزانات أو جوارير أو تراكيب تنظيمية، سوف يكون كل شيء مبعثرًا بشكل عشوائي في كل مكان. وبالتالي، سوف يستغرق منك الأمر وقتًا طويلًا لكي تعثر على كل الأشياء التي قد تحتاج إليها للقيام بمهمة، كما في الخلايا بدائية النواة.

يمكن القول إنّ العُضيّات في الخلايا حقيقية النواة عبارة عن تراكيب متخصّصة يمكن للخلية فيها تنظيم وظائف محددة. فالجُزيئات اللازمة لأداء الوظيفة تكون جاهزة وفي مكانها المناسب بدلاً من أن تكون مبعثرة في جميع أنحاء الخلية **(الشكل 1-9)**.



الشكل 1-9 تُنظّم الخلايا حقيقية النواة العمليات في العُضيّات.

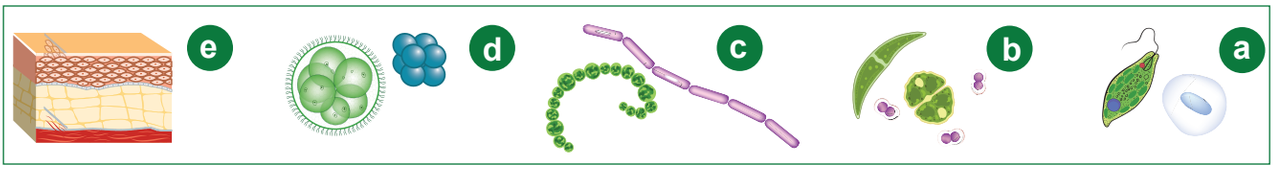
تتميّز العضيّات بأنها مغلّفة بأغشية خاصة تضمن الاستقلالية والتواصل بين العضيّات،فمثلًا تتركز الجزيئات اللازمة لتوليد الطاقة في الميتوكندريا، بينما تتركز الجزيئات اللازمة لقراءة وانتاج نسخ من DNA في النواة **(الشكل 1-10)**.



الشكل 1-10 عُضيّات الخلية.

تخصُّص الخلايا والعضّيات

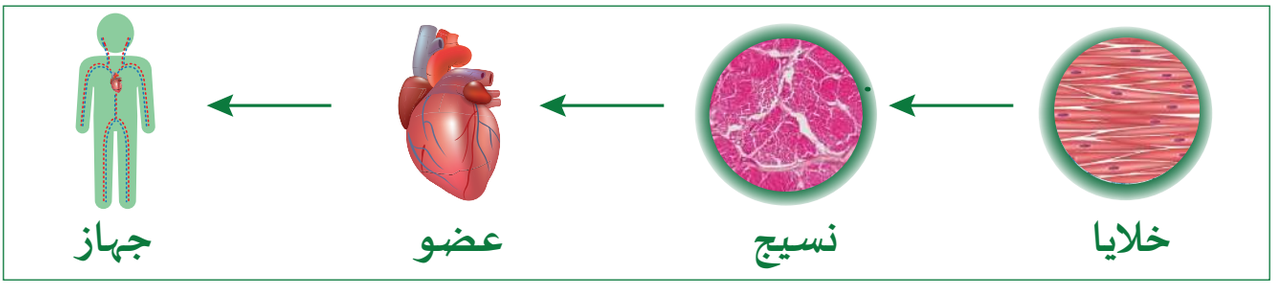
تصف مصطلحات علم الأحياء عدد الخلايا وترتيبها في الكائنات الحيّة **(الشكل 1-11 a-e)**. تُسمّى الكائنات الحيّة **وحيدة الخلية Single-celled** إذا كانت أجسامها تتكوّن من خلية واحدة، ويمكن أن توجد الخلايا المتماثلة في أزواج، أو تكون مترابطة على شكل سلاسل، أو تكون على شكل عنقود يُسمّى **المستعمرة Colony**. الكائنات الحيّة المعقّدة **متعددة الخلايا Multicelled** تتكوّن أجسامها من عدّة خلايا متخصصة.



الشكل 1-11 (a) خلايا منفردة، (b) خلايا مزدوجة، (c) سلسلة خلوية، (d) مستعمرة، (e) خلايا متخصّصة متعددة.

الكائنات متعددة الخلايا تضمّ خلايا متخصّصة مختلفة كي تؤدي وظائف حيوية مختلفة، فهناك خلايا بصيلات الشعر، وخلايا الغدد، وخلايا الأوعية الدموية، وأنواع أخرى من الخلايا في الجلد **(الشكل 1-11 e)**. تملك كل الخلايا المتخصّصة خصائص مشتركة كالغشاء الخلوي والسيتوبلازم؛ لكنّ شكل الخلايا وحجمها والتركيب الداخلي لها يمكن أن تختلف لتناسب الوظيفة التي تؤديها.

وفي الكائنات الحية المعقدة ، تتجمع أنواع الخلايا المتخصصة معًا لتشكيل الأنسجة ، مثل الأنسجة العضلية . وتشكل الأنسجة أعضاء كالقلب ، والتي تشكل بدورها الأجهزة مثل جهاز الدوران. **(الشكل 1-12)**



الشكل 1-12 تنظيم أنواع الخلايا في كائن حي معقّد.

تسمى المناطق المتخصصة في الخلايا بالعُضيّات وهي متخصّصة في وظائف خلويّة مُختلفة.

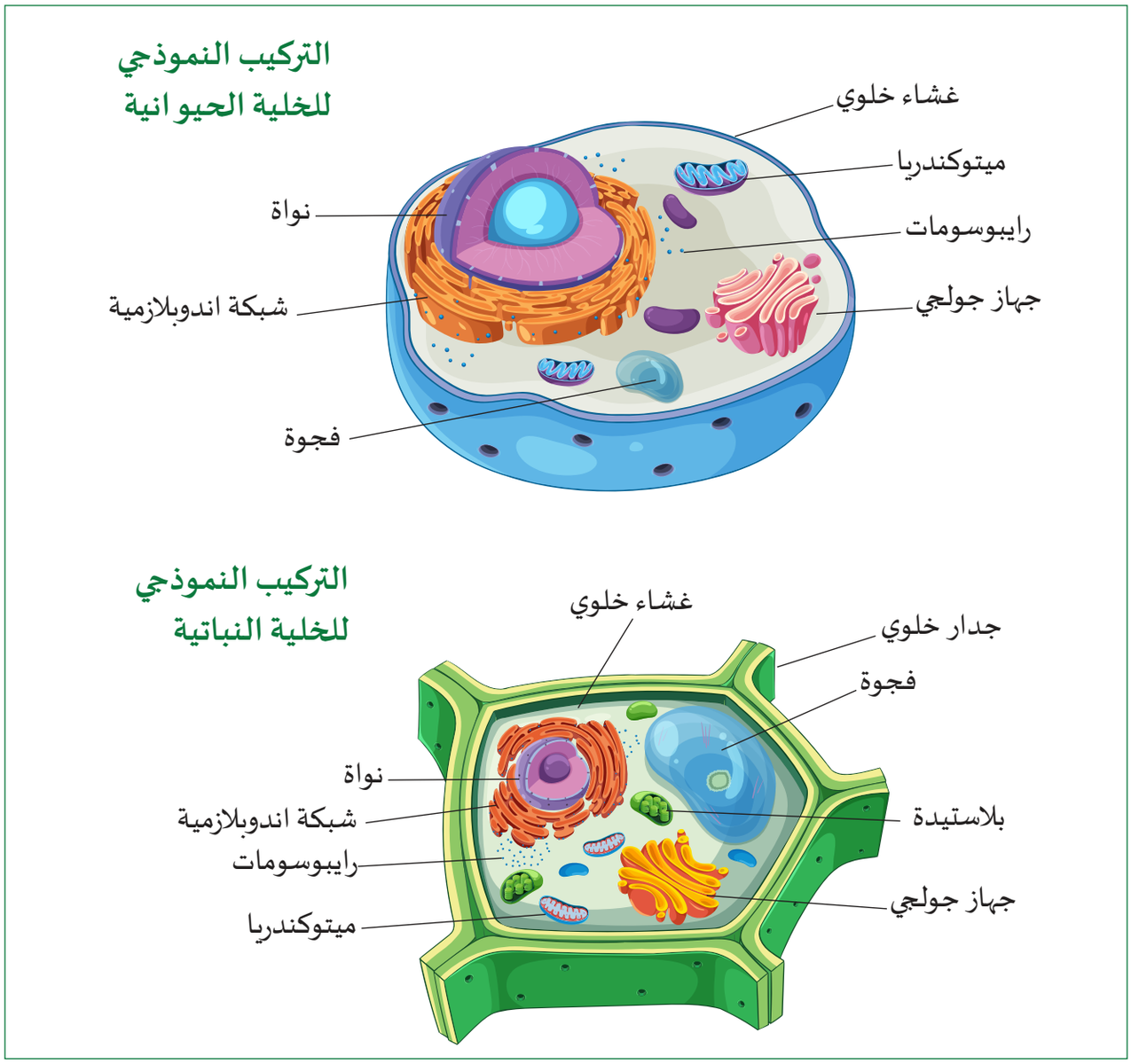
تتنوع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا، ويحتاج كل نوع من التفاعلات لمكان مخصص. يوجد داخل الخلايا حقيقية النواة مناطق متخصصة محاطة بأغشية تُدعى **العُضيّات Organelles**. ويمكن تلخيص أهميّة وجود العُضيّات بالنقاط التالية:

1. يسمح تقسيم الخلايا الى مناطق خاصة داخل الخلية الى توفير البيئات المناسبة للعضيات لاداء وظائفها المختلفة في الوقت نفسه. فمثلا تتم عمليات صنع البروتين في بيئات مختلفة.
2. تزيد العُضيّات من مساحة سطح الغشاء الداخلي من خلال وجود تراكيب غشائية مثل الشبكة الاندوبلازمية والأعراف في الميتوكندريا، مما يزيد من مساحة السطح وبالتالي يوفر مواقع إضافية لحدوث التفاعلات الكيميائية والعمليات الحيوية.
3. تساعد العُضيّات في المحافظة على تركيز ثابت من الجُزيئات الحيوية ؛لأنّ كل عُضيّة تكون محاطة بغشاء يَفصلها عن بقية أجزاء الخلية، وينظم مرور المواد من وإلى العُضيّة، وبذلك تستطيع كل منطقة داخل الخلية الاحتفاظ بتركيب كيميائي خاص يناسب نوع التفاعلات التي تحدث فيها.

التركيب الداخلي للخلايا حقيقية النواة

تمتلك جميع الخلايا مجموعة من التراكيب المشتركة (**الشكل 1-13**).

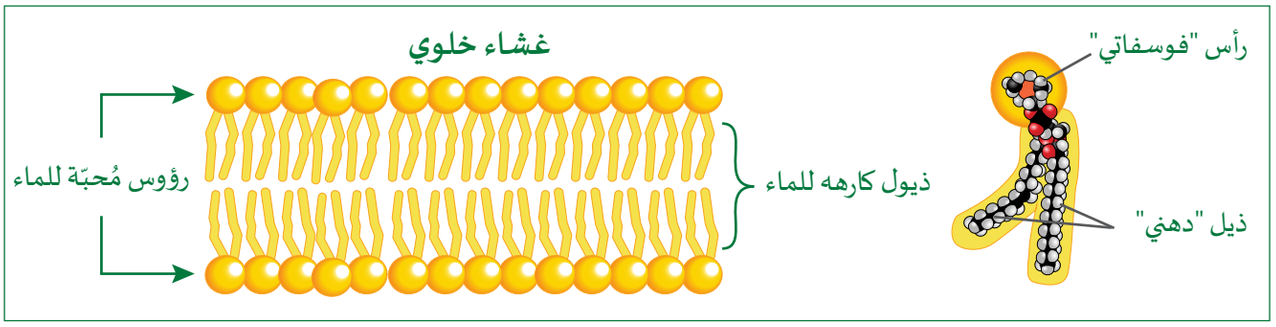
- تحتوي جميع الخلايا على السيتوبلازم.
- تحتوي جميع الخلايا على غشاء خلوي مرن يفصل السيتوبلازم عن البيئة الخارجية.
- تحتوي جميع الخلايا على شبكة داخلية من الألياف تسمى الهيكل الخلوي الذي يدعم الخلية ويمكنه تغيير شكلها.
- تحتوي جميع الخلايا على رايبوسومات صغيرة جدًّا، وهي عبارة عن تراكيب غير محاطة بغشاء.
- الخلايا النباتية لها جدار خلوي صلب يوفر الدعم الهيكلي للنبات. بينما لا تمتلك الخلايا الحيوانية جدار خلوي.



الشكل 1-13 التركيب النموذجي لخلية حيوانية وخلية نباتية.

الغشاء الخلويّ (البلازمي)

يوجد الغشاء البلازمي في الخلايا جميعها، يحيط بمكوناتها الداخليّة ويتألف من طبقتين من الدهون المفسفرة (الليبيدات المفسفرة) حيث يتكون كل جزيء من الدهون المفسفرة من رأس فوسفاتي محبّ للماء وذيل دهني كاره للماء، مما يسمح بترتيب طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة كما هو موضّح **(الشكل 1-14)**.



الشكل 1-14 تركيب الغشاء الخلوي.

تتحكم الأغشية الخلوية في نقل المواد إلى داخل وخارج الخلية. ومن الجدير بالذكر أنّ طبقة الدهون المزدوجةِ شبه منفذة، بمعنى أنّ بعض الجُزيئات الصغيرة مثل الماء يُمكنها أن تنفذ من خلال تلك الطبقة، أما الجُزيئات الأكبر، مثل البروتينات، والجُسَيمات المشحونة، مثل الأيونات، فلا يمكنها أن تنفذ من خلال طبقة الدهون المزدوجة.

السيتوبلازم

السيتوبلازم cytoplasm مادة هلامية تملأ الحيز الموجود بين الغشاء الخلوي والنواة. ويتكون السيتوبلازم من وسط هلامي يدعى السيتوسول، ومجموعة من التراكيب والعضيات. وعلى الرغم من أنّ الماء يشكّل 50% من السيتوسول فإنّ كثافته تشبه كثافة الهلام بسبب التركيز العالي للبروتينات المذابة. تشكّل البروتينات في الخلايا النموذجية حوالي 20% من كتلة السيتوسول. وتشمل الكتلة المتبقّية أيونات البوتاسيوم والصوديوم والكلوريد والبيكربونات بالإضافة إلى مركّبات أخرى، مثل الجلوكوز والسكّريات البسيطة الأخرى والسكّريات المعقّدة والأحماض الأمينية والأحماض النووية والأحماض الدهنية.

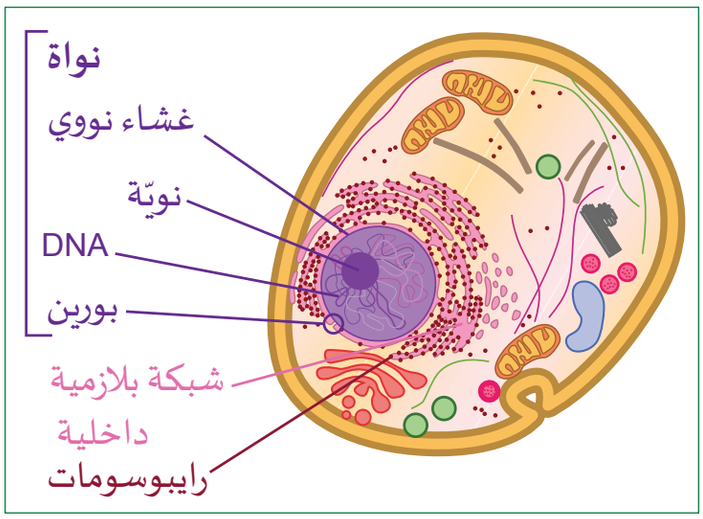
يجدر القول إنّ السيتوبلازم هو المكان الذي تحدث فيه العديد من التفاعُلات الأيضية في الخلايا حقيقية النواة، بما في ذلك تصنيع البروتين. والمكان الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الأيضية في الخلايا بدائية النواة.

النواة

تعدّ النواة nucleus أكبر عضيّة في الخلية وهي غالبا كروية الشكل، ومحاطة بغشاء نوويّ مزدوج، وللنواة وظيفتان رئيستان:

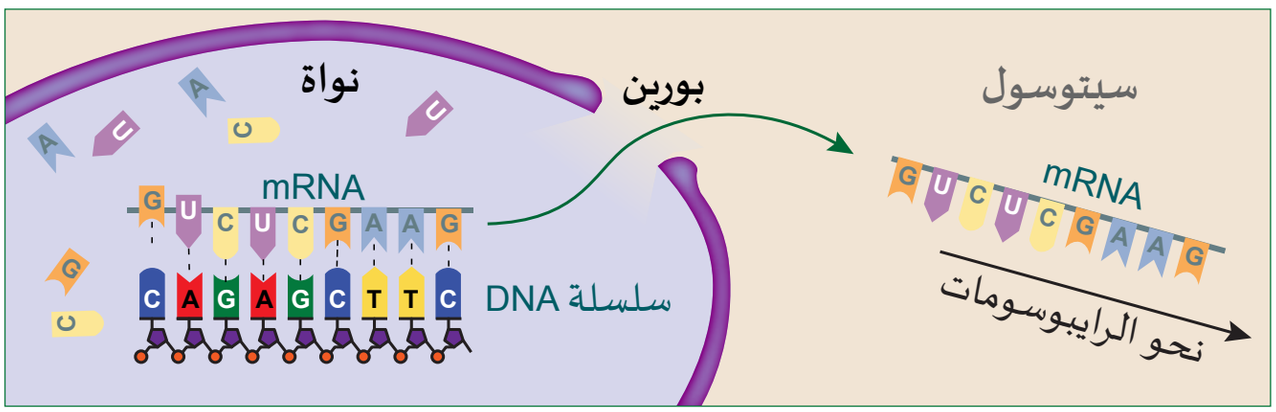
1. تخزّن المادة الوراثية للخلية (DNA).
2. تُنسّق أنشطة الخلية بما في ذلك النمو والأيض وتصنيع البروتينات والتكاثر (انقسام الخلايا).

تحتوي النواة على تركيب أصغر يسمى النويّة، وتتمثّل وظيفتها في إنتاج الرايبوسومات (**الشكل 1-15**).



الشكل 1-15 التراكيب داخل وحول النواة.

يحتوي الغشاء النووي على ثقوب صغيرة تسمى البورينات. تسمح البورينات لجُزيئات كبيرة محددة بدخول النواة والخروج منها. ويُعدّ أحد أهمّ هذه الجُزيئات الحمض النووي الرايبوزي الرسول (mRNA) (**الشكل 1-16**).



الشكل 1-16 يتم نقل المعلومات الوراثية من النواة بواسطة الحمض النووي الرايبوزي الرسول (mRNA).

الرايبوسومات

الرايبوسومات Ribosomes تراكيب تصنّع في النوية، ويتكون كل منها من وحدتين بنائيتين، احداهما كبيرة والأخرى صغيرة ترتبطان عند بدء تصنيع البروتينات.

توجد الرايبوسومات حرّة في السيتوبلازم، أو تكون مرتبطة بالشبكة الاندوبلازميّة، وتعمل الرايبوسومات على بناء البروتين وفقًا لتسلسل mRNA من النواة.

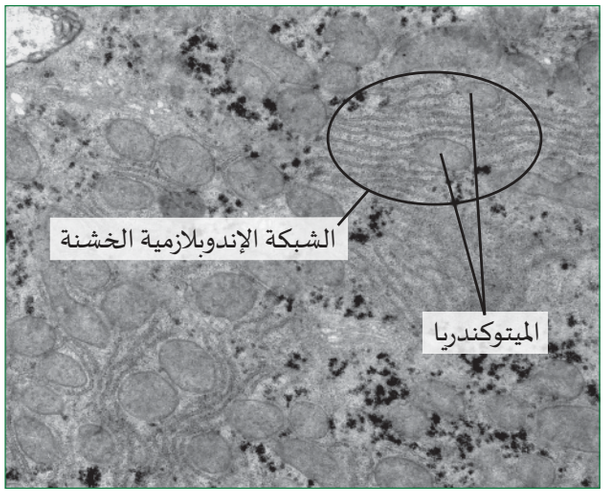
الشبكة الإندوبلازمية

(الشبكة الإندوبلازمية) Endoplasmic reticulum (ER) عضية خلوية تتكون من شبكة مترابطة من الأغشية والقنوات، وتنقسم إلى نوعين رئيسيين:

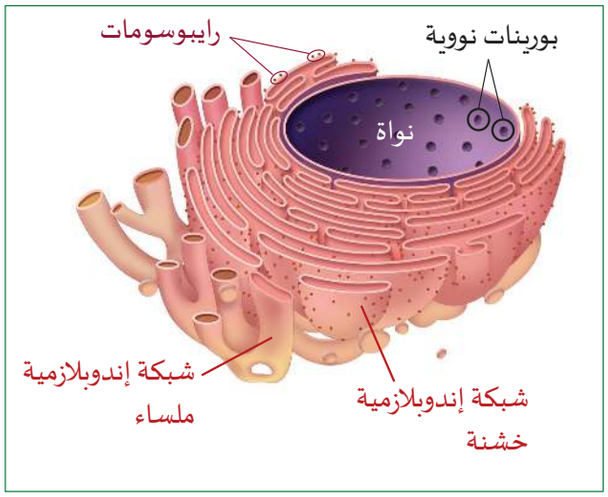
(الشبكة الإندوبلازمية الملساء) Smooth Endoplasmic Reticulum تتميز بعدم وجود الرايبوسومات على سطحها الخارجي، وتُعد موقعًا لإنتاج الدهون مثل الكوليسترول والليبيدات المفسفرة اللازمة لتكوين أغشية خلوية جديدة. كما تلعب دورًا مهمًا في بعض خلايا الكبد حيث تُساهم في تفكيك الأدوية والمواد الكيميائية الضارة.

(الشبكة الإندوبلازمية الخشنة) Rough Endoplasmic Reticulum تغطي سطحها الخارجي الرايبوسومات، مما يمنحها مظهرًا خشنًا تحت المجهر (انظر **الشكل 1-17**) ، وتساهم في نقل البروتينات التي تقوم الرايبوسومات ببنائها من الأحماض الأمينية بحسب تسلسل mRNA.

يتصل التجويف الداخلي للشبكة الإندوبلازمية بغشاء النواة، مما يخلق ارتباطًا وثيقًا بين الشبكة الإندوبلازمية والنواة (انظر **الشكل 1-18**).



الشكل 1-17 صورة المجهر الإلكتروني للشبكة الإندوبلازمية الخشنة.



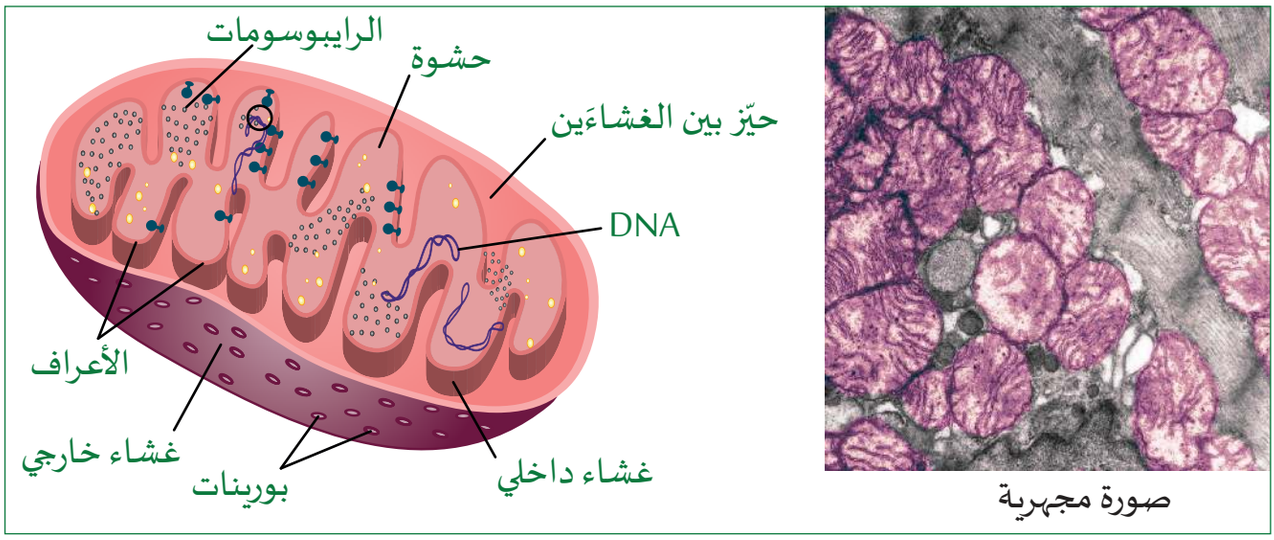
الشكل 1-18 الشبكة الإندوبلازمية (ER) تركيب ذو أغشية مطوية بكثرة.

الميتوكندريا

الميتوكندريا Mitochondria عضيّات تمتاز بأنها كبيرة الحجم نسبيًا مقارنة بالعضيات الأخرى وتتركب من غشاءٍ خارجيٍ وغشاءٍ داخلي على شكل انثناءاتٍ تسمّى **الأعراف Cristae** وتحوي إنزيمات مهمة لعملية التنفس الخلوي الهوائي، ينتج منها جزيئات حفظ الطاقة ATP.

يحيط الغشاء الداخي بحيّز يحوي سائلا وانزيمات يسمّى **الحشوة Matrix**.

يعتمد عدد الميتوكندريا على وظيفة الخلية، فالخلايا العضليّة تحتاج إلى الكثير من الطاقة وبالتالي قد تحتوي على 1000 ميتوكندريا أو أكثر (**الشكل 1-19**). أمّا الخلايا النباتية، فهي تحتاج إلى كميّة أقلّ من الطاقة، وبعضها قد يحتوي فقط على ميتوكندريا واحدة كبيرة الحجم أو اثنتين.



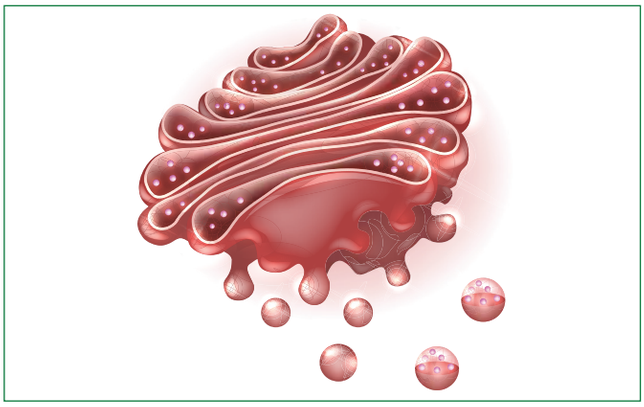
الشكل 1-19 تركيب الميتوكندريا وصور للعديد من الميتكوندريا في خلايا عضلية حقيقية.

تختلف الميتوكندريا عن عُضيّات خلويّة أخرى في بعض العناصر المهمة:

- لدى الميتوكندريا بنية غشائية مزدوجة تشتمل على غشاء داخلي وآخر خارجي.
- لدى الميتوكندريا DNA الخاص بها الذي ينتقل إلى الطفل من الأم فقط أثناء التكاثر.
- تتكاثر الميتوكندريا داخل الخلية ذاتيًا عن طريق الانقسام بطريقة مشابهة جدًا للبكتيريا.
- تحتوي الميتوكندريا على الرايبوسومات الخاصّة بها لتصنيع البروتينات، والانزيمات المستخدمة في إنتاج ATP.

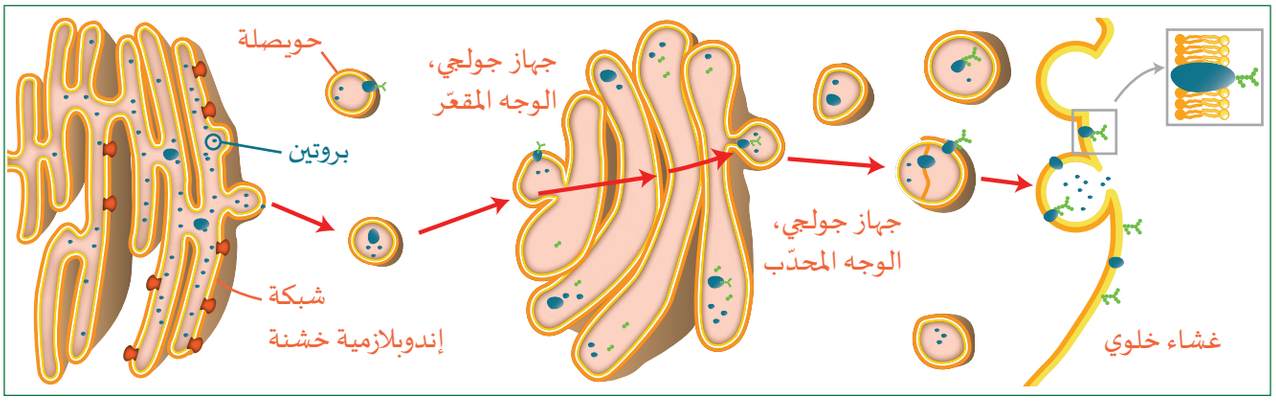
جهاز جولجي

يتكوَّنُ جهازُ جولجي Golgi Apparatus منْ سلسلةِ أكياسٍ غشائيةٍ يترتَّبُ بعضُها فوقَ بعضٍ بشكلٍ متوازٍ، وحويصلاتٍ كرويةٍ ذاتِ أغشيةٍ رقيقةٍ تقعُ قربَ حافاتِ الأكياسِ، وتُسمّى حويصلاتِ جولجي Golgi Vesicles (**الشكل 1-20**).



الشكل 1-20 جهاز جولجي وحُويصلات مع موادّ.

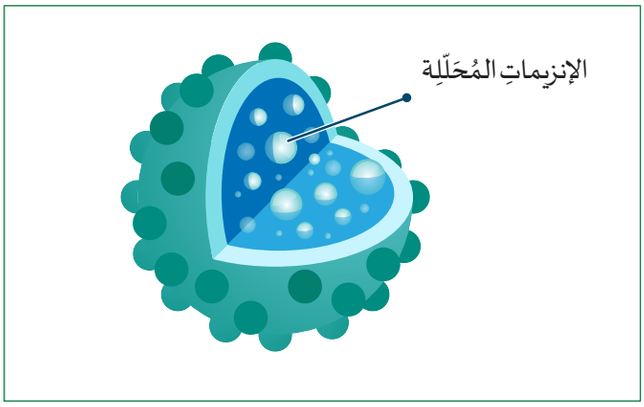
يعملُ جهازُ جولجي على تعديلِ تركيبِ البروتيناتِ والدهونِ التي تصلُهُ منَ الشبكةِ الإندوبلازميةِ، ثمَّ تخزينِها في الخليةِ، أوْ إطلاقِها إلى خارجِ الخليةِ (**الشكل 1-21**).



الشكل 1-21 جهاز جولجي والحُويصلات نوعان من العضّيات الخلوية.

الأجسامُ المُحَلِّلَةُ

الأجسامُ المُحَلِّلَةُ Lysosomes هي حُويصلاتٌ صغيرةٌ تنشأ من جهازِ جولجي في الخلايا الحيوانية، تحتوي على تركيزٍ عالٍ من إنزيماتِ التحلُّلِ المائي (**الشكل 1-22**).



الشكل 1-22 الأجسامُ المُحَلِّلة.

، وتقومُ الأجسامُ المُحَلِّلَةُ بالعديدِ من الوظائفِ منها:

1. هضمُ جزيئاتِ الغذاء؛ يتحدُ الجسمُ المُحَلِّلُ مع الحويصلاتِ الغذائيةِ التي تدخلُ الخلية، ويُحلِّلُ مكوناتِها بفعلِ الإنزيماتِ الهاضمةِ إلى موادَّ بسيطةٍ.
2. هضمُ وتدميرُ الأجسامِ الغريبةِ كالبكتيريا والفيروساتِ والمساهمةُ في التَّخلُّصِ منها؛ لذلك تكثرُ الأجسامُ المُحَلِّلَةُ في خلايا الدم البيضاء.
3. هضمُ التراكيبِ والعُضيّاتِ القديمة والمتهالكةِ لتتمكنَ الخليةُ من إعادةِ استخدامِ جزيئاتِها.

الجدار الخلوي

تركيب يحيط بالغشاء البلازمي من الخارج، ويميّز الخلايا النباتية، والطحالب، والفطريات، والبكتيريا.

يتكون الجدار الخلوي من مواد كربوهيدراتية معقدّة مثل السيليلوز في الخلايا النباتية والطحالب، والكايتين في خلايا الفطريات. يوفر الجدار الخلوي الدعامة للخلايا التي يحيط بها، ويمنحها شكلا محدّدا وثابتا،ويحميها من المؤثرات الخارجية. تحتوي **الجدران الخلوية cell walls** على فتحات تسمى الروابط البلازمية (**الشكل 1-23**).



الشكل 1-23 تركيب الجدران الخلوية النباتية.

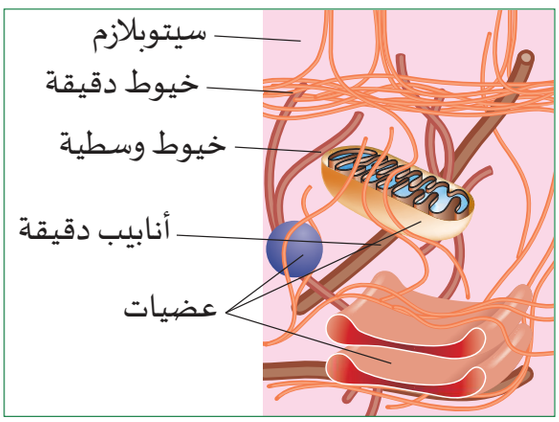
الفجوة

تحتوي الخلايا النباتية على مساحة كبيرة مملوءة بسائل تُعرف باسم **الفجوة**، وهي عضية محاطة بغشاء (انظر **الشكل 1-23**). يعد تبادل الماء والمواد المذابة بين الفجوة والسيتوبلازم وسيلة مهمة تتحكم من خلالها الخلايا النباتية في توازن الماء. أما في الخلايا الحيوانية، فحجم الفجوة يكون صغيرًا نسبيًا.

الهيكل الخلوي

الهيكل الخلوي cytoskeleton، الذي يوفّر ركيزة للعُضيّات ويتكون الهيكل الخلوي من ثلاثة انواع من الالياف البروتينية هي:

- الأنابيب الدقيقة هي أكبر الخيوط ويبلغ قطرها حوالي 20-25 نانومترًا (nm). تساعد هذه الأنابيب في تثبيت العضيّات الخلوية في مواقعها (**الشكل 1-24**).
- الخيوط الوسطية، يبلغ قطرها حوالي 10 nm. وهي مصنوعة من بروتينات مختلفة لها دور كبير في دعم شكل الخلية.
- خيوط دقيقة (خيوط الأكتين) هي النوع الأصغر، ولها قطر يبلغ حوالي 6 nm فقط. يمكن أن يغيّر الأكتين شكله بسرعة وهو المسؤول عن حركة الخلية.



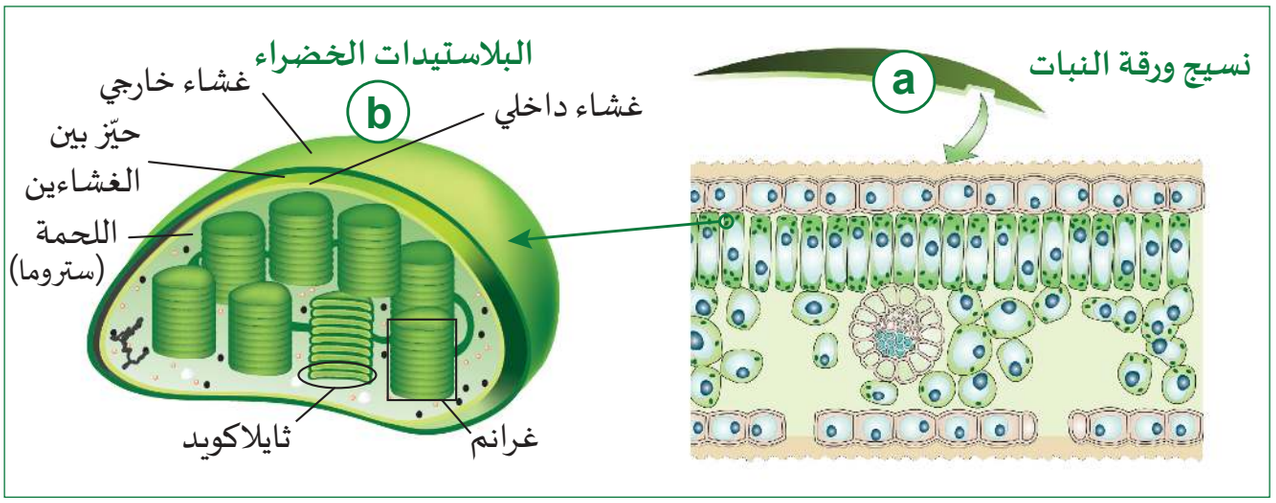
الشكل 1-24 تساعد مكوّنات الهيكل الخلوي في تثبيت العُضيّات.

الجسيم المركزي Centrosome تركيب صغير يوجد في الخلايا الحيوانية، ويتألف من تركيبين أسطوانيين، يسمى كل منهما **مريكزا Centriole**. للمريكزات دور في الانقسام الخلوي، فهي تعمل على تكوين الخيوط المغزلية.

البلاستيدات الخضراء

يعد البناء الضوئي المصدر الأساسي للطاقة التي تدعم فعليًا جميع السلاسل الغذائية على كوكب الأرض. يستخدم البناء الضوئي الطاقة من ضوء الشمس لإنتاج الجلوكوز من الماء وثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي. تتمّ عمليّة البناء الضوئي في عُضيّات تُدعى **البلاستيدات الخضراء Chloroplasts**. توجد البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية وتوجد بكثرة في خلايا أنسجة أوراق النبات العلوية المواجهة للشمس.(**الشكل 1-25 a**). تحتوي كل خلية نباتية على عدد من البلاستيدات الخضراء يتراوح بين 10 و100.

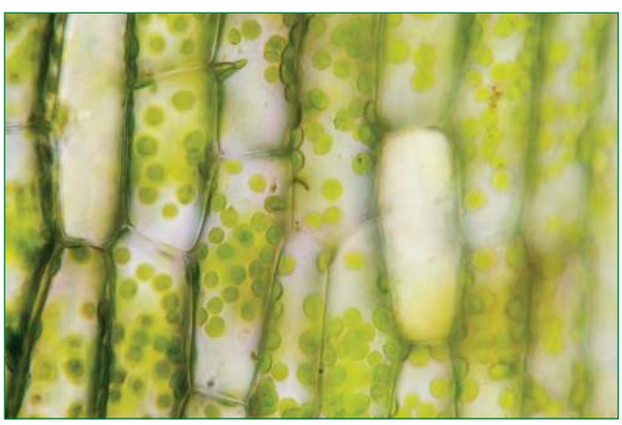
تمتازُ **البلاستيدةُ الخضراءُ Chloroplast** بتركيبِها الدقيقِ؛ إذْ تتكوَّنُ منْ غشائين خارجيٍّ وآخرَ داخليٍّ، وصفائحَ غشائيةٍ مُرتَّبةٍ على شكلِ أكياسٍ مُسطَّحةٍ تُسمّى **الثايلاكويدات Thylakoids** ، تحوي صبغةَ الكلوروفيلِ، ويترتَّبُ بعضُها فوقَ بعضٍ على هيئةِ أقراصٍ، مُشكِّلةً **الغرانم Granum** التي توجدُ في **اللُّحْمةِ Stroma**(**الشكل 1-25 b**).



الشكل 1-25 تركيب البلاستيدات الخضراء.

تمتلك البلاستيدات الخضراء، مثلها مثل الميتوكندريا، DNA خاصًّا بها، ورايبوسومات، وتتكاثر بنفسها أيضًا عن طريق الانقسام داخل الخلية بطريقة مشابهة لانقسام البكتيريا.

تحتوي النباتات على كلٍ من الميتوكندريا والبلاستيدات الخضراء لأنها تحتاج إلى عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.



الشكل 1-26 يمكن رؤية البلاستيدات الخضراء بسهولة في خلايا نبات الهيدريلا.

نشاط 2-1 ملاحظة الخلايا حقيقية النواة

سؤال الاستقصاء	كيف تتم ملاحظة الخلايا الحيوانية والنباتية بوساطة المجهر؟
الموادّ المطلوبة	مجاهر ضوئية ، شرائح زجاجية ، أغطية شرائح زجاجية، عيدان أسنان، قطّارات، ماءمقطّر، أزرق الميثيلين، بصل، ملاقط، محلول اليود

1. قبل البدء، راجع أجزاء المجهر الضوئي الخاص بك وكيفية عمله. احصل على موافقة معلمك قبل البدء بالتجربة.
2. استخدم عود أسنان لتجميع خلايا من باطن الخدّ، وأعدَّ شريحة رطبة .
3. اضف قطرة من أزرق الميثيلين المخفّف إلى الشريحة الخاصة بك.
4. اسحب السائل تحت غطاء الشريحة باستخدام ورق نشّاف.
5. افحص الخلايا باستخدام العدسة الشيئية بقوة تكبير×10 ثم افحصها بالعدسة الشيئية بقوة تكبير ×40 وارسمها.
6. تخلّص من الشريحة الخاصة بك وفقًا لتعليمات المعلم.
7. نظّف منطقة العمل ومنضدة المجهر وتأكد من عدم وجود بقع الصبغة قبل الانتقال إلى مرحلة أخرى.

ملاحظة الخلايا النباتية:

1. ضع قطرة ماء مقطر على شريحة زجاجية نظيفة.
2. اقطع قطعة صغيرة من البصل، ثم استخدم الملقط لتقشير طبقة رقيقة جدًا من البشرة الداخلية (الطبقة الشفافة).
3. ضع طبقة البشرة على قطرة الماء بحيث تكون مفرودة تمامًا دون تجعدات.
4. أضف قطرة من محلول اليود فوق بشرة البصل لزيادة وضوح الخلايا.
5. ضع غطاء الشريحة، وثبتها على منضدة المجهر.
6. افحص الخلايا باستخدام العدسة الشيئية بقوة تكبير 10X ثم افحصها بالعدسة الشيئية بقوة تكبير40X وارسمها.
7. حدد الأجزاء التي شاهدتها على الرسم.

بحث في الأصباغ الحيوية

استخدم الإنترنت لتحديد صبغة حيوية آمنة وفاعلة في مشاهدة الأجزاء أدناه بوضوح أكبر تحت المجهر.

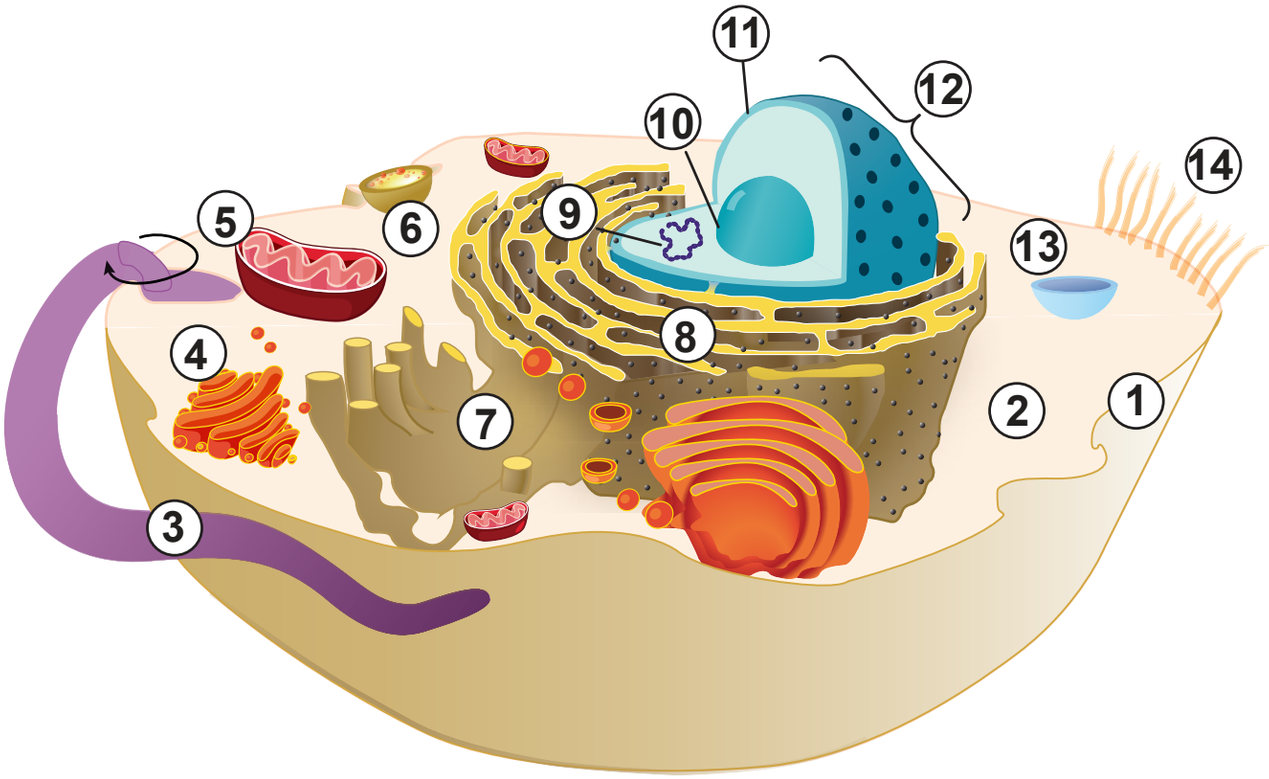
a. جدر خلوية نباتية

b. خلايا الدم الحمراء

ملخص تراكيب الخلايا الحيوانية

جميع الخلايا الحيوانية حقيقية النواة لأن مادتها الوراثية موجودة في النواة، لكن لاتملك جميع الخلايا الحيوانية العضيات الخلوية نفسها. يظهر (**الشكل 1-27**) التراكيب التي تشترك فيها معظم الخلايا الحيوانية.

نموذج خلية حيوانية



مفتاح الرسم

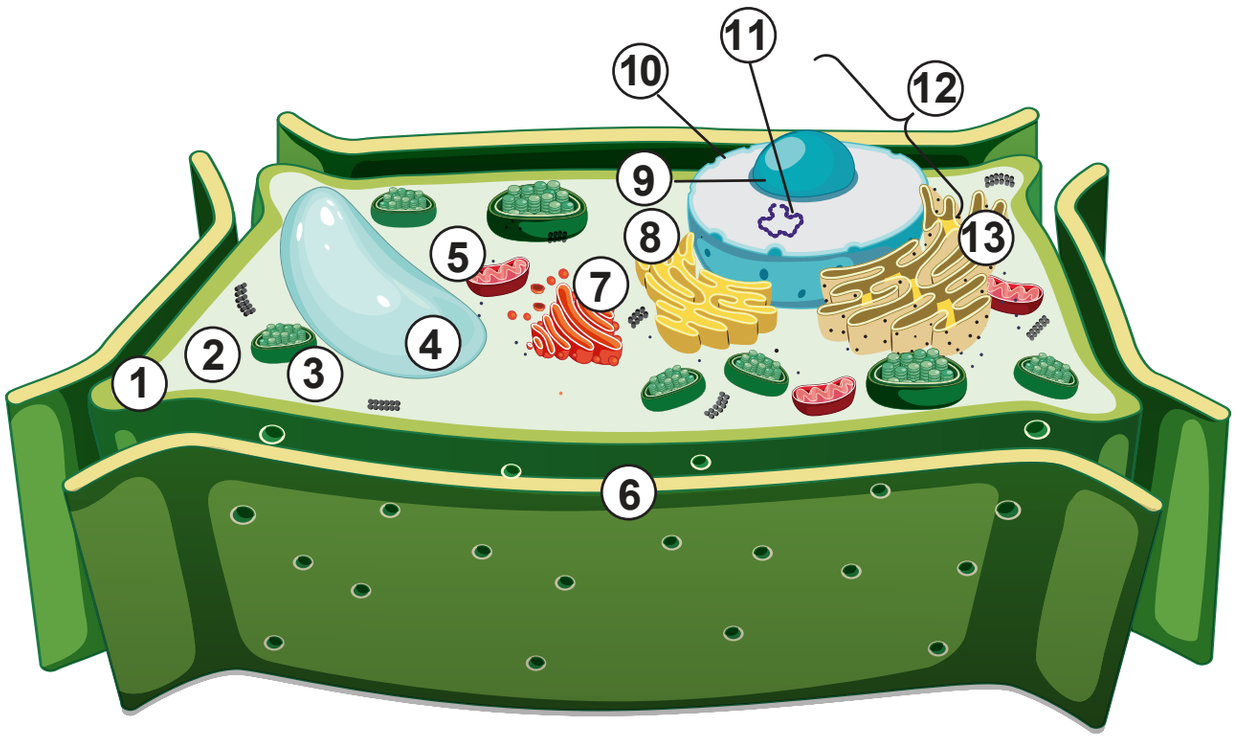
1. الغشاء الخلوي
2. سيتوبلازم الخلية
3. سوط
4. جهاز جولجي والحويصلات
5. ميتوكندريا
6. أجسام مُحللة (ليسوسوم)
7. شبكة إندوبلازمية ملساء
8. شبكة إندوبلازمية خشنة مع رايبوسومات
9. مادة وراثية
10. نوية
11. الغلاف النووي
12. النواة
13. فجوة
14. أهداب

الشكل 1-27 تركيب خلية حيوانية مع قائمة بالعضّيات الرئيسة فيها.

ملخص تراكيب الخلايا النباتية

تمتلك النباتات، مثلها مثل الحيوانات، خلايا خاصّة في المواقع المختلفة. فخلايا الجذور تختلف في تركيبها الدقيق عن خلايا الساق أو خلايا الورقة. تمتاز الخلايا النباتية بامتلاكها تركيبين إضافيّين لا تمتلكهما الخلايا الحيوانية هما: الجدار الخلويّ والبلاستيدات الخضراء. يجمع **(الشكل 1-28)** أدناه الخصائص المشتركة لخلايا النباتات.

نموذج خلية نباتية



مفتاح الرسم

1. الغشاء الخلوي
2. سيتوبلازم الخلية
3. بلاستيدات خضراء
4. فجوة
5. ميتوكندريا
6. جدار خلوي
7. جهاز جولجي والحويصلات
8. شبكة إندوبلازمية ملساء
9. النويّة
10. الغلاف النووي
11. مادة وراثية
12. النواة
13. شبكة إندوبلازمية خشنة وريبوسومات

الشكل 1-28 تركيب خلية نباتية مع مفتاح بالعضّيات الرئيسة فيها.

تقويم الدرس 1-2

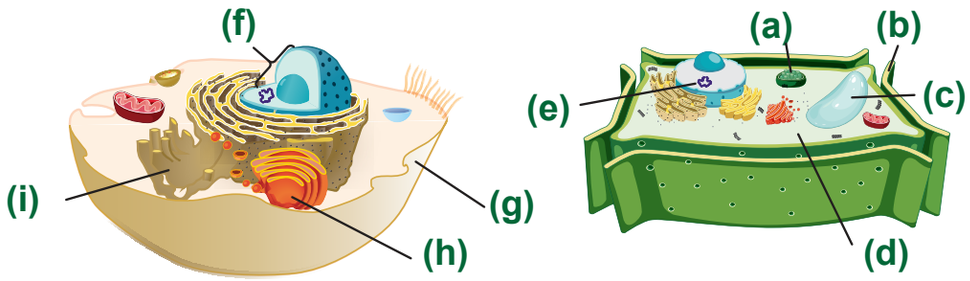
1. أيٌّ من الآتي وظيفته الأساسيّة تثبيت العضيّات داخل الخليّة؟
   a. الغشاء الخلويّ
   b. الهيكل الخلويّ
   c. جهاز جولجي
   d. الميتوكندريا

2. ما الوظيفة الرئيسة للشبكة الإندوبلازميّة الخشنة؟
   a. تضاعف DNA
   b. نقل البروتينات
   c. تكوين الليبيدات للأغشية الخلويّة الجديدة
   d. استخدام الطاقة من ضوء الشمس لتكوين الجلوكوز

3. ما وظيفة البلاستيدات الخضراء؟
   a. تضاعف DNA
   b. نقل البروتينات
   c. تكوين الليبيدات للأغشية الخلويّة الجديدة
   d. استخدام الطاقة من ضوء الشمس لتكوين الجلوكوز

4. تؤدّي الخليّة وظائف مثل الآلات. اذكر اسم تركيبَين من تراكيب الخليّة، ثمّ صِف الوظيفة التي يؤديها كلٌّ منهما لمواصلة الخليّة عملها.

5. اذكر اسم التراكيب والعضيات المحدّدة في المخطّط أدناه.



خلية نباتية

خلية حيوانية

6. صِف ثلاث طرائق تتشابه بها الميتوكندريا مع البلاستيدات الخضراء وتختلفان بها عن العُضيّات الأخرى.

7. صِف وظيفة البورينات النوويّة.

8. ما وظيفة النويّة في الخليّة؟

9. أعطِ سببَين يدعمان أنّ العُضيّات تحسّن وظيفة الخلية.

دوّن إجابتك

الدرس 1-3

الخلايا والفحص المجهري
Cells and microscopy

المجاهر أدوات تُستخدَم فيها العدسات لتغيير اتجاه الضوء بهدف تكبير الأجسام الصغيرة. تتيح لنا المجاهر رؤية الكائنات الحية والعُضَيّات بداخلها **(الشكل 1-29)**. وبدون المجاهر لا نستطيع التعرّف على كثير من أمور الصحة والمرض والبيئة.

منذ العام 1900، طرأ تطور كبير على صناعة المجاهر. لا يقتصر استخدام المجاهر المتخصّصة اليوم على الدراسة أو الطبّ فحسب، بل أصبحت هذه التكنولوجيا تستخدم في تصنيع مواد جديدة، وشرائح الكمبيوتر وهندستها.



الشكل 1-29 اليوجلينا من الطلائعيات (×1000).

مخرجات التّعلُّم

B1002.1 يشرح كيف ساهمت المجاهر الضوئية في معرفتنا بتركيب الخلية.

B1002.2 يعرّف قوة الفصل، ويحسب قوة التكبير للمجاهر الضوئية.

B1002.3 يشرح كيف ساهمت المجاهر الإلكترونية في معرفتنا بالتركيب الدقيق للخلية.

المفردات

المجهر الضوئي المركّب Compound light microscope	
Resolution	الفصل
Field microscope	المجهر الميداني
Descending microscope	المجهر التشريحي
Digital microscope	المجهر الرقمي
Magnification	التكبير
Radiation	الإشعاع
المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) Transmission electron microscope (TEM)	
المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) Scanning electron microscope (SEM)	
Ultrastructure	التركيب الدقيق
الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNA) Deoxyribonucleic acid (DNA)	

أهميّة المجهر في علم الأحياء

قبل اختراع المجهر، لم يكن بالإمكان الإجابة علميًّا عن كثير من الأسئلة المتعلّقة بعلم الأحياء، لأنه لم يكن ممكنًا إجراء ملاحظات مباشرة.ومن الأمثلة على هذه الأسئلة:

- ما سبب نموّ العفن على الطعام؟ ما سبب فساد الطعام؟
- ظنّ الناس أن الحياة تتولّد بشكل تلقائي، لأن حشرات، مثل الذباب، تظهر على اللحوم المتعفّنة، وتبدو كأنها تتكوّن من لا شيء.
- ما سبب العدوى والمرض؟ غالبًا ما كان المرض يُعزى إلى "الأبخرة الرديئة" أو "الأرواح الشريرة" أو يُفسَّر تفسيرات أخرى غير علمية.

تبدلت الأفكار مع صُنِع أول مجهر حقيقي في العام 1590 من قِبَل فريق الأب والابن الهولنديين هانز وزاكرياس يانسن. وفي العام 1667، نُشر كتاب "*Micrographia*" الشهير لروبرت هوك مع رسوماته التفصيلية الجميلة للتفاصيل المجهرية، مثل عين الذبابة، ثمّ جاءت البداية الحقيقية لعلم أحياء الخلية الحديثة بعد ذلك بوقت قصير، عندما اكتشف أنطوني فون ليفينهوك البكتيريا **(الشكل 1-30)**.



الشكل 1-30 (a) مجهر بدائي، (b) ما يمكن أن يكون ليفينهوك قد شاهده.

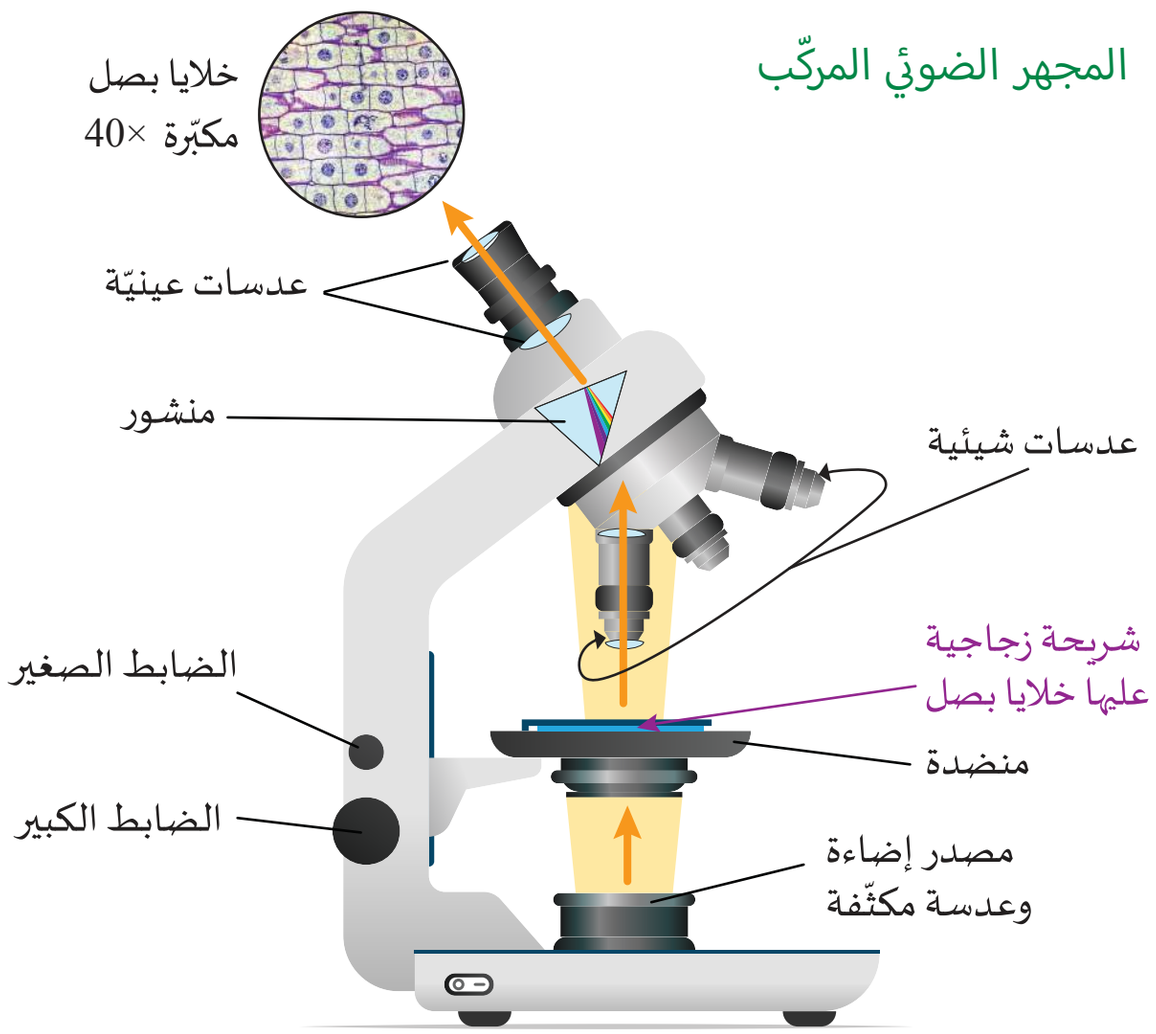
كان عالم البكتيريا والخلايا مجهولاً للعلماء والناس. وبعد اختراع المجهر، ازداد فهم علم الأحياء بسرعة. افترض العالم الألماني أثناسيوس كيرشنر Athanasius Kirchner في العام 1646 لأول مرة النظرية الجرثومية، وقد أثبتها عمليًا الإيطالي أجوستينو باسي Agostino Bassi في تجارب أجراها بين العامين 1808 و 1813. ويُعدّ اكتشاف والترفليمنج للانقسام الخلوي والكروموسومات في العام 1879 أحد أهم 100 اكتشاف علمي في كل العصور.

طوّرت التقنيات الحديثة، مثل المجهر الإلكتروني، فهمنا لتركيب الخلايا والفيروسات، فقد أصبح بإمكاننا أن نرى الفيروسات والعُضَيّات والتفاصيل الداخلية للخلايا بكل وضوح.

المجهر الضوئي المركّب

يستخدم المجهر الضوئي العدسات لكسر الضوء وتكوين صور مكبّرة. يُطلق على المجهر الأكثر شيوعًا اسم **المجهر الضوئي المركّب Compound light microscope** لأنه يستخدم عدسات متعدّدة لتكوين صورة مكبّرة. يعمل المنشور على كسر الضوء لتسهيل الرؤية.

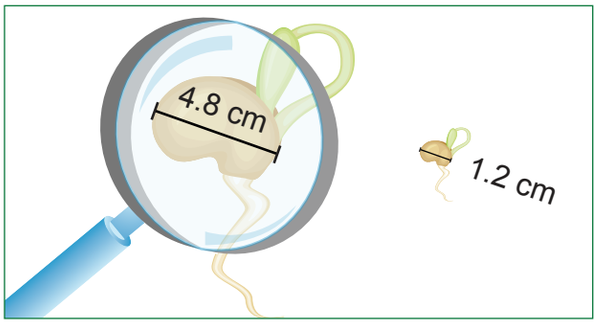
- يجب أن يكون الجسم المراد تكبيره شفّافًا، ويوضع على شريحة زجاجية فوق منضدة المجهر **(الشكل 1-31)**.
- يمرّ الضوء من مصدر الضوء، ومن خلال الشريحة، إلى داخل العدسة الشيئية.
- يمكن اختيار عدسات شيئية لها قوى تكبير مختلفة مثل ×40، ×100.
- ينكسر الضوء من خلال المنشور ويمرّ عبر العدسة العينيّة إلى العين. يمكن تغيير العدسات العينيّة للحصول على قوى تكبير مختلفة.
- يعمل الضابطان الكبير والصغير على التحكّم في تركيز الصورة من خلال تحريك منضدة المجهر إلى أعلى وإلى أسفل.



الشكل 1-31 يزوّد مصدر ضوئي المجهر بالضوء الذي يتم تجميعه وتركيزه بوساطة العدسات لإنتاج صور يمكن رؤيتها بعين الإنسان.

التكبير وقوة الفصل

العدسة اليدوية مكوّنة من عدسة واحدة يمكنها تكبير جسم مثل بذرة نابتة **(الشكل 1-32)**. يعرّف **التكبير Magnification** بأنه عدد المرات التي تظهر فيها صورة جسم أكبر مقارنة بالحجم الفعلي له. على سبيل المثال: العدسة ×5 تجعل الصورة تبدو أكبر بخمس مرات.



الشكل 1-32 تكوّن العدسة اليدوية صورة لبذرة نابتة.

لحسابِ قوَّةِ التكبيرِ الكليةِ للمِجهَرِ الضوئيّ المُركَّبِ، يتعيَّنُ تعرُّفُ قوَّةِ تكبيرِ كلٍّ منَ العدسةِ العينيةِ، والعدسةِ الشيئيةِ المُستخدَمةِ حسب العلاقة التالية:

$$\text{قوة التكبير} = \text{قوة تكبير العدسة العينية} \times \text{قوة تكبير العدسة الشيئية}$$

مثال 1

السؤال: احسب قوة التكبير للمجهر الضوئي المركب إذا علمت أن قوة تكبير العدسة العينية ×10 وقوة تكبير العدسة الشيئية ×40؟

المعطيات: قوة تكبير العدسة العينية ×10؛ قوة تكبير العدسة الشيئية ×40

العلاقات: $\text{قوة التكبير} = \text{قوة تكبير العدسة العينية} \times \text{قوة تكبير العدسة الشيئية}$

الحل: في هذه الحالة، يتمّ ضرب طول العدسة العينية × طول العدسة الشيئية

قوة التكبير: $10 \times 40 = 400\times$

توجدُ طريقةٌ أُخرى لحسابِ قوَّةِ التكبيرِ، تتمثَّلُ في **تدريجِ Scale** في المِجهَرِ، يُمكِنُ بهِ قياسُ طولِ العيِّنةِ المُشاهدَةِ، أوْ حجمِها. تُستخدَمُ المعادلةُ الآتيةُ لحسابِ قوَّةِ التكبيرِ: قوَّةُ التكبيرِ = طولَ الصورةِ I / طولِ العيِّنةِ الحقيقيّ A (الفعلي) .

مثال 2

السؤال: ما تكبيرعدسة يد إذا كان طول البذرة 1.2 cm وطول الصورة التي كوَّنتها 4.8 cm؟

المعطيات: الطول الفعلي للبذرة بعد قياسها بمسطرة مترية = 1.2 cm؛ طول البذرة في الصورة باستخدام المسطرة = 4.8 cm ؛

العلاقات: التكبير = I/A

الحل: في هذه الحالة، تتمّ قسمة طول الصورة (I) على الطول الفعلي (A)
التكبير: (1.2)/(4.8)، 4 مرات أو 4× = 4

تُشير **قوة الفصل Resolution** إلى أصغر التفاصيل التي يمكن رؤيتها بوضوح تحت المجهر، وتُعرَّف بأنها أقصر مسافة بين نقطتين، احداهما قريبة من الأخرى، بحيث يمكن رؤيتهما نقطتين منفصلتين.

كلما كانت قوة الفصل أعلى، استطاع المجهر إظهار تفاصيل أكثر دقة، لكن قوة الفصل في المجاهر لها حدود تعتمد على خصائص العدسات والضوء، وهي:

- يمتلك الضوء طولًا موجيًا يحدد أصغر نقطة يمكن تركيزه عليها، وهذا يعني أن التفاصيل التي يكون حجمها أصغر من الطول الموجي للضوء المرئي لا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي. لذلك يكون الحدّ الأقصى لتكبير المجاهر الضوئية عادةً حوالي 1000×. وبما أن أقصر طول موجي للضوء المرئي هو 400 نانومتر، فإن المجهر الضوئي لا يستطيع تكوين صورة واضحة لكائنات أصغر من ذلك بكثير، مثل فيروس حجمه 50 نانومتر.

- لعدسات المجهر حدود في كيفية انحراف الضوء داخلها، مما يحدد أصغر نقطة يمكن للعدسة أن تركزها بوضوح.

تكون قوة الفصل في المجهر الضوئي محدودة فعليًا وتبلغ تقريبًا 0.2 µ، بالتالي لا يستطيع المجهر الضوئي أن يميّز بين نقطتين بينهما مسافة أقل من 0.2 µ.

أنواع المجاهر الضوئية

تتيح المجاهر الضوئية المختلفة مشاهدة الكائنات الحية ذات الأحجام المختلفة في بيئات مختلفة. يوضح **(الشكل 1-33)** ثلاثة أنواع مجاهر ضوئية.

المجهر الميداني Field microscope

يشير وجود المرايا على المجاهر الميدانية إلى عدم الحاجة إلى الكهرباء. يعمل هذا المجهر في الخارج وفي البيئات المائية. وقد تصل قوة التكبير فيه إلى ×400، وغالبًا ما يستخدم لملاحظة الكائنات الحية خارج المختبر.

المجهر التشريحي Descending microscope

تستخدم المجاهر التشريحية تكبيرات منخفضة (×10-×10)، ولكنها تمكننا من رؤية أجسام معتمة ثلاثية الأبعاد وكائنات شفّافة أيضًا. تحتوي المجاهر التشريحية على عدستين ومنشورين أو أكثر لإعطاء رؤية ثلاثية الأبعاد. لا تظهر صورة العينة مقلوبة في المجاهر التشريحية، ما يساعدنا على ملاحظة الأنسجة وتشريحها وإجراء العمليات الجراحية الدقيقة.

المجهر الرقمي Digital microscope

تعتبر المجاهر الضوئية الرقمية ابتكارًا جديدًا. وهي تتيح لنا تسجيل الصور ومقاطع الفيديو مباشرة من خلال العدسة العينيّة. ويمكن استبدال العدسات العينيّة بشاشة تعرض صورًا مكبّرة. يقوم البرنامج بتحويل الصور إلى وحدات بكسل، ما يجعل قياسات الخلايا والأنسجة أكثر دقّة.



الشكل 1-33 ثلاثة أنواع من المجاهر الضوئية.

ما المجهر الأفضل؟

a. لمشاهدة عضلات رجل الضفدع.

b. لجعل الآخرين يشاهدون خلايا تتحرك.

نشاط 3-1 قياس حجوم الخلايا

سؤال الاستقصاء	كيف يمكن استخدام المجاهر الرقمية في قياس الخلايا؟
الموادّ المطلوبة	مجاهر رقمية أو مجاهر ضوئية مركبة، شرائح معدّة، سبيروجيرا *Spirogyra*، خميرة العجين *Saccharomyces*، براميسيوم *Paramecium*، بكتيريا عصوية *Bacillus subtilis*، آلات حاسبة.

1. أعِدّ المجهر الخاص بك وفقًا للتعليمات.
2. احصل على شريحة مُعدّة وضعها على منضدة المجهر.
3. وضّح مجال الرؤية بتحريك الضابط الكبير واستخدام عدسة شيئية ذات قوة التكبير الصغرى.
4. ضع الشريحة في مركز مجال الرؤية كما هو موضّح في **الشكل 1-34**.
5. تستخدم قوة التكبير ×100.
6. سيرشدك المعلم إلى كيفية التقاط صورة باستخدام برنامج المجهر.



الشكل 1-34 مجال الرؤية.

7. تستخدم العدسة الشيئية ذات قوة التكبير العليا (×400) واضبط موقع الشريحة لملاحظة السبيروجيرا مرة أخرى. التقط صورة أخرى.
8. استخدم برنامج المجهر لقياس طول سبيروجيرا واحد وسجّل القياس في الجدول 1 في ورقة العمل .
9. كرّر الخطوات من 1 إلى 7 للشرائح الثلاث الأخرى.
10. اتبع الإرشادات الموجودة على ورقة العمل الخاصة بك لمقارنة الصور وأجب عن الأسئلة.

قِسْ كائنات حية

يمكن مشاهدة الكائنات الحية المجهرية النشطة باستخدام شرائح زجاجية مقعّرة مع خيط القطن أو محاليل ميثيل السليلوز لإبطاء حركة الكائنات .

a. ابحث في الإنترنت عن كيفية إعداد الشريحة المقعّرة لمشاهدة أفلام قصيرة عن الطلائعيات أو الحيوانات وسجّلها. اكتب قائمة بالخطوات مع تلميحات.

b. احصل على موافقة المعلم على خطّتك قبل تصوير مقاطع لكلّ من الأميبا أو البراميسيوم.

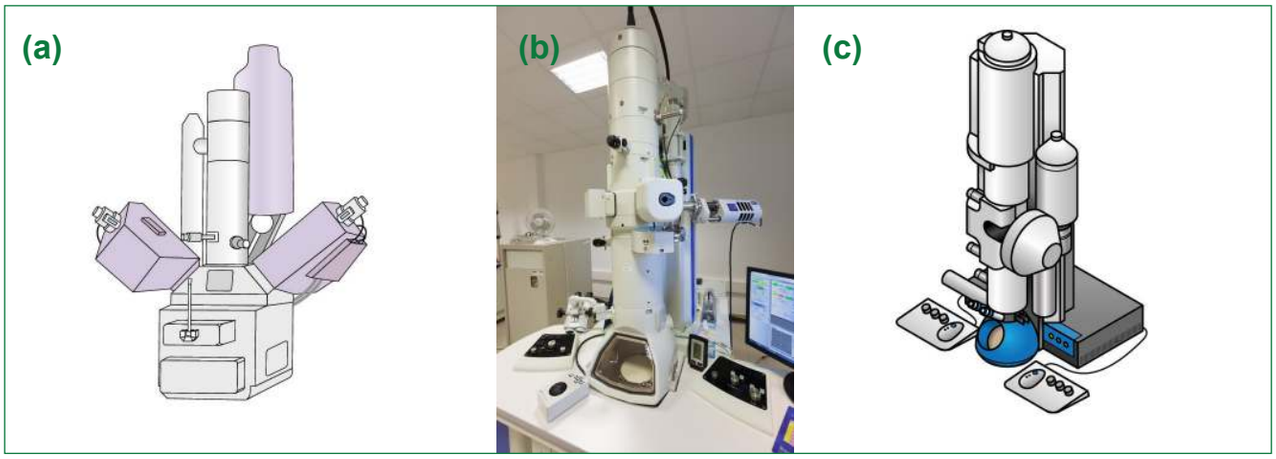
المجاهر الإلكترونية

تستخدم المجاهر الضوئية والمجاهر الإلكترونية شكلًا من أشكال **الإشعاع Radiation**. الإشعاع هو انبعاث للطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية. تستخدم المجاهر الضوئية الموجات الضوئية بين 400 nm و 700 nm. أمّا المجاهر الإلكترونية فتستخدم الإلكترونات التي يكون طولها الموجي أقصر بـ 100000 مرة من الضوء المرئي.

الطول الموجي الأصغر يعني أنّ المجاهر الإلكترونية تمتلك قوة فصل أكبر.

لا تركّز المجاهر الإلكترونية الصور باستخدام العدسات، مثل المجاهر الضوئية، أو تشكّل الصور بالطريقة نفسها. تتشكّل صورة المجهر الإلكتروني على شاشة يمكن إعادة إنتاجها، مثل المجهر الرقمي. تحتاج جميع العيّنات إلى تحضيرها قبل الفحص، مما يعني قتل العينة، لأنّه لا يتم فحص عيّنات حيّة بالمجهر الإلكتروني.

تتوفّر اليوم كثير من التصاميم والاستخدامات المختلفة للمجاهر الإلكترونية. يظهر في **(الشكل 1-35)**، اثنان منها أصبح استخدامهما شائعًا في علم الأحياء.



الشكل 1-35 أنواع المجاهر الإلكترونية، (a و c) تصاميم مجاهر إلكترونية ماسحة. (b) مجهر إلكتروني نافذ.

المجهر الإلكتروني النافذ Transmission electron microscope (TEM)

تمّ اختراع TEM في العام 1931، وهو يحتوي على مغانط ضخمة لها شكل كعكة دائرية لتغيير مسار الإلكترونات. يتمّ تقطيع العيّنات إلى شرائح رقيقة بحيث يمكن للإلكترونات المرور بسهولة من خلالها. غالبًا ما يتمّ غمرها في مادة بلاستيكية مرشوشة بطبقة فلزية ضبابية. حتى الأجسام المنتظمة التي تفصل بينها مسافة 0.5 nm فإنها تبدو أجسامًا منفصلة في TEM. يمكن لهذا النوع من المجاهر تكبير الأجسام حتى ×2000000 وتكوين صور مفصّلة لها.

المجهر الإلكتروني الماسح Scanning electron microscope (SEM)

بدلًا من مرور الإلكترونات عبر طبقات رقيقة، يتمّ السماح للإلكترونات بالارتداد في المجهر الإلكتروني الماسح SEM. يعني ذلك تكوُّن صورة ثلاثية الأبعاد. تمّ اختراع SEM في العام 1937، وهو يكبّر حتى ×1000000. يُستخدَم التجميد السريع للكائنات الحية الكاملة وتُجفَّف ثمّ تُطلى بالذهب. ويُعدّ استخدام سبيكة من البلاتين والذهب خيارًا آخر، و هذا يجعل صور SEM باهظة الثمن.

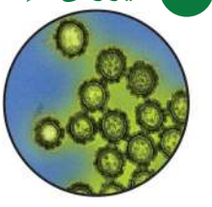
تقويم الدرس 1-3

1. صف مشكلتين حدّتا من جودة المجاهر البدائية.
2. اذكر جسمين شفّافين في مجهر ضوئي مركّب يغيّران اتجاه الضوء ويركّزانه.
3. كيف يمكن لعالم الأحياء استخدام المجهر الميداني لفهم انتشار الطحالب الخضراء السامة التي تقتل الأسماك؟
4. استخدم الإنترنت لمعرفة إمكانية استخدام الطبيب أو الجرّاح لمجهر ضوئي رقمي. حدّد اختصاص الطبيب وصف المهمة التي يساعده المجهر على القيام بها.
5. احسب قوة تكبير العدسة الشيئيّة المستخدمة في مجهر ضوئي مركّب، إذا كوّنَت عدسة عينيّة قوتها ×10 صورة لبراميسيوم مكبّرة 400 مرة.
6. قارن بين المجاهر الضوئية والمجاهر الإلكترونية.
7. اذكر المجهر الذي يتيح أفضل رؤية في كل حالة من الحالات التالية:
   a. تراكيب سطحية شعرية تُسمّى "الأهداب" موجودة على براميسيوم ميت، تمّت مشاهدتها باستخدام قوة تكبير ×12000.
   b. المادة الوراثية داخل النواة تمّ تكبيرها ×120000.
   c. مقطع مصوّر عن حيوان مائي يبيّن أنه يدور ويغيّر اتجاه حركته.
8. أي أنواع المجاهر الألكترونية أم الضوئية يمكن بواسطتها رؤية التراكيب الخلوية في الجدول أدناه علما بأن قوةَ الفصلِ للمجهرِ الإلكتروني 0.5nm، وللمجهرِ الضوئي 0.2 μm .

التركيب	النواة	الأنيبيبات الدقيقة	الجسم المركزي	سمك الميتوكوندريا	سمك البلاستيدة
المقاس	5 -10 μm	0.0025 μm	0.15 μm	0.5 - 1 μm	0.5 - 1 μm

9. ما اسم المجهر المُستخدَم لمشاهدة ودراسة كل من الأشكال الآتية:

c فيروس الإنفلونزا



b بيضة بعوضة



a حشرة الجرادة

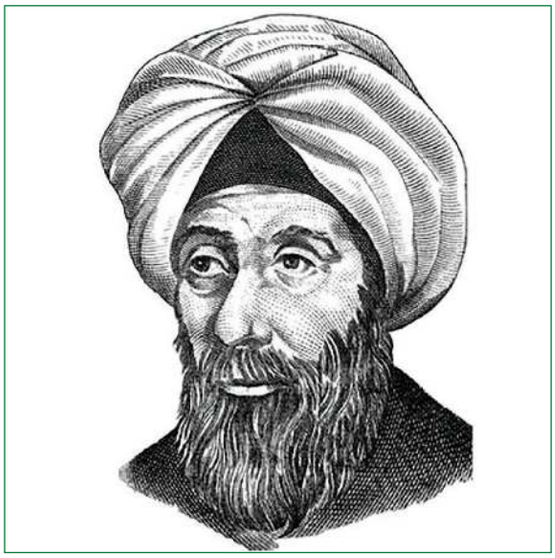


دوّن إجابتك

ضوء على العلماء

ابن الهيثم 965-1040

كان ابن الهيثم أوّل من فسَّر أن الرؤية تحدث عندما ينعكس الضوء عن جسم ما، ثم ينتقل إلى عينَيْ شخص ما. ووصف بالتفصيل الأجزاء المختلفة للعين، ورأى أن الأشياء تُرى بأشعة الضوء المنبعثة من الأشياء وليس بفعل الضوء الصادر من العين كما كان يُشاع في زمنه. أدّى هذا في النهاية إلى استخدام العدسات الزجاجية لتصحيح الرؤية والجمع بينها لمراقبة الأجسام البعيدة المعروفة في علم الفلك.



الشكل 1-36 كان ابن الهيثم من أوائل العلماء الذين درسوا البصريات.

كان ابن الهيثم عالم رياضيات وعالم فلك. ولد في البصرة، وقضى معظم حياته في تأليف الكثير من الأطروحات وفي تعليم أبناء النبلاء.

درس ابن الهيثم **(الشكل 1-36)** على نطاق واسع كيفية انتقال الضوء عبر المواد المختلفة واكتشف قوانين الانكسار. أجرى التجارب الأولى على الضوء الذي يتشتّت بوساطة العدسات إلى ألوان مختلفة.

مجلدات ابن الهيثم السبعة عن البصريات أسماها كتاب المناظر (كتاب البصريات)، ألّفها بين العامين 1011 و1021. وكان هذا الكتاب من أكثر الكتب تأثيرًا في علم الفيزياء على الإطلاق، إلى جانب ما كتبه إسحق نيوتن.

تُرجم كتاب المناظر إلى اللاتينية في طبعة بعنوان Opticae Thesaurus. يوضّح أحد رسومه **(الشكل 1-37)** كيف كان يمكن لأرخميدس استخدام المرايا لإشعال النار في السفن الرومانية؛ ويظهر الرسم أيضًا انتقال الضوء في خطوط مستقيمة.



الشكل 1-37 رسم أوّلي يُظهر انتقال الضوء في خطوط مستقيمة.

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدرس 1-1: الخلايا: وحدات الحياة

- تتكوّن جميع **الكائنات الحية Organisms** من وحدات دقيقة تُسمّى **الخلايا Cells**.
- تنص نظريّة الخليّة على أنّ الخليّة تُعدّ أصغر وحدة حياة، وجميع الكائنات الحيّة تتكوّن من خلايا، والخلايا لا يُمكن أن تنشأ إلّا من خلايا أخرى.
- يتمّ قياس الأجسام والكائنات الحية الصغيرة جدًا على مقياس متري يقسم الملّيمتر (mm) إلى **ميكرومتر Micrometers** (μ) و**نانومتر Nanometers** (nm).
- تتكوّن جميع الخلايا من تراكيب مصنوعة من **جزيئات حيوية Biomolecules**.
- الكائنات الحية البسيطة تكون **وحيدة الخلية Single-celled** ويمكن أن تنتظم خلاياها في أزواج، أو سلاسل، أو تكون مجمّعة في مستعمرة، وتوجد كائنات حية **متعدّدة الخلايا Multicelled** أي أنّها تتكوّن من عدة خلايا.
- ليس للخلايا **بدائية النواة Prokaryotes** نواة، في حين أنّ الخلايا **حقيقية النواة Eukaryotes** لديها نواة.

الدرس 1-2: عُضيّات الخلية

- **العُضيّات Organelles** عبارة عن مناطق متخصصة محاطة بأغشية داخل الخلايا.
- هناك غلاف رقيق يحيط بالخلية يُسمّى **الغشاء الخلوي Cell membrane** يحيط **بسيتوبلازم الخلية Cell cytoplasm**.
- تخزن **النواة Nucleus** المادة الوراثية وهي مركز التحكم في الخلايا. تنتج النويّة **Nucleolus** الريبوسومات.
- **الشبكة الإندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum** موقع تصنيع البروتين، و**الشبكة الإندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum** تكوّن دهونًا جديدة.
- **الميتوكندريا Mitochondria** عُضيّات مسؤولة عن إنتاج الطاقة. و**البلاستيدات الخضراء Chloroplasts** مركز عملية البناء الضوئي.
- يدعم **الهيكل الخلوي Cytoskeleton** شكل الخلية ويثبت العُضيّات.

الدرس 1-3: الخلايا والفحص المجهري

- تشمل المجاهر الضوئية **المجهر الضوئي المركّب Compound light microscope**، الذي يحتوي على عدسات شيئية متعددة، بالإضافة إلى عدسة عينيّة.
- تمّ تطوير مجاهر ضوئية أخرى لأغراض مختلفة، مثل **المجهر الميداني Field microscope** للعمل في الخارج، و**المجهر التشريحي Descending microscope** الذي يحافظ على بقاء الصورة بالاتجاه نفسه، و**المجهر الرقمي Digital Microscope** للتسجيل.
- تكبّر المجاهر الأجسام أو تزيد **التكبير Magnification**، ولكنها محدودة بقوة **الفصل Resolution** أو بمدى تمكّنها من التمييز بين جسمين دقيقين.
- هناك اختراعان مهمّان، هما **المجهر الإلكتروني النافذ Transmission electron microscope** و**المجهر الإلكتروني الماسح Scanning electron microscope** وقد أسهما في تقدّم علم أحياء الخلية والطب وعلم المواد.

☑ تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من الآتي يمثّل إحدى النقاط الثلاث الرئيسة ضمن نظريّة الخليّة؟
   a. جميع الخلايا تنشأ من خلايا سابقة.
   b. تتكاثر الخلايا من خلال الانقسام (الانقسام الخلويّ).
   c. الخلايا صغيرة لكي تحقّق أقصى نسبة مساحة سطحية إلى الحجم.
   d. تحوي الخلايا على جميع الجُزيئات اللازمة للحياة، ومن ضمنها الـDNA.

2. أيٌّ ممّا يأتي ليس جزيئًا حيويًا؟
   a. السكَّر.
   b. البروتين.
   c. الماء.
   d. الليبيد.

3. أي ممّا يأتي يعتبر سببًا لاحتواء الخلايا على عُضيّات؟
   a. العُضَيّات هي الوحدات الوظيفية للحياة.
   b. تزيد العُضَيّات من عدد التفاعلات التي يمكن أن تقوم بها الخلية.
   c. تستخدم الخلية جميع العُضَيّات للتخزين.
   d. تكوّن العُضَيّات الأغشية الخلوية التي تحيط بالخلايا.

4. أيُّ المجموعاتِ الثنائيةِ الآتية ليس صحيحًا فيما يتعلق بالتركيب والوظيفة؟
   a. النوية – انتاج الرايبوسومات
   b. الجسم المحلل– هضم جزيئات الغذاء
   c. جهاز جولجي- معالجة المعلومات وإدارة الخلية
   d. الأنيبيبات الدقيقة - تثبيت العضيات الخلوية في مواقعها.

5. أيٌّ من الكائنات الحية الآتية بدائيّ النواة؟
   a. البكتيريا العصوية.
   b. البراميسيوم.
   c. السبيروجيرا.
   d. الصقر.

6. أيٌّ من الكائنات الحيّة الآتية متعدّد الخلايا؟
   a. البكتيريا العصوية.
   b. البكتيريا المحبة للملوحة.
   c. السبيروجيرا.
   d. بكتيريا الإشيريشيا القولونية.

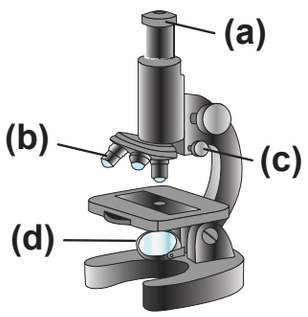
7. أيُّ العضيات الآتية توجد في الخلية النباتية ولاتوجد في الخلية الحيوانية؟
   a. الميتوكندريا.
   b. النواة.
   c. البلاستيدة الخضراء.
   d. الغشاء الخلوي.

8. أيٌّ من الآتي ليس من وظائف الغشاء الخلويّ؟
   a. فصل السيتوبلازم عن البيئة الخارجيّة.
   b. التحكّم في تدفّق الموادّ إلى داخل الخليّة وخارجها.
   c. توفير قوّة هيكليّة، مثلًا في غصن الشجرة.
   d. توفير سطح يثبّت البروتينات والجُزيئات الأخرى.

9. أيٌّ من الآتي يمثّل إحدى الوظائف الرئيسة للشبكة الإندوبلازميّة؟
   a. احتواء الـ DNA النووي.
   b. دعم الريبوسومات التي تصنع البروتينات.
   c. توفير دعم داخليّ هيكليّ للخليّة.
   d. تشكيل الحويصلات التي تنقل الموادّ إلى داخل الخليّة أو خارجها.

10. يُمكن رؤية داخل الخليّة إحدى العُضيّات التي يبلغ حجمها 0.5 ميكرون عند تكبير ×400. ما حجم هذه العضية الظاهريّ في الصورة؟
   a. 5 ميكرونات.
   b. 50 ميكرونًا.
   c. 200 ميكرون.
   d. 400 ميكرون.

11. أيّ الأجزاء على الرسم التخطيطيّ يُمكن ضبطه لنجعل الصورة المجهريّة شديدة التركيز؟



   a. a.
   b. b.
   c. c.
   d. d.

12. أيٌّ من الآتي يمثّل أهمّ ميزة مُفيدة في علم الأحياء للمجهر الإلكترونيّ يتميّز بها عن المجهر الضوئيّ؟
   a. يُمكن إنتاج الصور بسرعة أكبر بكثير.
   b. توضع العيّنات في الفراغ.
   c. التكبير أعلى بكثير.
   d. يستخدم المجهر الإلكترونيّ حزمًا من الإلكترونات بدل الضوء.

13. أيٌّ من الآتي يمثّل الوظيفة الرئيسة للميتوكندريا؟
   a. إنتاج الطاقة من ضوء الشمس.
   b. إنتاج الطاقة للخليّة.
   c. إنتاج البروتينات للخليّة.
   d. طرح الفضلات من الخليّة.

أسئلة ذات إجابات قصيرة

الدرس 1-1: الخلايا: وحدات الحياة

14. قارنْ بين الخلايا بدائيةِ النواةِ وحقيقيَّةِ النواةِ من حيثُ: التركيبُ والحجمُ، ومثال على كل منهما.

15. عرّف كلًّا من المصطلحات الآتية بأسلوبك.

a. الغشاء الخلوي.

b. السيتوبلازم الخلوي.

c. حقيقيات النواة.

d. بدائيات النواة.

16. يمثل **(الشكل 1-38)** أحد الكائنات الحية وحيدة الخلية. ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

a. حدّد التراكيب المشار إليها بالحروف في الشكل.

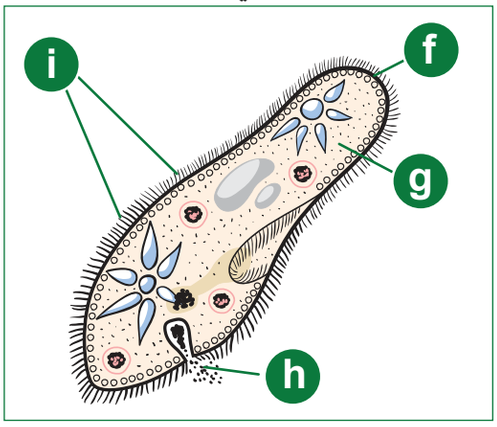
b. هل هو بدائي النواة أم حقيقي النواة؟ اشرح كيف عرفت ذلك.

c. ما التراكيب التي يشترك فيها هذا الكائن الحي مع باقي الخلايا؟

d. ما الحرف الذي يشير إلى التركيب الذي يساعد هذا الكائن على التحرك في بيئته؟

e. ما نوع المجهر الذي يُستخدَم لمشاهدة هذا الكائن الحي؟

f. كيف تحصل على هذا الكائن الحيّ، وكيف حضر هذا الكائن الحي للعرض بالمجهر في أربع خطوات؟



الشكل 1-38 كائن حي وحيد الخلية.

17. ارسم مخطّط فن (Venn) لتقارن بين بدائيات النواة وحقيقيات النواة محدّدًا خمس خصائص، ثم اكتب مثالين على كل منهما.

الدرس 1-2: عُضيّات الخلية

18. صِف الوظائف الرئيسة للميتوكندريا والبلاستيدات الخضراء، واذكر وجهي الشبه بين هاتين العضيّتين.

19. ما العلاقة بين وظيفة الشبكة الاندوبلازمية ووظيفة النواة من حيث إنتاج البروتينات؟

20. عرّف الأنبوب الدقيق وصِف دوره داخل الخليّة.

21. صِف العلاقة بين جهاز جولجي والحويصلات ونقل الموادّ إلى خارج الخليّة.

22. صِف ثلاثة فروقات أساسيّة بين الأغشية الخلويّة والجدران الخلويّة.

23.* اذكر ثلاث طرائق تكون من خلالها الأغشية الإضافيّة في العضيّة مُفيدةً للخليّة.

24.* ماذا يحدثُ إذا تَمَّ إزالةُ أغشيةِ الأجسامِ المحللة داخل الخلية الحية؟

الدرس 1-3: الخلايا والفحص المجهري

25.* اذكر ثلاثة مجاهر، وحدّد ميزة واحدة لكل منها أدّت إلى تطوير فهمنا للخلايا أو علم الأحياء.

26. أجب عن الأسئلة الآتية المتعلّقة باستخدام المجهر الضوئي المركّب .

a. ما مجال الرؤية في المجهر؟

b. ماذا يحدث لمجال الرؤية عندما تتحوّل إلى عدسات شيئية بقوة تكبير أعلى ؟

c. ما مقدار تكبير العدسة العينيّة للصورة؟

27.* أكمل الجدول الآتي بالقيَم الصحيحة:

العدسة العينيّة	العدسة الشيئيّة	التكبير الكلّي
5×	10×	**(a)**
10×	**(b)**	100×
(c)	40×	400×

28. ماذا يعني أن صورة TEM لها لون غير حقيقي؟

مشروع البحث

اختر أنطوني فون ليفينهوك أو روبرت هوك كمشروع للبحث.

a. اكتب أربع حقائق عن حياته وعمله.

b. أيّ عالم تودّ أن تقابله إذا تسنّى لك ذلك؟ ولماذا؟

c. اكتب سؤالين يتعلّقان بعملهما، وترغب في أن يجيبا عنهما.



الوحدة 2

الدورية في خصائص العناصر

Periodicity in the Properties of Elements

في هذه الوحدة

C1002

الدرس 2-1: الجدول الدوري للعناصر

الدرس 2-2: تدرُّج الخواص الدورية للعناصر

الدرس 2-3: النشاط الكيميائي للعناصر

الوحدة 2

مقدّمة الوحدة

يُعد الجدول الدوري أهمّ مخطّط علمي تمّ إنجازه؛ يحدد موقع كل عنصر في الجدول الدوري، الخصائص الكيميائية لذلك العنصر. على سبيل المثال، العناصر التي تقع في نفس العمود الرأسي لديها خصائص كيميائية متشابهة.

يقدّم الدرس 2-1 كيفية ترتيب العناصر في أعمدة رأسية تسمى مجموعات وصفوف أفقية تسمى دورات في الجدول الدوري. تعتمد بنية الجدول الدوري على كيفية ترتيب الإلكترونات في ذرّات كل عنصر من العناصر الواردة في الجدول. لذلك، يُعدّ تركيب الجدول الدوري تمثيلًا مرئيًا للتوزيع الإلكتروني للعناصر، حيث تتضمّن أنحاء مختلفة من الجدول الدوري عناصر ذات خصائص فيزيائية وكيميائية مميّزة، مثل الفلزّات واللافلزّات.

يصف الدرس 2-2 الطريقة التي تتكرّر بها خصائص محدّدة للعناصر التي تنتمي إلى كل دورة ومجموعة في الجدول الدوري. كأن يكون نصف القطر الذرّي للعنصر الأوّل من كل دورة أكبر من نصف القطر الذرّي للعنصر الذي يليه. ما يعني أنَّ نصف القطر الذرّي للعناصر يقلّ عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة، ويتزايد من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة الواحدة.

يتعلَّق الدرس 2-3 بكيفية تفاعُل مجموعات محدّدة من العناصر بالطريقة نفسها، مثل، فلزّات المجموعة الأولى: الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم. تتفاعل هذه الفلزّات مع الكلور مثلًا، وتكون بنسبة واحد إلى واحد لتكوين مُركّبات، وتكون صيَغها على التوالي: LiCℓ، NaCℓ، KCℓ.

الأنشطة والتجارب

a1-2	توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري
b1-2	الفلزّات واللافلزّات.
a3-2	النشاط الكيميائي للفلزّات.
b3-2	النشاط الكيميائي للهالوجينات.

الدرس 2-1

الجـــدول الـــدوري للعناصـــــر
The Periodic Table of Elements

يُعدّ الجدول الدوري واحدًا من الرموز الأكثر تميزًا في أي مجال من مجالات الدراسة؛ لأنّه يحتوي على كمّية كبيرة من المعلومات التي يمكن استنتاجها من خلال ترتيب العناصر في دورات ومجموعات وفقاً للتوزيع الإلكتروني لذرّات تلك العناصر. في العام 2019 احتفل العالم بالذكرى المئة وخمسين لإنشاء الجدول الدوري بطابع تذكاري عليه صورة العالم مندليف (الشكل 2-1).

مخرجات التّعلُّم

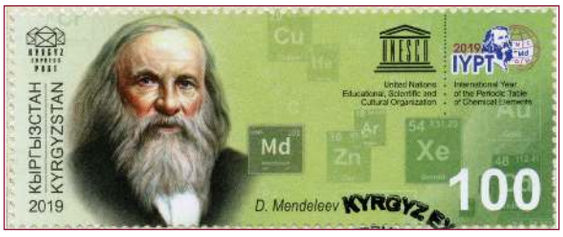
C1002.1 يجري نشاطًا لمحاكاة اشتقاق جدول مندليف الدوري باستخدام معلومات عن العناصر المعروفة حتى عام 1869.

C1002.2 يتعرّف إلى جدول مندليف الدوري كوسيلة لتصنيف العناصر وفقًا لخصائصها. ويحدد موقع الفلزّات الأكثر نشاطًا والأقل نشاطًا في الجدول الدوري، ويحدد موقع الفلزّات واللافلزّات.

C1002.3 يستنتج أن العناصر ذات الخصائص المتشابهة مرتبة في أعمدة في الجدول الدوري، وأن خصائص العناصر تتغيّر تدريجيًا خلال الصفوف.

C1002.4 يربط التصنيف الدوري الحديث بالتركيب الإلكتروني للعناصر. ويشرح من خلال النظائر، كيف أدى هذا إلى تغيّر الترتيب الذي اقترحه مندليف وأدى إلى اكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم.

C1002.5 يصف التدرُّج في الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركباتها البسيطة ضمن المجموعات الأولى (I) والثانية (II) والسابعة (VII) والثامنة (VIII) (الصفرية)، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي.



الشكل 2-1 صدر عام 2019 طابع احتفالي تذكاري في قرغيزستان احتفاءً بالذكرى السنوية المئة وخمسين لإنشاء الجدول الدوري.

المفردات

Periodicity	الدورية
Period	الدورة
Main group elements	عناصر المجموعة الرئيسة
Transition elements	العناصر الانتقالية
Group	المجموعة
Energy level	مستوى الطاقة
Noble gases	الغازات النبيلة(الخاملة)
Alkali metals	الفلزّات القلوية
Alkaline earth metals	الفلزّات القلوية الأرضية
Halogens	الهالوجينات
Metalloids	أشباه الفلزّات
Trans-uranium elements	عناصر ما بعد اليورانيوم

تنظيم جدول دوري وفق أسلوب مندليف

صمّم العالم الروسي ديمتري مندليف Demitri Mendeleev أوّل جدول دوري مفيد للعناصر، ونشره في العام 1869. ولكن العناصر المعروفة في ذلك الوقت كانت تبلغ نصف العناصر المعروفة اليوم تقريبًا. وعندما رتّب مندليف العناصر وفق الكتلة الذرّية ، لاحظ أن هناك خصائص أخرى تُظهر نمطًا دوريًّا. وعلى عكس العلماء الذين حاولوا في وقت سابق تنظيم العناصر، حاول مندليف عدم وضع العناصر في مجموعات لا تنتمي إليها، إذ ترك فراغات في جدوله الدوري للعناصر غير المكتشفة التي اعتقد أنها ستشغل هذه الفراغات يومًا ما. وبناءً على خصائص العناصر المحيطة بتلك المساحات الفارغة، استطاع مندليف توقُّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر غير المكتشفة في ذلك الوقت.

نشاط

سيزوّدك المعلم بنموذج معدّل لإحدى النسخ الأولى من جدول مندليف الدوري الموضحة في الجدول 2-1. حيث يوضح النموذج رموز بعض العناصر وكتلها الذرية.

الجدول 2-1 نموذج لنسخة معدّلة من جدول مندليف الدوري.

الصف	المجموعة I	المجموعة II	المجموعة III	المجموعة IV	المجموعة V	المجموعة VI	المجموعة VII	المجموعة VIII
1	H = 1							
2	Li = 7						F = 19	
3			Al = 27.3			S = 32		
4		Ca = 40		Ti = 48			Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63
5		Zn = 65			As = 75		Br = 80	

يعرض النموذج الصفوف الخمسة الأولى فقط من جدول مندليف الدوري، لاحظ وجود بعض الخانات الفارغة التي تمثّل العناصر المفقودة.

سيزوّدك معلّمك أيضًا بورقة بيانات تحتوي على بعض خصائص العناصر التي لم ترد في (الجدول 2-1) باستثناء ثلاثة عناصر تنتمي إلى هذا النموذج.

1. حدّد العنصر المناسب لكل خانة فارغة في النموذج باستخدام الكتل الذرّية المعطاة كدليل، و ستبقى ثلاث خانات فارغة.
2. استخدم الكتل الذرّية للعناصر حول الخانات الفارغة الثلاث لتتوقّع الكتل الذرّية للعناصر الثلاثة المفقودة، و سجّل توقّعاتك على النموذج.
3. استخدم ورقة البيانات لتملأ النموذجَين الآخرَين على ورقة العمل، مع وضع بيانات الكثافة على النموذج الأول، وبيانات درجة الانصهار على النموذج الثاني.
4. قارن بين كثافة العناصر ودرجات انصهارها في المجموعات الخامسة (V) والسادسة (VI) و السابعة (VII). وحدد العنصر الذي لا يبدو أنه ينتمي إلى مجموعته ثم اذكر هل تغيّر تصنيفه في الجدول الدوري الحديث؟ إذا كانت الإجابة نعم، اذكر رقم المجموعة التي ينتمي إليها.

نشأة وتاريخ الجدول الدوري:

توجد آلاف الأنواع من المواد في غرفة الصف وفي المحيط من حولنا. فكّر مليًا في كل مكوّن مختلف موجود في الهواء، والتربة، والجدران، والأرض، والكتب، والطاولات، وفي أيّ شيء آخر. ستجد أنّ هذه المواد تتكون من عناصر مختلفة عرف الانسان الكثير منها منذ قديم الزمن، مثل: الذهب والفضة والكربون والأكسجين، وفي نهاية القرن الثامن عشر قدم العالم لافوازييه أول محاولة لتصنيف العناصر والمواد المعروفة آنذاك، حيث صنفها إلى أربع فئات هي الغازات، والفلزات، واللافلزات، والعناصر الأرضية. ويؤخذ على هذا التصنيف أنه لم يقتصر على العناصر الكيميائية فقط بل شمل العديد من المواد مثل الأحماض والهواء والتراب وغيرها.

ومع ازدياد عدد العناصر المكتشفة - حيث بلغ عددها نحو 60 عنصراً - بدأ الباحثون بدراستها والتعرف إلى خصائصها وأوجه الشبه والاختلاف بينها اعتمادًا على اختلاف ذراتها،واعتبرت الكتلة الذرية أهم صفة مميزة للذرة، فظهرت الحاجة إلى تنظيمها وتصنيفها وبرز العديد من المحاولات للتصنيف سنوردها فيما يلي:

ثلاثيات دوبراينر (1817م)

اكتشف يوهان دوبراينر أنّ هناك تشابه وتدرج في خصائص كل من عناصر الكالسيوم والباريوم والسترونشيوم حيث إنَّ قيمة الكتلة الذرّية لعنصر السترونشيوم تقع تقريبًا في الوسط بين الكتلة الذرّية لعنصر الكالسيوم والكتلة الذرّية لعنصر الباريوم، فقام بترتيب العناصر وفق كتلها الذرية والتشابه في خصائصها في مجموعات ثلاثية سميت بثلاثيات دوبراينر (الجدول 2-2)، حيث يمتلك فيها العنصر الأوسط خصائص متوسّطة بين العنصرَين الآخرَيْن. ومع ذلك، فإن لهذه النظرية عيبًا أساسيًا يتمثّل في أنَّ العناصر لا تتناسب كلّها مع الثلاثيّات.

الثلاثية	العنصر	الرمز	الكتلة الذرية
1	ليثيوم	Li	7
	صوديوم	Na	23
	بوتاسيوم	K	39
2	كالسيوم	Ca	40
	سترونشيوم	Sr	87.6
	باريوم	Ba	137.3
3	كلور	Cl	35.5
	بروم	Br	80
	يود	I	127

الجدول 2-2 ثلاثيّات دوبراينر.

ثمانيات نيولاندز(1865م)

رتّب العالم جون نيولاندز العناصر، ووضعها في مجموعات وفقًا لازدياد كتلها الذرّية، فاكتشف أن العناصر المتشابهة تتكرر بشكل دوري بعد كل سبعة عناصر (مثل تكرار أيام الأسبوع). فالعنصر (1) يشبه العنصر (8) الذي يشبه العنصر (15)، وكذلك العنصر (2) يشبه العنصر (9) الذي يشبه العنصر (16) وهكذا، وقد سمي هذا

التنظيم قانون نيولاندز للثمانيّات، ويبين (الجدول 2-3) ثلاث مجموعات من هذه الثمانيات؛ غير أنَّ قانون الثمانيّات بعد عنصر الكالسيوم لا يصف خصائص العناصر بدقّة، بالإضافة إلى أنَّ الكثير من العناصر لا تتناسب مع هذا النمط.

المجموعة الأولى			المجموعة الثانية			المجموعة الثالثة		
الترتيب	العنصر	الكتلة الذرّية	الترتيب	العنصر	الكتلة الذرّية	الترتيب	العنصر	الكتلة الذرّية
1	H	1	8	F	19	15	Cℓ	35
2	Li	7	9	Na	23	16	K	39
3	Be	9	10	Mg	24	17	Ca	40
4	B	11	11	Al	27	18	Cr	52
5	C	12	12	Si	28	19	Ti	48
6	N	14	13	P	31	20	Mn	55
7	O	16	14	S	32	21	Fe	56

الجدول 2 - 3 ثمانيّات نيولاندز

جدول مندليف (1869م)

استطاع مندليف التوصّل إلى ترتيب العناصر المعروفة آنذاك وفقًا لازدياد كتلها الذرّية، وحاول وضع العناصر التي لها خصائص متشابهة في الصف نفسه؛ لاحظ مثلًا في (الشكل 2-2) أن Li و Na و K و Rb و Cs تقع في الصف نفسه. وقد لاحظ مندليف أنَّ الخصائص تتكرّر من صف إلى آخر، وهذا ما يُسمّى **بالدورية Periodicity**، وهي كلمة أخرى للتعبير عن التكرار المنتظم. لذلك أصبح هذا المخطّط بعد ذلك يُعرَف بالجدول الدوري.

تميز جدول مندليف بالتنبؤ بعناصر جديدة لم تكن معروفة آنذاك، وتوقع كتلها الذرية مثل: الجيرمانيوم، وحدد خصائصها، وترك لها فراغًا في الجدول، وبالرغم من أنّه لم يتنبأ بالعناصر الخاملة إلا أنّه عندما تم اكتشافها تم إدراجها في الجدول دون أن تؤثر على بنيته.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.1
			Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198
H = 1			Ni, Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199
	Be = 9.4	Mg = 24	Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
	B = 11	Al = 27.3	Zn = 65.2	Cd = 112	
	C = 12	Si = 28	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	N = 14	P = 31	? = 70	Sn = 118	
	O = 16	S = 32	As = 75 Se = 79.4	Sb = 122 Te = 128?	Bi = 210?
	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133	
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Tl = 204
		? = 45			Pb = 207
		?Er = 56	Ce = 92		
		?Yt = 60	La = 94		
		?In = 75.6	Di = 95		
			Th = 118?		

الشكل 2 - 2 جدول مندليف الدوري الأوّل.

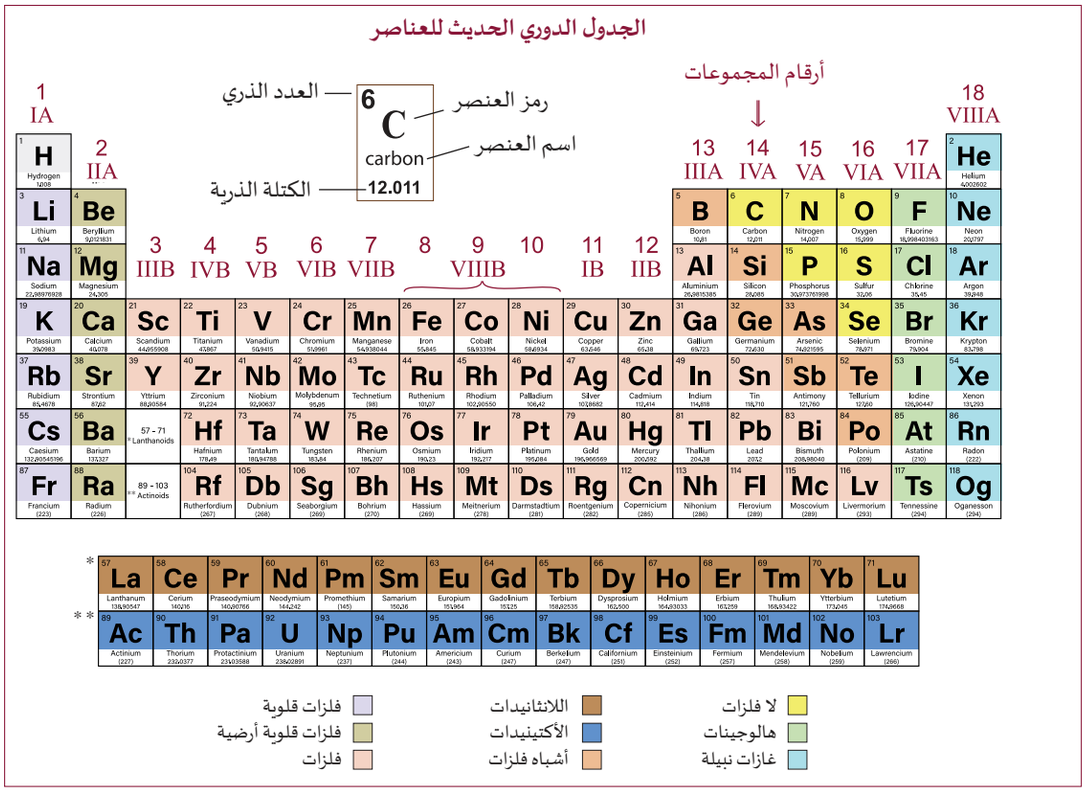
لم يكن تركيب الذرّة معلومًا في زمن مندليف، فقد رتّب دوبراينر ونيولاندز ومندليف جميعهم العناصر وفقًا لازدياد كتلها الذرّية، ووجدوا بعض العناصر تبدو وكأنها لا تتّبع هذا الترتيب. لكننا في الوقت الراهن، نعلم أنَّ جميع ذرّات العنصر نفسه لها عدد البروتونات نفسه التي تتضمّنها النواة. ومع ذلك، فقد تكون لها أعداد مختلفة من النيوترونات. أي أنها تختلف أيضًا في العدد الكتلي وبالتالي تختلف في الكتلة الذرية. **فالنظائر Isotopes** هي الذرّات التي لها العدد نفسه من البروتونات، ولكنها تختلف في أعداد النيوترونات. مما سبب وجود بعض الفراغات في جدول مندليف لنظائر بعض العناصر والتي اعتبرها مندليف عناصر غير مكتشفة؛ وهنا تبرز أهمية ترتيب العناصر حسب الزيادة في أعدادها الذرية في الجدول الدوري الحديث.

وإليك بعض مَواطن القوّة ومَواطن الضعف لجدول مندليف:

مَواطن القوة	مَواطن الضعف
حدَّد قيمة الكتلة الذرّية لبعض العناصر التي كانت مقدّرة خطأً في السابق.	رتّب العناصر بحسب زيادة الكتلة الذرّية، وبالتالي حدث بعض الخلل في الترتيب التصاعُدي
ترك أماكن فارغة لعناصر جديدة توقّع اكتشافها مثل: عنصر أطلق عليه إسم (إيكا سيليكون)، أي شبيه السيليكون، وقد تم اكتشافه عام 1886م، وسمّي الجرمانيوم، وكانت له الخواص نفسها التي توقّعها مندليف.	لم يتمكّن من تفسير تدرُّج الخواص الكيميائية لبعض العناصر في جدوله؛ إذ وضع أكثر من عنصر في مربّع واحد مثل: النيكل والكوبالت.
اكتشف نمطًا محدّدًا يتكرّر من خلال ترتيب العناصر بحسب الزيادة في الكتلة الذرّية.	لم يتطرّق جدول مندليف إلى الغازات النبيلة، ولا إلى النظائر لأنها لم تكن معروفة في ذلك الوقت.

الجدول الدوري الحديث (1913م)

اكتشف العالم هنري موزلي أن كل عنصر في الجدول الدوري له شحنة نووية (التي أطلق عليها لاحقًا العالم إرنست رذرفورد اسم البروتون) أكبر من العنصر الذي سبقه بشحنة واحدة؛ وقام بترتيب العناصر بناء على مقدار شحنة نواته، وأعطى الشحنة الأقل الرقم (1) وهو للهيدروجين والذي يليه الرقم (2)، وهكذا وأطلق على هذا الرقم اسم العدد الذري، وقد توصل الى أنّ ترتيب العناصر في الجدول وفق أعدادها الذرية يحقق الدورية في صفات العناصر. وأصبح ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث يعتمد على الزيادة في العدد الذرّي للعناصر، وليس على الزيادة في الكتلة الذرية، كما كان معتمدًا في جدول مندليف.



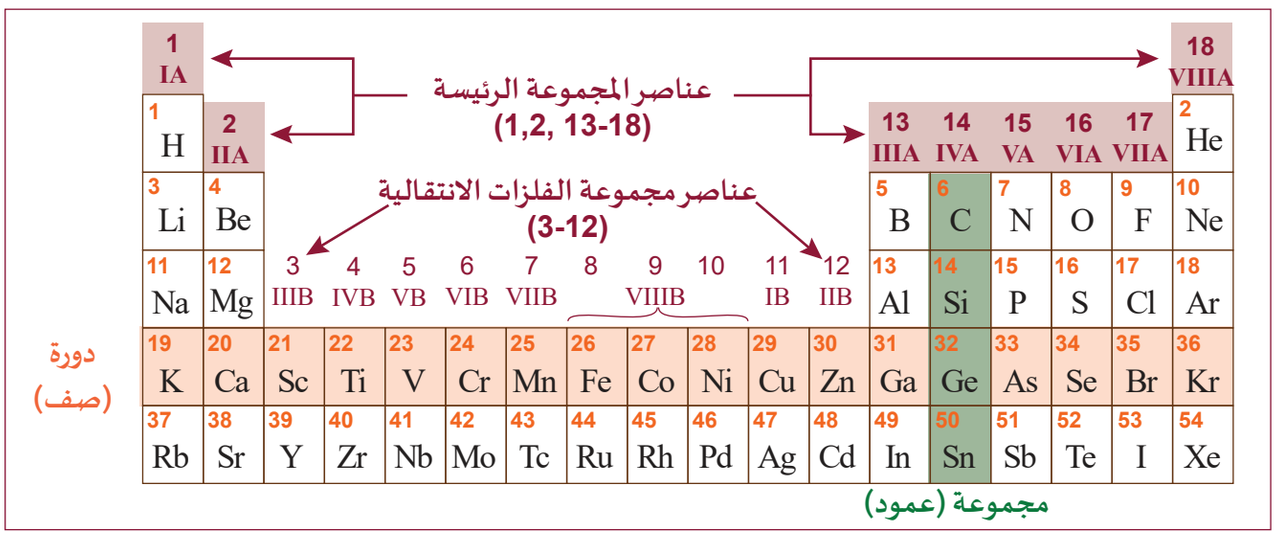
الشكل 2 - 3 الجدول الدوري الحديث.

يبيّن (الشكل 2 - 3) جدولًا دوريًا حديثًا، يتكون من عدد من الصفوف والأعمدة يمكن توضيحها فيما يلي:

- **الدورات Periods:** وهي الصفوف الأفقية في الجدول وعددها سبع دورات.
- **المجموعات Groups:** وتمثل الأعمدة الرأسية في الجدول، بحيث تضم كلّ مجموعة عددًا من العناصر المتشابهة في خواصِّها الكيميائية.

ويحتوي الجدول الدوري الحديث على ثماني عشرة مجموعة، وهي تقسم إلى نوعين:

- **عناصر المجموعة الرئيسة Main group elements:** (أو ما يُسمّى بالعناصر الممثّلة) هي العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1 (IA)، و2 (IIA)، و13 (IIIA) وصولًا إلى المجموعة 18 (VIIIA)، لاحظ (الشكل 2 - 4).
- **عناصر مجموعة الفلزات الانتقالية Transition Metals Group:** ويرمز لها بالرمز (B) وهي ثمان مجموعات توجد في وسط الجدول، وتشمل الأعمدة من (3-12) حيث المجموعة الثامنة (VIIIB) منها توجد في ثلاث أعمدة، لاحظ (الشكل 2-4).



الشكل 2-4 تصنيف المجموعات في الجدول الدوري الحديث.

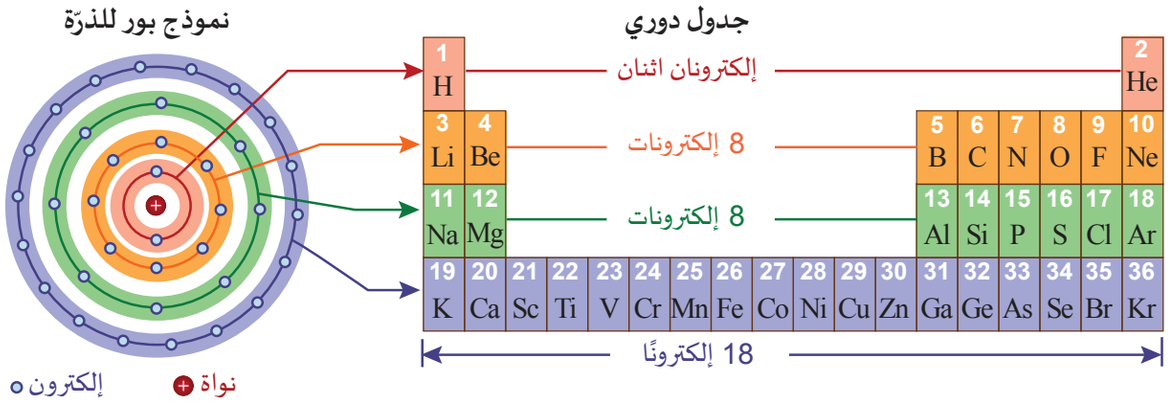
- قبل العام 1962 كانت الغازات النبيلة تُسمّى "الغازات الخاملة ". ابحث لماذا هذا الاسم واردٌ علميًا؟
- لا يتضمّن الجدول الدوري الحديث المبيّن في (الشكل 2-5) فراغات على الإطلاق؛ وبالتالي لا يتضمّن خانات فارغة لإضافة أي عنصر جديد قد يكتشف. ابحث أين يمكن إضافة عنصر قد يكتشف حديثًا بعد عنصر الأوجانيسون (Og).

العناصر ونموذج بور للذرّة

نموذج بور للذرة:

في العام 1913م، اقترح الفيزيائي نيلز بور نموذجًا للذرّة تشغل فيه الإلكترونات مدارات تدور فيها حول النواة الموجبة بشكل مشابه لدوران الكواكب حول الشمس في النظام الشمسي. وأنّ لكل ذرة عدد من المدارات يطابق رقم الدورة التي يوجد فيها العنصر، وكل مدار في ذرّة بور يحتوي على عدّة إلكترونات، ويكون عددها في كل مدار مطابقًا لعدد العناصر من كل صف في الجدول الدوري (الشكل 2-5).

أمّا المدار الأخير للذرة فهو يحتوي عددًا من الإلكترونات يطابق رقم مجموعة العنصر في الجدول، ويطلق على هذه الإلكترونات، إلكترونات التكافؤ، وبهذا فإنّ نموذج بور يفسر الدورية في صفات العناصر، ويحدد موقع العنصر في الجدول الدوري في الدورات الأربع الأولى فقط.



الشكل 2 - 5 نموذج بور للذرّة، وهو يبيّن أكبر عدد من الإلكترونات التي يمكن أن يتضمّنها كل مدار للذرّة.

يتم تحديد موقع العنصر في الجدول الدوري بناء على توزيع الإلكترونات في الذرة.

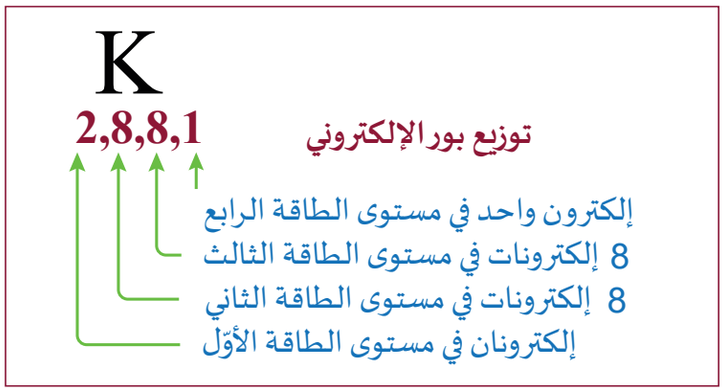
- ستتعرّف فيما يلي كيفية توزيع الإلكترونات في ذرات العناصر الممثلة المختلفة وعلاقة ذلك بخصائص الذرات وسلوكها.

توزيع بور الإلكتروني

يدلّ موقع العنصر في الجدول الدوري على التوزيع الإلكتروني في ذرّات هذا العنصر، وأصبح في الجدول الدوري الحديث، وحسب النظرية الحديثة للتركيب الذرّي، يُستخدم ما يُسمّى **مستوى الطاقة Energy level** بدلًا من مدار بور. ويُعدّ أدنى مستوى طاقة هو المستوى الأقرب إلى النواة، وهو يحتوي على إلكترونين، تمامًا كما هو موجود في مدار بور الأوّل الداخلي (الأقرب إلى النواة).

وهذه بعض من قواعد تحديد توزيع الإلكترونات في مستويات الطاقة المختلفة (مدارات بور المختلفة):

1. تملأ الإلكترونات مستويات الطاقة الأقرب إلى النواة أوّلاً، أي مستويات الطاقة الأدنى، ثم الذي يليه وهكذا.
2. يتّسع كل مستوى طاقة لعدد محدّد فقط من الإلكترونات، وما يزيد عن ذلك فيتمّ وضعها في مستوى طاقة أعلى يكون أبعد عن النواة، وفيما يلي سعة كل مستوى من الإلكترونات:



الشكل 2 - 6 توزيع بور الإلكتروني لعنصر البوتاسيوم (K_{19}).

- يتّسع مستوى الطاقة الأوّل (مدار بور الأوّل) لإلكترونَيْن.
- يتّسع مستوى الطاقة الثاني (مدار بور الثاني) لثمانية إلكترونات.
- يتّسع مستوى الطاقة الثالث (مدار بور الثالث) لثمانية إلكترونات (أو 18 إلكترونًا في الذرّات التي لديها عدد ذرّي كبير).
- يتّسع مستوى الطاقة الرابع (مدار بور الرابع) لثمانية عشر إلكترونًا (أو 32 إلكترونًا في الذرّات التي لديها عدد ذري كبير).

يحتوي الجدول الدوري الكامل على سبع دورات حيث إنّ الذرات قد تحتوي على سبعة مستويات للطاقة كحد أقصى، إلا أن هذه الوحدة سوف تهتمّ بمستويات الطاقة الأربعة الأولى فقط. ولكتابة التوزيع الإلكتروني، يُحدّد عدد الإلكترونات في كل مستوى طاقة.

يبيّن (الشكل 2-6) توزيع بور الإلكتروني للبوتاسيوم الذي يحتوي على 19 إلكترونًا (عدده الذرّي يساوي 19).

وستتعلم طريقة توزيع إلكتروني أكثر دقة للعناصر بعد عنصر الكالسيوم Ca_{20} في المستوى الحادي عشر.

مثال 1

اكتب توزيع بور الإلكتروني لعنصر النيتروجين N_7 والسيليكون Si_{14} والكالسيوم Ca_{20}

الحلّ:

العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
النيتروجين	7	2, 5
السيليكون	14	2, 8, 4
الكالسيوم	20	2, 8, 8, 2

نشاط 2-a1 توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري

سؤال الاستقصاء	ما العلاقة بين التوزيع الإلكتروني للعنصر وموقعه في الجدول الدوري؟
الموادّ المطلوبة	ورقة عمل 2-1 a.

لديك مقطع من الجدول الدوري الحديث، قم باستكماله من خلال كتابة التوزيعات الإلكترونية المفقودة لعناصر الدورات الثلاث الأُولى.

المجموعة 1	المجموعة 2	المجموعة 13	المجموعة 14	المجموعة 15	المجموعة 16	المجموعة 17	المجموعة 18
1 H 1							2 He 2
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N 2, 5	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg 2, 8, 2	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

الأسئلة

a. يُسمّى عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير بإلكترونات التكافؤ، قارن بين إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الأولى وعناصر المجموعة الثانية.

.....

b. ما العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الرئيسة ورقم الدورة التي ينتمي إليها العنصر؟

.....

c. ماذا تُلاحظ على التوزيعات الإلكترونية لعناصر المجموعة الثامنة عشرة؟

.....

d. ما العناصر التي تحتوي على أربعة إلكترونات في مستوى طاقتها الأخير؟ أي من هذه العناصر يعدّ أساسيًا لأشكال الحياة جميعها؟

.....

e. ما العنصر الذي ينتمي إلى الدورة الثانية والمجموعة السادسة عشرة؟

.....

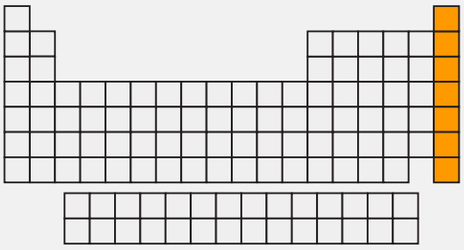
التوزيع الإلكتروني لعناصر بعض المجموعات

المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA): الغازات النبيلة

- تشغل **الغازات النبيلة Noble gases** أقصى الجانب الأيمن من الجدول الدوري (المجموعة 18)؛ وتمثّل أخفّ أربعة عناصر فيها الهيليوم (He)، والنيون (Ne)، والآرجون (Ar)، والكريبتون (Kr). وقد سُمّيت "النبيلة" لأنها لا ترتبط بأيّ من العناصر الأخرى (مع وجود استثناءات قليلة ونادرة).

- يتمثّل الشيء المُشترَك بين الغازات النبيلة جميعها في أنها تحتوي على مستويات طاقة ممتلئة بشكل كامل، (الشكل 2-7). ممّا يعطي الذرّة أدنى طاقة محتملة، فيكون العنصر أكثر استقرارًا.

المجموعة الثامنة عشرة: الغازات النبيلة



رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
He	2	2
Ne	10	2, 8
Ar	18	2, 8, 8
Kr	36	2, 8, 18, 8

الشكل 2-7 الغازات النبيلة، وتوزيع بور الإلكتروني.

- تمتلك الغازات النبيلة درجات الانصهار الأدنى في كل دورة، لعدم وجود روابط بين الذرّات؛ حيث توجد جميع الذرات في حالة إستقرار؛ وبالتالي ليس لها طاقة للترابط، وسبب ذلك أنّ الإلكترونات تقع بالفعل عند أدنى توزيع للطاقة.
- ولذلك لا ترتبط الغازات النبيلة ارتباطًا طبيعيًّا بالذرّات الأخرى، فهي عناصر مستقرة بسبب امتلاء مستوى الطاقة الأخير بالإلكترونات.

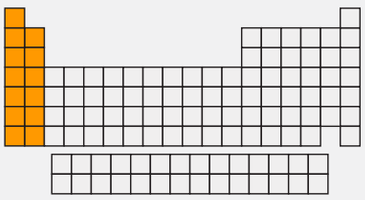
تتميز الغازات النبيلة بوجود مستويات طاقة أخيرة (خارجية) ممتلئة بالإلكترونات بشكل كامل.

عناصر المجموعة الأولى (IA)، والمجموعة الثانية (IIA)

- تشمل المجموعة الأولى عنصر الهيدروجين والعناصر التي تلي كل غاز نبيل في بداية الصف التالي من الجدول الدوري. يبيّن (الشكل 2-a8) أنَّ عناصر المجموعة الأولى جميعها تحتوي على إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجي وتُسمّى عناصر المجموعة الأولى، ما عدا عنصر الهيدروجين، باسم **الفلزّات القلوية Alkali metals**.
- تميل الذرات للوصول إلى حالة الاستقرار، بحيث تكون طاقتها أقل ما يمكن من خلال التفاعلات الكيميائية، ويتم الوصول إلى هذه الحالة عندما تمتلك الذرّات جميعها التوزيع الإلكتروني المشابه لأقرب غاز نبيل.

وللحصول على التوزيع الإلكتروني المُشابه للغاز النبيل، يجب أن تفقد الفلزّات القلوية (عناصر المجموعة الأولى) إلكترونًا واحدًا. فالصوديوم مثلًا يتحوّل إلى أيون موجب (Na^+) من خلال فقد إلكترون واحد، وكذلك الليثيوم والبوتاسيوم، حيث يتحوّلان إلى أيونَين موجبَين (Li^+، K^+). فكيف يمكن توقّع هذا من توزيعها الإلكتروني؟

المجموعة الأولى والمجموعة الثانية



(a) المجموعة الأولى: عنصر الهيدروجين + الفلزات القلوية

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
H	1	1
Li	3	2, 1
Na	11	2, 8, 1
K	19	2, 8, 8, 1

(b) المجموعة الثانية: الفلزات القلوية الأرضية

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
Be	4	2, 2
Mg	12	2, 8, 2
Ca	20	2, 8, 8, 2

الشكل 2-8 توزيع بور الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، وبعض عناصر المجموعة الثانية.

يبيّن (الشكل 2-b8) أنَّ عناصر المجموعة الثانية تمتلك ذراتها إلكترونين في مستوى الطاقة الخارجي، وتُسمّى هذه المجموعة **الفلزّات القلوية الأرضية Alkaline earth metals**، وأكثر عناصرها شيوعًا هي البريليوم (Be)، والمغنيسيوم (Mg)، والكالسيوم (Ca) وتكوّن هذه العناصر أيونات موجبة أيضًا عندما تفقد إلكترونَين لتكوّن أيونات Be^{2+}، وMg^{2+}، وCa^{2+}، فكيف يمكن توقّع هذا من توزيعها الإلكتروني؟

تميل الذرّات إلى تكوين الأيونات التي لها التوزيع الإلكتروني المُشابه لأقرب غاز نبيل (أدنى مستوى طاقة) لتكون أكثر استقرارًا.

عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)

تُسمّى عناصر المجموعة السابعة عشرة، التي تقع في العمود الذي يسبق الغازات النبيلة مباشرة **الهالوجينات Halogens** ويبيّن (الشكل2-9) توزيع بور الإلكتروني لبعض الهالوجينات، وهي تحتوي على عدد إلكترونات أقلّ بإلكترون واحد من التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل المجاور لها ولذلك تميل الهالوجينات إلى اكتساب إلكترون واحد لتكوّن أيونات سالبة (F^-، و $C\ell^-$، و Br^-) للوصول الى حالة الاستقرار، ويكون لها توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني لأقرب غاز نبيل (الذي يليها في الجدول).

تعد الهالوجينات عناصر نشطة جداً، ولذلك فهي لا توجد في الطبيعة على هيئة عناصر نقية وتوجد الهالوجينات في الطبيعة كجزيئات ثنائية الذرّة، فغاز الفلور (F_2)أصفر فاتح، وغاز الكلور ($C\ell_2$) أصفر مخضر والبروم السائل (Br_2) بنّي محمرّ واليود الصلب (I_2) أرجواني.

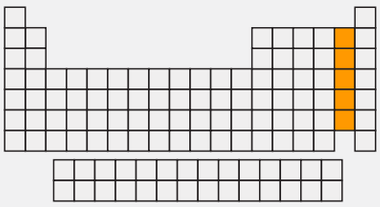
لاحظ (الشكل 2-10).

تُعدّ الهالوجينات النقية جميعها ذات سمّيّة عالية للكثير من الكائنات الحيّة. وأوضح مثال على ذلك، استخدام الكلور لتعقيم مياه الشرب، وبرك السباحة، لأنّه يقتل البكتيريا والكائنات المجهرية الضارة الأخرى.



ما عناصر المجموعة الأولى التي تتفاعل مع عناصر المجموعة السابعة عشرة لتكوين أملاح نستخدمها في حياتنا اليومية؟ وكيف يتم الارتباط بينها؟

المجموعةالسابعة عشرة: الهالوجينات



رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
F	9	2, 7
Cℓ	17	2, 8, 7
Br	35	2, 8, 18, 7

الشكل 2-9 توزيع بور الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة السابعة عشرة (الهالوجينات).



الشكل 2-10 ألوان الهالوجينات

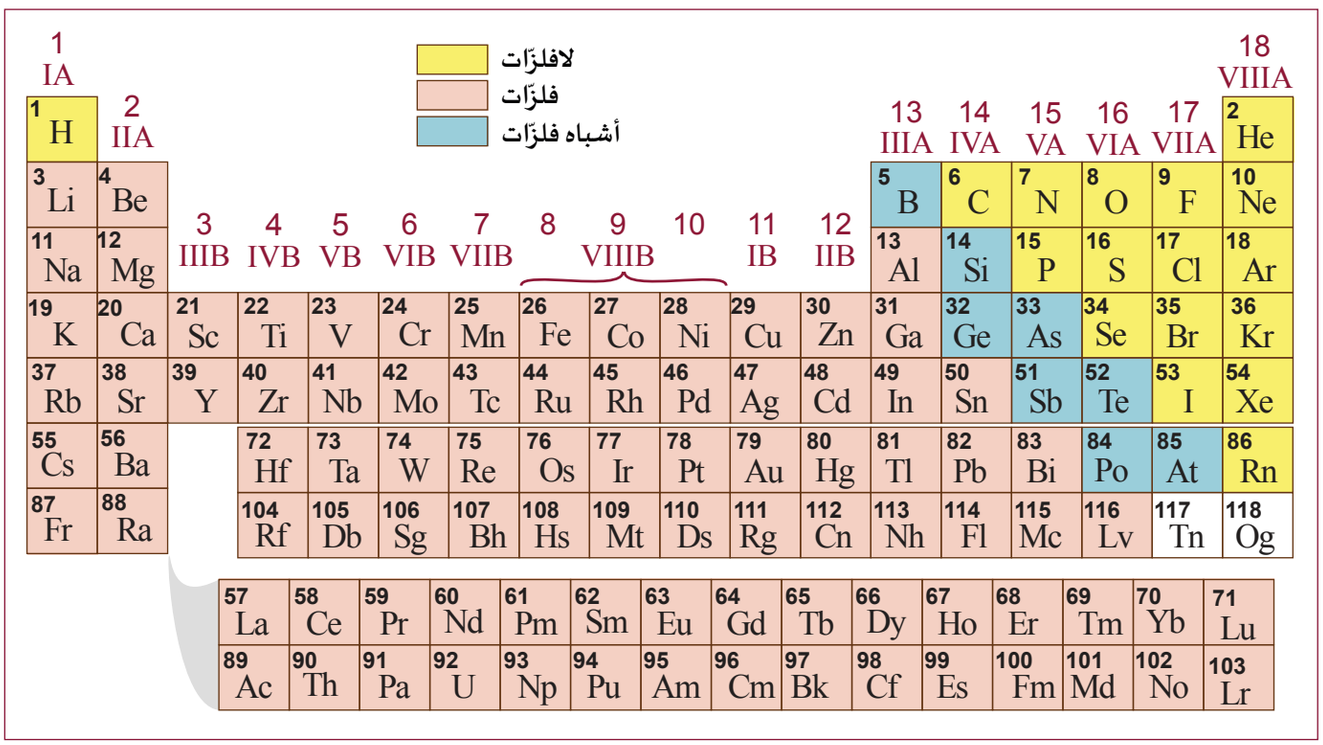
بنية الجدول والخصائص الفيزيائية للعناصر:

الفلزّات، واللافلزّات، وأشباه الفلزّات

يقسم الجدول الدوري إلى ثلاثة أقسام تشمل: الفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات، كما هو مبيّن في (الشكل 2-11).

غالبًا ما تكون الفلزّات صلبة عند درجة حرارة الغرفة (باستثناء فلزّ الزئبق Hg فهو سائل)، وهي موصّلة جيّدة للحرارة والكهرباء. أمّا اللافلزّات فتكون غازيّة، أو سائلة أو صلبة عند درجة حرارة الغرفة، وهي رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

وعادة تتدرج الخصائص الفيزيائية للعناصر خلال الدورة الواحدة، وتتشابه خصائص العناصر في المجموعة الواحدة وتتفاوت فيما بينها.



الشكل 2-11 جدول دوري يبيّن موقع الفلزّات واللافلزّات وأشباه الفلزّات.

ويبيّن (الجدول 2-4) الخصائص المميّزة للفلزّات واللافلزّات.

الفلزّات	اللافلزّات
قابلة للطرْق والسحب	هشّة عندما تكون صلبة ، غير قابلة للطرق والسحب
جيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء	رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء
تميل إلى تكوين مُركّبات أيونية مع اللافلزّات	تميل إلى تكوين مُركّبات تساهمية مع اللافلزّات
درجة انصهارها مرتفعة نسبيًا	درجة انصهارها منخفضة نسبيًا

الجدول 2-4 الخصائص المميزة للفلزّات واللافلزّات.

تتناقص الخصائص الفلزّية (مثل قدرة الذرة على فقد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير لتكوين أيون موجب الشحنة) عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، ولكنها تتزايد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

وفي المقابل، تزداد الخصائص اللافلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، وتقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعات، ويوضح الخطّ المتدرّج في (الشكل 2- 11) الحدّ الفاصل بين الفلزّات واللافلزّات.

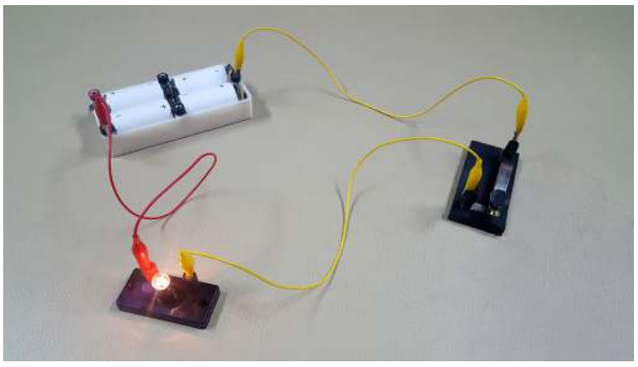
ويتم الانتقال من الخصائص الفلزّية إلى الخصائص اللافلزّية بصورة تدريجية خلال الدورة الواحدة، ويلاحظ أن هناك عدد من العناصر تُظهِر بعضًا من الخصائص الفلزّية والخصائص اللافلزّية معًا تُسمّى **أشباه الفلزّات Metalloids**. وأكثر أشباه الفلزّات شيوعًا: البورون (B) والسيليكون (Si) والزرنيخ (As) والتيلوريوم (Te) والجيرمانيوم (Ge) والأنتيمون (Sb)، ويُستخدم السيليكون والجيرمانيوم في صنع أشباه الموصّلات؛ لأن بالإمكان التحكّم في موصليّتهما الكهربائية.

نشاط b1-2 الفلزّات واللافلزّات

سؤال الاستقصاء	ما الخصائص المميّزة للفلزّات واللافلزّات؟
الموادّ المطلوبة	مواد مختارة من الفلزّات واللافلزّات مثل مسامير حديدية، ورق ألومنيوم، سلك نحاس، كبريت، قلم رصاص (جرافيت)، بطّارية جافة 1.5V، أسلاك كهربائية مع ملاقط التمساح، مصباح كهربائي صغير 1.5V، مطرقة، ورقة عمل b1-2.

الخطوات

1. صل الدائرة الكهربائية باستخدام كل مادة من المواد المختلفة، كما هو موضّح في الشكل المقابل، حيث تسمح هذه الدائرة الكهربائية للتيار الكهربائي بالسريان عبر المادة لإكمال الدائرة الكهربائية بوجود المصباح الكهربائي.



2. هل يضيء المصباح؟ سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.
3. استخدم المطرقة لطرق القطع السابقة، ولاحظ قابليتها للطرق. سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

الجدول 2-4 خصائص الفلزّات مقابل اللافلزّات

المادة	التوصيل الكهربائي (نعم، لا)؟	قابلية الطرق (قابلة/غير قابلة)	اللمعان (نعم/لا)	الحالة الفيزيائية (s, ℓ, g)	التصنيف (فلزّ/لافلزّ)

الأسئلة

a. ما الخصائص المميّزة للفلزّات؟

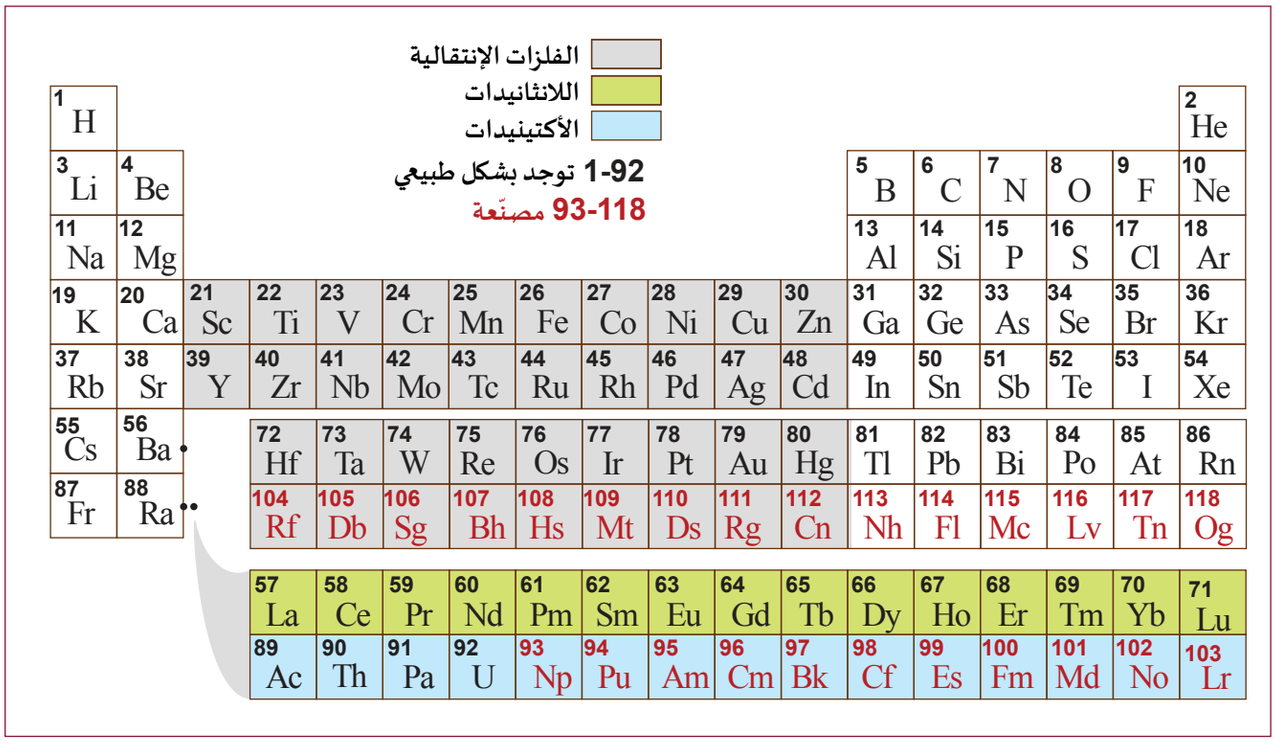
b. ما الخصائص المميّزة للافلزّات؟

c. حدد عنصرًا (لافلزّي) لديه خصائص مختلفة عن الخصائص العامة للّافلزّات؟ اشرح هذا الاستثناء.

اللانثانيدات والأكتينيدات والعناصر المُصنّعة

تحتوي الدورتان السادسة والسابعة على مجموعتَين إضافيتَين من العناصر ذات الخصائص المتشابهة (الشكل 2-12). حيث يُطلق اسم **اللانثانيدات Lanthanoids** على العناصر ذات العدد الذرّي من (57) إلى (71)؛ لأنها تبدأ بعنصر اللانثانيوم (La). ويطلق اسم **الأكتينيدات Actinoids** على العناصر ذات العدد الذرّي من (89) إلى (103) ، لأنها تبدأ بعنصر الأكتينيوم (Ac)، وهي جميعها مشعّة، إذ يُستخدم اليورانيوم لتزويد محطّات الطاقة النووية بالوقود.

أما العناصر التي لها أعداد ذرّية أكبر من (92) مثل العنصر (93) ، وهو النبتونيوم (Np) ، والعنصر (94) ، وهو البلوتونيوم فتسمّى عناصر **ما بعد اليور انيوم Transuranium elements**.



الشكل 2-12 موقع اللانثانيدات والأكتينيدات في الجدول الدوري الحديث.

عناصر ما بعد اليورانيوم هي عناصر أعدادها الذرّية أكبر من 92، ولها نشاط إشعاعي. بعض تلك العناصر يوجد بشكل طبيعي، مثل: النبتونيوم والبلوتونيوم بكميات ضئيلة فقط، ويتمّ تصنيع بعضها الآخر.

تقويم الدرس 2-1

أسئلة اختيار من متعدّد (1-5)

1. مَن العالِم صاحب الفضل في نشر أوّل جدول دوري؟

a. بور
c. مندليف
b. نيولاندز
d. دوبراينر

2. أيٌّ ممّا يأتي استُخدم لترتيب العناصر في أوّل جدول دوري للعناصر؟

a. الكتلة الذرّية والخصائص
c. التوزيع الإلكتروني والكتلة الذرّية
b. العدد الذرّي والخصائص
d. التوزيع الإلكتروني والعدد الذرّي

3. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة؟

a. تزداد الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

b. تقلّ الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

c. تزداد الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

d. تقلّ الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

4. ما عدد مستويات الطاقة الرئيسة لعناصر الدورة الخامسة؟

a. 7
c. 5
b. 6
d. 4

تقويم الدرس 2-1

5. وفق أي من الآتي تظهر الدورية في خصائص العناصر بصورة صحيحة؟

a. الحالة الفيزيائية

b. العدد الذرّي

c. الكتلة الذرّية

d. عدد النيوترونات

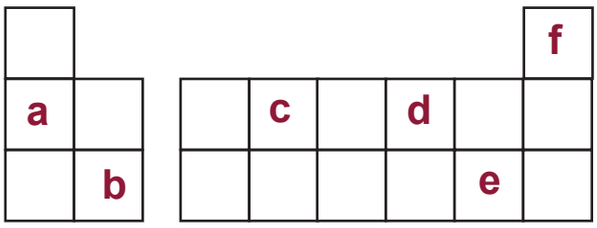
6. ما العنصر الذي لا يُعدّ فلزًّا قلويًّا في المجموعة الأولى (IA)؟

7. استخدم الجدول الدوري لتحدّد الفلزّ القلوي الأرضي الذي ينتمي إلى الدورة الخامسة.

8. لماذا تتشابه عناصر المجموعة الواحدة في خواصّها؟

9. ما الاسم الذي يُطلَق على عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)؟

10. في جزء من الجدول الدوري المقابل هناك أحرف تمثّل عناصر من الجدول الدوري، اكتب اسم ورمز وتوزيع بور الإلكتروني ورقم المجموعة والدورة لكل عنصر ممثّل بكل حرف.



تدرُّج الخواص الدورية للعناصر
Periodic Trends in Properties of Elements

يتمثّل أحد أهمّ الأهداف في العلوم بفهم القوانين الأساسية للطبيعة. صحيح أنّ هذه القوانين ليست مدوّنة بكلمات، لكن يمكن ملاحظتها من خلال أنماط تظهرها الطبيعة المحيطة بنا. وينجم استيعابنا لعلوم الكيمياء في معظمه من استيعابنا وملاحظتنا للأنماط المُستنبطة من سلوك العناصر.

يُعدّ أهمّ وأوّل هذه الأنماط التي ينبغي ملاحظتها كيفية ترابُط الفلزّات مع الأكسجين. فلنأخذ عناصر المجموعات الرئيسة الثلاث الأولى من الجدول الدوري كمثال، لنجد أنّها تشكّل معظم المادة المحيطة بنا. يبيّن (الشكل 2-13) مُركّبات عناصر المجموعات الأولى والثانية والثالثة عشرة مع الأكسجين. هل تستطيع ملاحظة نمط تدرُّجي في كيفية ترابُط هذه العناصر مع الأكسجين؟ ما الذي يدلّك عليه هذا النمط؟

1	2		13	
Li_2O	BeO		B_2O_3	
Na_2O	MgO		Al_2O_3	
K_2O	CaO		Ga_2O_3	

الشكل 2-13 أكاسيد فلزّات المجموعات الأولى والثانية والثالثة عشرة.

تميل العناصر الواقعة إلى يسار الجدول الدوري إلى فقدان إلكترون أو أكثر من مستوى طاقتها الخارجي؛ لتكوّن أيونات موجبة الشحنة. بينما تميل العناصر الواقعة إلى يمين الجدول الدوري (باستثناء الغازات النبيلة) إلى كسب إلكترون أو أكثر لتكوّن أيونات سالبة الشحنة. وبما أنّ ما يمتلكه عنصر الأكسجين في مستوى طاقته الخارجي من إلكترونات أقلّ بإلكترونَين ممّا يمتلكه أقرب غازنبيل، فإنّه يميل إلى كسب إلكترونَين اثنَين ليحقّق قاعدة الثمانية، ويكوّن أيون الأكسيد ذا الشحنة (-2). أمّا عنصر الليثيوم فإنّ ما يمتلكه من إلكترونات في مستوى طاقته الخارجي أكثر بإلكترون واحد ممّا يمتلكه أقرب غازنبيل، لذلك يميل إلى فقدان هذا الإلكترون، ليكوّن أيون الليثيوم ذا الشحنة (+1). وعند ترابُط عنصر الليثيوم مع الأكسجين لتكوين مُركّب متعادل الشحنة، تتّحد ذرّتان من الليثيوم مع ذرّة واحدة من الأكسجين، لتكوين المُركّب ذي الصيغة: Li_2O.

مثلما يحدث تدرُّج في كيفية ترابط العناصر مع الأكسجين، يحدث تدرُّج في الخواص الفيزيائية للعناصر مثل: نصف القطر الذرّي ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربائي عبر دورات وخلال مجموعات الجدول الدوري.

مخرجات التّعلُّم

C1002.5 يصف التدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركّباتها البسيطة ضمن المجموعات (الأولى) I (والثانية) II و(السابعة عشرة) VII والثامنة عشرة (الصفرية) VIII، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي. يجب أن تتضمّن الخصائص الفيزيائية نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي.

المفردات

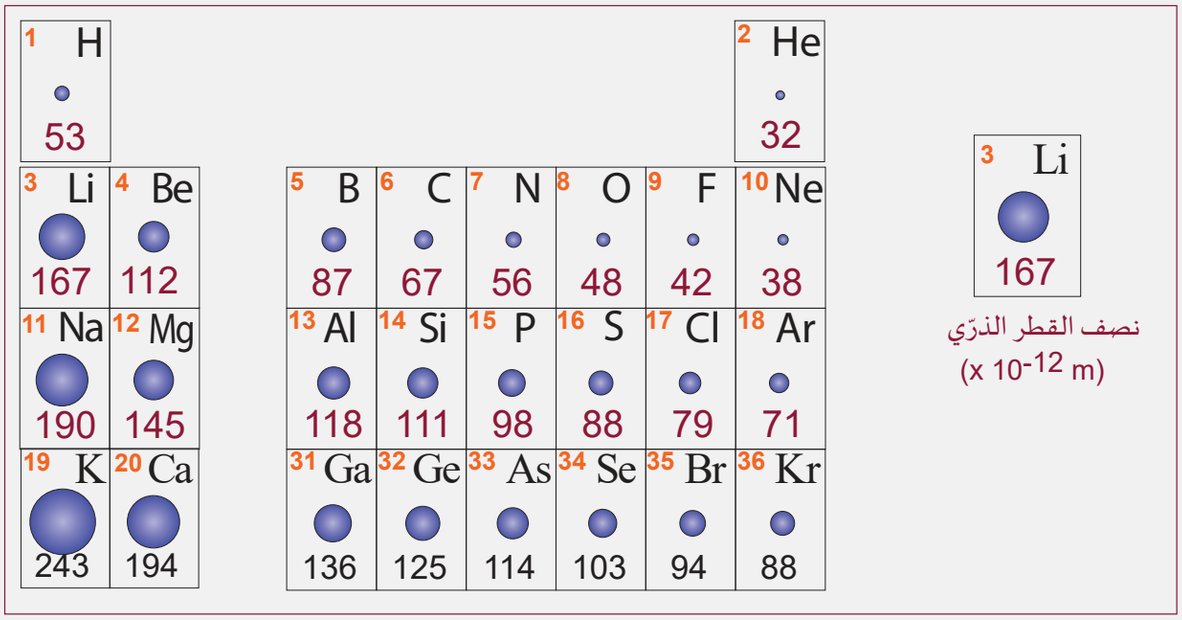
Atomic radius	نصف القطر الذرّي
Ionic radius	نصف القطر الأيوني
Melting point	درجة الانصهار
Electrical Conductivity	التوصيل الكهربائي

الخصائص الدورية لذرات العناصر في الجدول الدوري

ماذا يعني مصطلح الدورية؟

أيٌّ من خصائص الذرّات يتغيّر بشكل دوري؟

من المعروف أنّ خصائص ذرّات العناصر في الجدول الدوري تتغيَّر خلال الدورة الواحدة، حيث يحدث تدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لذرّات العناصر بالاتّجاه من اليسار لليمين في كل دورة. وإحدى هذه الخصائص هي حجم الذرّة الذي يتمثّل بنصف القطر الذرّي، وهو صغير جدًّا؛ لذلك يُستخدم البيكومتر (pm) كوحدة قياس له ويساوي 1×10^{-22}m. ويبيّن (الشكل 2-14) حجوم ذرّات عناصر المجموعات الرئيسة في الدورات الأربعة الأولى في الجدول الدوري.



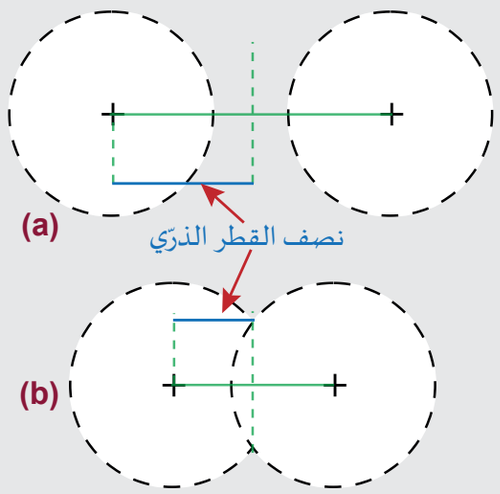
الشكل 2-14 حجوم ذرّات العناصر في المجموعات الرئيسة في الدورات الأربعة الأولى في الجدول الدوري.

بالاستعانة بـ (الشكل2-14) أجب عن الأسئلة الآتية:

1. كيف يتغيّر حجم ذرّات العناصر مع ازدياد العدد الذرّي عبر الدورة والمجموعة في الجدول الدوري؟
2. أيّهما أكبر حجمًا: ذرّة البوتاسيوم K أم ذرّة السيلينيوم Se؟
3. أيّهما أقلّ حجمًا: ذرّة النيتروجين N أم ذرّة الزرنيخ As؟
4. رتّب العناصر الآتية: (Aℓ, B, Ga) ترتيبًا تصاعُديًّا من الأصغر حجمًا إلى الأكبر حجمًا.
5. رتّب العناصر الآتية: (Si, Mg,Cℓ) ترتيبًا تنازُليًّا من الأكبر حجمًا إلى الأصغر حجمًا.

نصف القطر الذرّي

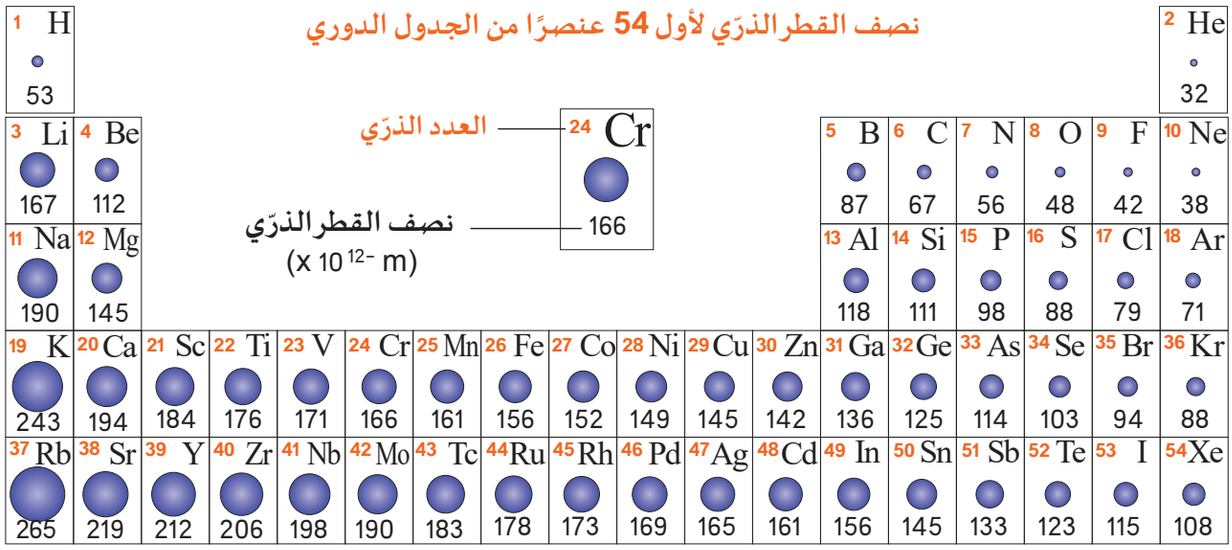
يشير نصف قطر الذرة إلى حجمها الذي يلعب دوراً مهمًا في تحديد الكثير من الخصائص الكيميائية أو الفيزيائية للذرة؛ حيث تميل الذرّات المرتبطة إلى أن تكون متقاربة أكثر من الذرّات غير المرتبطة. ويعود ذلك إلى تنافُر الإلكترونات الخارجية للذرّات غير المرتبطة، أمّا الإلكترونات الخارجية للذرّات المرتبطة فتميل إلى التداخُل. ويعرّف **نصف القطر الذرّي Atomic radius** للذرّة بأنه نصف المسافة الممتدّة بين مركزيّ نواتَيْ ذرّتَين متماثلتَين مرتبطتَين كيميائيًّا. يوضّح (الشكل 2-15) تغيُّر هذه المسافة إذا كانت الذرّة مرتبطة بذرّة متماثلة أو غير مرتبطة.



الشكل 2-15 (a) نصف القطر الذرّي لذرّتَين غير مرتبطتَين (منفردتَيْن) و (b) نصف القطر الذرّي لذرّتَين مرتبطتَين.

يتأثر نصف قطر الذرة بعاملين اثنين هما:

شحنة النواة، ويعبر عنها بعدد البروتونات أو العدد الذري، وعدد مستويات الطاقة التي تشغلها الإلكترونات في الذرة، ويوضّح (الشكل 2-16) أن نصف القطر الذرّي يتناقص عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة، بسبب زيادة شحنة النواة (العدد الذرّي)، مع بقاء عدد مستويات الطاقة الرئيسة ثابتًا مما يزيد من قوة جذب النواة لإلكترونات المستوى الأخير فيقل بذلك نصف قطر الذرة وحجمها.



الشكل 2-16 نصف القطر والحجم الذرّي لعناصر الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري.

أما في المجموعة، فيزداد نصف القطر الذرّي عند الاتّجاه من الأعلى إلى أسفل المجموعة الواحدة في الجدول الدوري. بسبب زيادة عدد مستويات الطاقة الممتلئة بالإلكترونات وزيادة بعد مستوى الطاقة الأخير عن النواة، وبالتالي نقص قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية.

يبيّن (الجدول 2-5) مثالًا على تدرُّج نصف القطر الذرّي لعناصر المجموعة الأولى.

الفلزّ القلوي (الرمز)	الشحنة النووية	عدد مستويات الطاقة	توزيع بور الإلكتروني	نصف القطر الذرّي* ($\times 10^{-22}$ m)
الليثيوم (Li)	+3	2	2,1	167
الصوديوم (Na)	+11	3	2,8,1	190
البوتاسيوم (K)	+19	4	2,8,8,1	243
الروبيديوم (Rb)	+37	5	2,8,18,8,1	267
السيزيوم (Cs)	+55	6	2,8,18,18,8,1	298

الجدول 2-5 شحنة النواة، وتوزيع بور الإلكتروني، وأنصاف الأقطار الذرّية لفلزّات المجموعة الأولى القلوية.

لاحظ أنّ مستوى الطاقة الخارجي لجميع هذه الذرات يحتوي إلكتروناً واحداً، وباقي الإلكترونات توزعت على المستويات الداخلية، حيث تعمل هذه الإلكترونات على حجب جذب النواة لإلكترونات المستوى الخارجي مما يقلل من قوة جذبها لإلكترونات المستوى الخارجي وكلما زاد عدد المستويات الداخلية الحاجبة يقل جذب النواة لإلكترونات المستوى الخارجي، فمثلاً لليثيوم مستوى طاقة داخلي واحد (المستوى الأول)، بينما في الصوديوم هناك مستويين داخليين (الأول و الثاني) فيكون المستوى الخارجي في الليثيوم أكثر تأثرًا بجذب النواة من المستوى الخارجي للصوديوم، ويكون له نصف قطر أقل وحجم ذري أصغر.

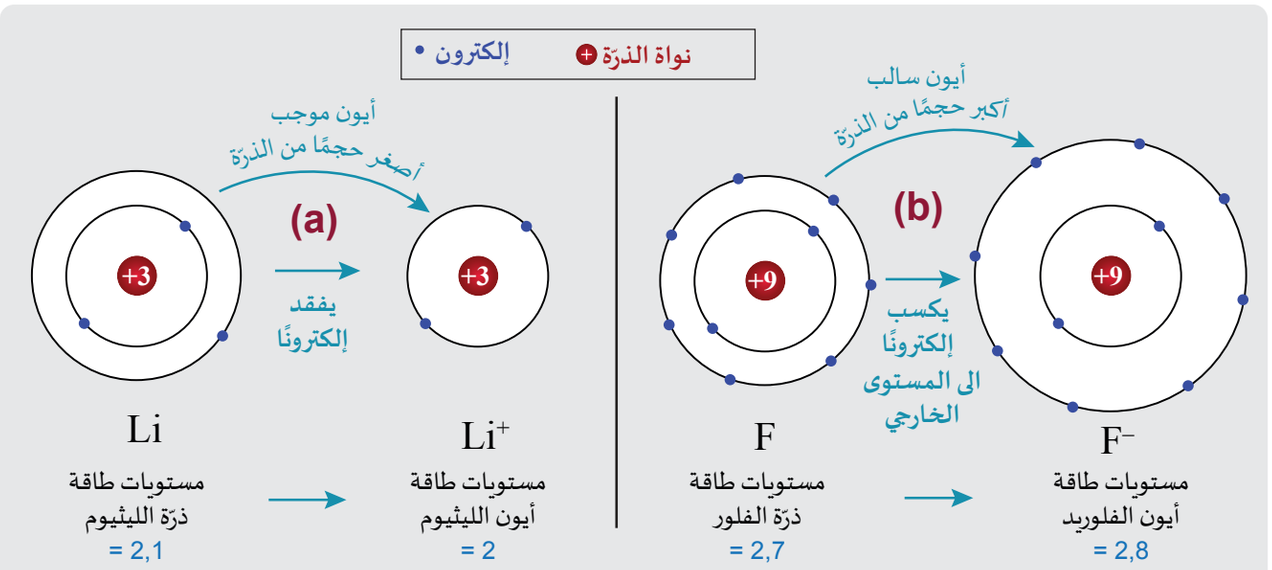
- يقلّ نصف القطر الذرّي عبر الدورة الواحدة عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري.
- يزداد نصف القطر الذرّي عند الانتقال من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة الواحدة في الجدول الدوري.

نصف القطر الأيوني

تميل الفلزّات إلى فقد الإلكترونات عند تكوين أيونات موجبة، مثل: Fe^{3+}، Mg^{2+}، Na^{+}، وتميل اللافلزّات إلى اكتساب الإلكترونات عند تكوين الأيونات السالبة، مثل: N^{3-}، O^{2-} ، $C\ell^{-}$.

يُعرّف **نصف القطر الأيوني Ionic radius** للذرّة بأنّه نصف قطر الذرّة بعد أن تكون قد فقدت أو اكتسبت إلكترونات لتصبح أيونًا.

عندما تتكوّن الأيونات الموجبة، يتمّ في الغالب فقد إلكترون أو أكثر من الإلكترونات الخارجية. من شأن ذلك أن يقلّل التنافر بين الإلكترونات ويسمح للشحنة الموجبة في النواة بجذب الإلكترونات المتبقية بقوة أكبر. و نتيجة لذلك، تكون الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من الذرة المتعادلة، مثل: أيون الليثيوم، كما هو مبيّن في (الشكل 2-17a).



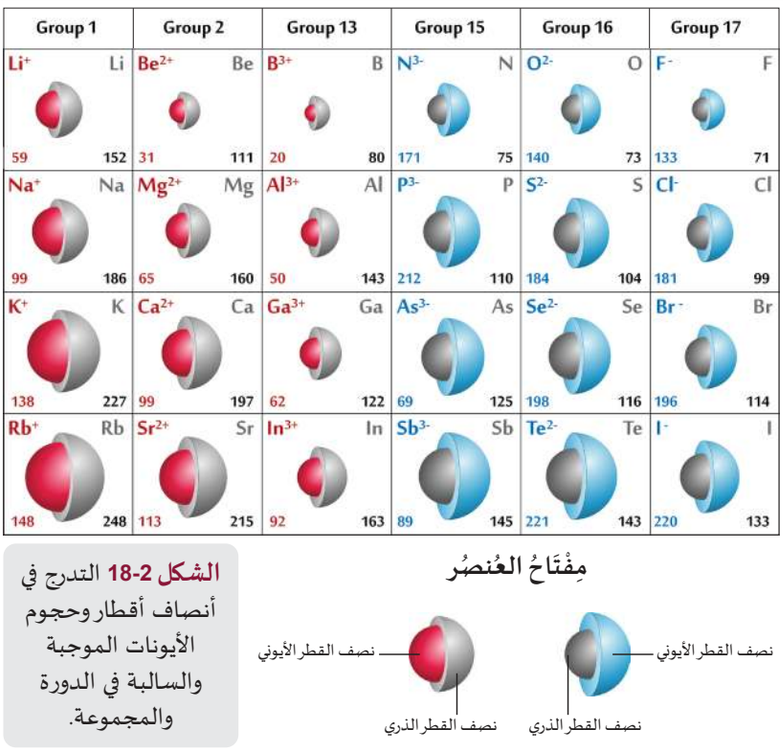
الشكل 2-17 التغيّر في نصف القطر الذرّي: (a) عندما تتكوّن الأيونات الموجبة و (b) عندما تتكوّن الأيونات السالبة.

وعندما تتكوّن الأيونات السالبة، تضاف الإلكترونات إلى مستوى الطاقة الخارجي، وهذا يؤدّي إلى زيادة التنافُر الكلّي بين الإلكترونات؛ مما يدفع الإلكترونات بعيدًا عن النواة، فيصبح نصف قطر الأيون أكبر. ونتيجة لذلك تكون الأيونات السالبة أكبر حجمًا من الذرّة المقابلة المتعادلة. كما في أيون الفلوريد (F^-) لاحظ (الشكل 2-17b).

ولكن كيف تتغير حجوم الأيونات عبر الدورة والمجموعة؟

الأيونات الموجبة لها أنصاف أقطار أصغر والأيونات السالبة لها أنصاف أقطار أكبر من ذرّاتها المتعادلة.

عند مقارنة أنصاف أقطار الأيونات وحجومها عبر الدورة والمجموعة نجد أنها تتأثر بشحنة النواة، وعدد مستويات الطاقة فيها كما في الذرات المتعادلة، فعند الانتقال من اليسار إلى اليمين في الدورة الواحدة تزداد شحنة النواة ويزداد جذبها لإلكترونات المستوى الخارجي؛ فيقل حجم الأيون، أما في المجموعة فعند الاتجاه من الأعلى إلى الأسفل يزداد عدد مستويات الطاقة في الأيون ويزداد بعدها عن النواة ويقل جذب النواة لإلكترونات المستوى الخارجي فيزداد حجم الأيون. ويبين (الشكل 2-18) التدرج في حجوم الأيونات الموجبة والسالبة في الدورة والمجموعة.



الشكل 2-18 التدرج في أنصاف أقطار وحجوم الأيونات الموجبة والسالبة في الدورة والمجموعة.

كلما زادت شحنة الأيون السالب زاد حجمه، وكلما زادت شحنة الأيون الموجب قل حجمه.

درجة الانصهار

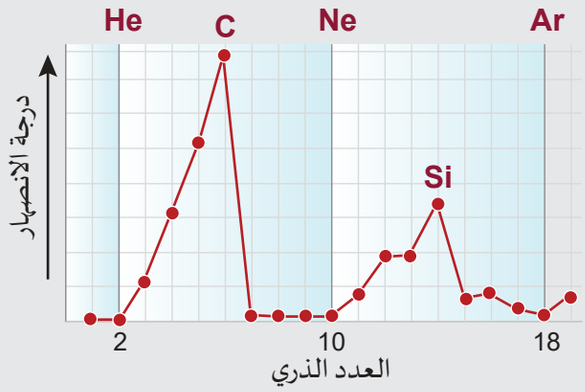
درجة الانصهار Melting point هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند ضغط ثابت، تعتمد درجة الانصهار لأيّة مادة على قوة التجاذب الموجودة بين الذرّات أو الجُزيئات الثنائيّة الذرّة للعنصر نفسه، فكلما زادت قوة التجاذب زادت درجة الانصهار.

وبشكل عام فإنّ للفلزات درجة انصهار مرتفعة؛ بسبب قوة الرابطة الفلزية بين ذرات الفلز نفسه، في حين أن للافلزات درجة انصهار منخفضة نسبياً؛ بسبب ضعف قوة الترابط بين جزيئاتها في الحالة الصلبة. أما الغازات النبيلة فهي ذات درجة انصهار منخفضة جداً؛ بسبب عدم وجود ترابط بين ذراتها فهي توجد عند درجات الحرارة العادية في الحالة الغازية. ويبين (الجدول 2-6) مقارنة درجة انصهار بعض الفلزات واللافلزات (الهالوجينات) وبعض الغازات النبيلة.

العنصر	التصنيف	درجة الانصهار (°C)
الليثيوم	الفلزات القلوية	180
الصوديوم	الفلزات القلوية	93
البريليوم	الفلزات القلوية الأرضية	1287
المغنيسيوم	الفلزات القلوية الأرضية	650
الفلور	الهالوجينات	-220
الكلور	الهالوجينات	-201
البروم	الهالوجينات	-7
الهيليوم	الغازات النبيلة	-272
النيون	الغازات النبيلة	-248

الجدول 2-6 مقارنة درجة انصهار بعض الفلزات واللافلزات (الهالوجينات) وبعض الغازات النبيلة

يبيّن (الشكل 2-19) درجات الانصهار للعناصر ذات العدد الذرّي من (1) إلى (18)؛ إذ يمكنك ملاحظة دورية واضحة في درجات انصهارها. حيث يلاحظ ارتفاع تدريجي في درجة انصهار الفلزات في الدورة الواحدة بالاتجاه من اليسار إلى اليمين وصولاً إلى منتصف الدورة، حيث توجد أشباه الفلزات، ثم تنخفض بشكل كبير عند الوصول إلى اللافلزات وتتناقص تدريجياً وصولاً إلى الغازات النبيلة التي لها أقل درجة انصهار في كل دورة.



الشكل 2-19 درجات الانصهار للعناصر ذات العدد الذرّي من (1) إلى (18).

وبالنظر الى العناصر الممثلة في الدورة الواحدة للجدول الدوري، فإنها تبدأ بعناصر الفلزات، حيث تزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة عدد إلكترونات التكافؤ لهذه الفلزات مما يؤدي إلى زيادة درجة انصهارها بالانتقال من اليسار إلى اليمين للمجموعات الأولى والثانية والثالثة.

وفي منتصف الدورتين الثانية والثالثة نجد أن الكربون والسيليكون لهما درجات انصهار مرتفعة جدًا؛ بسبب قدرة كل منهما على تكوين تراكيب تساهمية ضخمة مثل الألماس، الذي تكون كل ذرّة كربون فيه مرتبطة بأربع ذرّات أخرى معًا بروابط تساهمية.

معلومة إثرائية

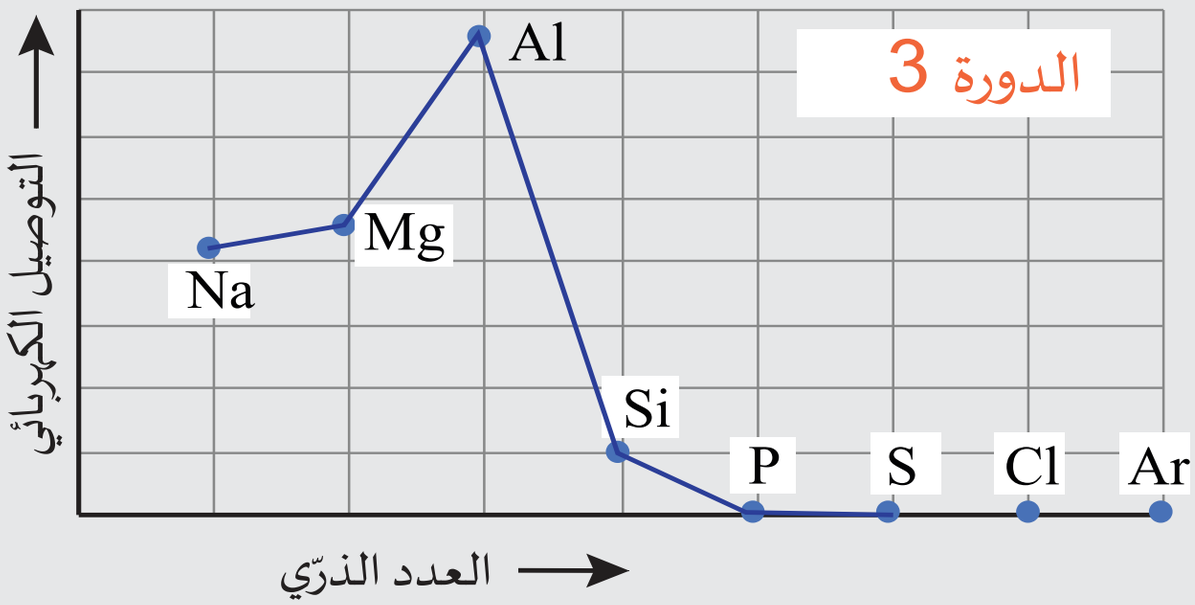
أما في المجموعة فنجد أن درجة انصهار الفلزّات لا تتّبع نمطًا واحدًا عند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها، إذ تنخفض درجة الانصهار لعناصر المجموعتَين الأولى والثانية عند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

تميل درجة انصهار عناصر المجموعات التي تقع بالقرب من منتصف الجدول الدوري إلى الارتفاع، مثل عناصر المجموعة السادسة (Cr، Mo، وW)، وعناصر المجموعة الثامنة (Fe، Ru، وOs)، لكن عند الاقتراب بشكل أكبر من عناصر مجموعات اللافلزّات، سوف تميل درجة الانصهار إلى الانخفاض مرّة أخرى، كما هو حال عناصر المجموعة الثانية عشرة (Zn، وCd، وHg).

أيٌّ من الفلزّات القلوية سوف ينصهر إذا وُضع في حمّام ماء مغلي عند درجة حرارة مقدارها 100°C؟ وضّح إجابتك.

التوصيل الكهربائي

يقيس **التوصيل الكهربائي Electrical conductivity** قابلية المادة لتدفُّق الإلكترونات من نقطة إلى أخرى أو قابلية العنصر لتدفُّق التيار الكهربائي (تدفُّق الإلكترونات) من خلاله. ويبيّن (الشكل 2-20) التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة؛ حيث يزداد التوصيل الكهربائي بزيادة عدد الإلكترونات الحرّة في العناصر الفلزّية.



الشكل 2-20 التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة

وبالتالي نجد أن لعنصر الألومنيوم توصيل كهربائي أعلى من عنصرَي المغنيسيوم والصوديوم؛ حيث يحتوي الألومنيوم على ثلاثة إلكترونات حرّة، بينما يحتوي المغنيسيوم على إلكترونَين حُرَّين ويحتوي الصوديوم على إلكترون حُرّ واحد.

أما عنصر السيليكون فهو من أشباه الفلزّات؛ لذلك يكون توصيله للكهرباء أقلّ من الفلزّات. لكنّه أكبر بآلاف المرّات من اللافلزّات؛ ولذلك يستخدم في صناعة الدوائر الكهربائية في الأجهزة الكهربائية الحديثة حيث يمكن التحكم بقدرته على التوصيل الكهربائي.

و بشكل عام تعتبر اللافلزات رديئة التوصيل الكهربائي، أما عنصر الكربون الذي يكون في هيئة جرافيت فهو يوصّل التيار الكهربائي لوجود إلكترونات حرة في تركيبه. أما الكربون في هيئة ألماس فلا يوصل التيار الكهربائي لعدم وجود إلكترونات حرّة في تركيبه.

تقويم الدرس 2-2

أسئلة اختيار من متعدّد (1-5)

1. أيٌّ من الجمل الآتية تصف مفهوم نصف القطر الذرّي بالشكل الأفضل؟

   a. نصف قطر النواة الموجودة في مركز أيّة ذرّة من الذرّات.

   b. متوسّط المسافة الفاصلة بين الإلكترونات في أيّة ذرّة من الذرّات.

   c. أقصى قيمة لنصف قطر الإلكترون الخارجي الموجود في أيّة ذرّة من الذرّات.

   d. نصف المسافة الموجودة بين الأنوية عندما تكون هناك ذرّتان متقاربتان.

2. أيٌّ من الجمل الآتية صحيحة عن تدرُّج نصف القطر الذرّي لعناصر الجدول الدوري؟

   a. يزداد دائمًا بازدياد العدد الذرّي.

   b. يقلّ دائمًا بازدياد العدد الذرّي.

   c. يزداد عبر الدورة الواحدة، ويقلّ عبر المجموعة بازدياد العدد الذرّي.

   d. يقلّ عبر الدورة الواحدة، ويزداد عبر المجموعة بازدياد العدد الذرّي.

3. أيٌّ من الجمل الآتية تصف العلاقة بين نصف القطر الذرّي ونصف القطر الأيوني بشكل صحيح؟

   a. يكون نصف القطر الأيوني دائمًا أكبر من نصف القطر الذرّي.

   b. يكون نصف القطر الأيوني دائمًا أصغر من نصف القطر الذرّي.

   c. تمتلك الأيونات الموجبة نصف قطر أيوني أصغر، بينما تمتلك الأيونات السالبة نصف قطر أيوني أكبر مقارنة بالذرّات المتعادلة.

   d. تمتلك الأيونات الموجبة نصف قطر أيوني أكبر، بينما تمتلك الأيونات السالبة نصف قطر أيوني أصغر مقارنة بالذرّات المتعادلة.

تقويم الدرس 2-2

4. ما العنصر الذي لديه أعلى درجة انصهار؟

a. Si

b. Aℓ

c. Cℓ

d. Na

5. أيٌّ من الجمل الآتية صحيحة عند تكوّن الأيونات الموجبة من الذرّات المقابلة؟

a. تفقد الذرّة الإلكترونات ويزداد نصف قطرها.

b. تكتسب الذرّة الإلكترونات ويزداد نصف قطرها.

c. تكتسب الذرّة الإلكترونات ويقلّ نصف قطرها.

d. تفقد الذرّة الإلكترونات ويقلّ نصف قطرها.

6. فسر سبب زيادة قدرة فلزات الدورة الثالثة على التوصيل الكهربائي بالاتجاه من اليسار الى اليمين.

.....

النشـاط الكيميـائي للعناصـر
Reactivity of the Elements

يضاف فلوريد الصوديوم (NaF)، الموضّح في (الشكل 2-21a) إلى إمدادات مياه الشرب؛ للمساهمة في تقليل تسوُّس الأسنان، وتُشكّل المادة الكيميائية فلوريد الكالسيوم (CaF_2) بلّورات ثمانية الأوجه تُسمّى "الفلوريت" (الشكل 2-21b)، ويُستخدَم فلوريد الكالسيوم في صناعة بعض العدسات اللاصقة، وفي عملية تكرير المعادن.

يتفاعل الصوديوم مع الفلور بنسبة 1:1، ولكنّ الكالسيوم يتفاعل مع الفلور بنسبة 2:1.

يُعدّ الصوديوم فلزًّا قلويًّا، وينتمي الفلور إلى الهالوجينات. هل تتشكّل مُركّبات أخرى من الفلزّات القلوية والهالوجينات بنسبة 1:1؟

أمّا الكالسيوم فهو فلزّ قلوي أرضي. هل تتشكّل مُركّبات أخرى من الفلزّات القلوية الأرضية والهالوجينات بنسبة 2:1؟ هل يمكن استخدام موقع العنصر في الجدول الدوري للتنبّؤ بالصيغة الكيميائية لمُركّباته؟





الشكل 2-21 (a) يمكن إضافة فلوريد الصوديوم، NaF، إلى إمدادات مياه الشرب لتقليل تسوّس الأسنان. ويشكّل فلوريد الكالسيوم CaF_2 (b)، بلّورات ثمانية الأوجه من الفلوريت.

مخرجات التّعلُّم

C1002.5 يصف التدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركّباتها البسيطة ضمن المجموعات (الأولى) I (والثانية) II (والسابعة) VII والثامنة (الصفرية) VIII، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي. يجب أن تتضمّن الخصائص الفيزيائية نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي.

C1002.6 يتوقّع التفاعُلات الممكنة والنشاط الكيميائي المحتمل للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوري.

المفردات

النشاط الكيميائي	Chemical reactivity

النشاط الكيميائي للفلزّات القلوية

سنلقي في هذا الدرس نظرة على بعض التفاعُلات البسيطة التي تتضمّن الفلزّات القلوية في المجموعة الأولى (IA)، فضلًا عن بعض التفاعُلات التي تتضمّن مجموعات أخرى من العناصر، وتذكّر أن الفلزّات القلوية هي المجموعة الأكثر نشاطًا كيميائيًا؛ فهي شديدة التفاعُل إلى درجة يتفاعل بعضها بعنف مع الماء لإنتاج محلول مائي من هيدروكسيد الفلزّ، $MOH_{(aq)}$، وغاز الهيدروجين $H_{2\,(g)}$ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

يمكن لغاز الهيدروجين الناتج أن يشتعل ويحترق بلون أزرق باهت، ولكن هذا اللون غيرواضح في الضوء العادي كما أنّه يُصدِر صوت فرقعة.

عرض عملي :

لمّا كانت الفلزّات القلوية عناصر ليّنة ومنخفضة الكثافة (الشكل 2-22)، فإنّ بالإمكان استخدام مشرط لقطعها بسهولة، وكذلك، يجب تخزينها مغمورة في زيت البارافين أو في مذيب هيدروكربوني آخر لمنع تعرّضها للأكسجين وبخار الماء الجوي، وسيعرض معلّمك تفاعُل هذه الفلزّات مع الماء عن طريق وضع قطع صغيرة منها في دورق من الماء في خزانة الغازات؛ لذا سجّل ملاحظاتك لتتمكّن من الإجابة عن الأسئلة الآتية لكل فلزّ:

1. هل هناك دليل على تكوّن غاز؟
2. هل يحترق هذا الغاز ويشتعل؟ إذا كان كذلك، فما لون اللهب؟
3. هل سمعت صوت فرقعة بسيطًا خلال محاولة إشعال الغاز الناتج عن أحد هذه التفاعُلات؟ استنتج اسم هذا الغاز الناتج.
4. بناء على ملاحظاتك، رتّب النشاط الكيميائي لهذه الفلزّات من الأقلّ نشاطاً إلى الأكثر نشاطاً.
5. هل تستطيع وصف تدرُّج نشاط الفلزّات القلوية عبر المجموعة؟



الشكل 2-22 (a) الليثيوم (b) الصوديوم (c) البوتاسيوم.

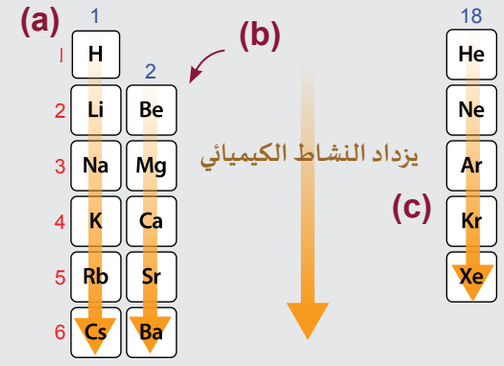
- الفلزّات القلوية الثلاثة الأثقل هي الروبيديوم (Rb) والسيزيوم (Cs) والفرانسيوم (Fr). يمكن الحصول على عيّنات مخبريّة من الروبيديوم والسيزيوم، ولكن لا يمكن الحصول على عيّنات مخبرية من الفرانسيوم. ابحث عن بعض أسباب ذلك.

تدرُّج النشاط الكيميائي للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوري

يكون **النشاط الكيميائي** Chemical reactivity لبعض العناصر شديدًا للغاية إلى درجة تفاعُلها بعنف عند تعرّضها للهواء أو الماء (الشكل 2-23)، وهناك عناصر أخرى شبه خاملة؛ فالهيليوم (He) مثلًا لا يكوّن أيّ مُركّبات مستقرّة تحت الضغط الطبيعي. وهناك مجموعات قليلة في الجدول الدوري (الشكل 2-24) تظهر أنماط نشاط كيميائي واضحة الاتّجاهات؛ حيث يزداد النشاط الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة، وهي:



الشكل 2-23 يتفاعل فلزّ السيزيوم بعنف مع الماء.



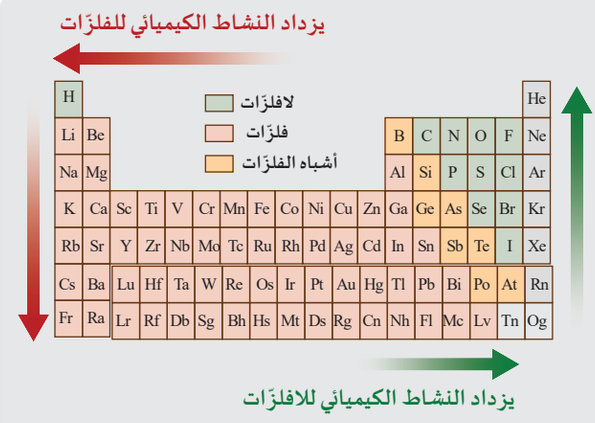
الشكل 2-24 يزداد النشاط الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل مجموعة الفلزّات القلوية (a)، والفلزّات القلوية الأرضية (b) والغازات النبيلة (c).

1. الفلزّات القلوية في المجموعة الأولى (IA) باستثناء الهيدروجين فهو ليس فلزًّا قلويًّا، وهذه المجموعة تمثّل العناصر الأكثر نشاطًا كيميائيًا.
2. الفلزّات القلوية الأرضية في المجموعة الثانية (IIA) هي ثاني أكثر الفلزّات من حيث النشاط الكيميائي.
3. الغازات النبيلة في المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA) وعلى الرغم من كون الغازات النبيلة غير نشطة كيميائيًّا بشكل عام، إلا أنّ بإمكان بعضها تشكيل عدد قليل من المُركّبات.

في الدورة الواحدة، يكون الفلزّ القلوي أكثر نشاطًا كيميائيًّا من الفلزّ القلوي الأرضي.

يتدرج نشاط العناصر في الدورة الواحدة بالاتجاه من اليسار إلى اليمين حيث يقل النشاط الكيميائي للفلزات، ويزداد النشاط اللافلزي للافلزات (الشكل 2-25).

أما في المجموعات بالاتجاه من الأعلى إلى الأسفل يزداد النشاط الكيميائي للفلزات ويقل النشاط الكيميائي للافلزات (ما عدا الغازات النبيلة).



الشكل 2-25 النمط العام في النشاط الكيميائي مختلف ما بين الفلزّات واللافلزات.

مثال 2

- أيُّ عنصر من العناصر الآتية يُعد الأكثر نشاطًا كيميائيًّا: اليود (I_2)، الفلور (F_2) ، الكلور(Cl_2)؟

الحلّ:

- هذه العناصر جميعها تنتمي إلى المجموعة السابعة عشرة (VIIA)، وهي من اللافلزات حيث يقل نشاطها الكيميائي بالاتجاه نحو الأسفل فيكون أكثرها نشاطاً هو الفلور(F_2) .

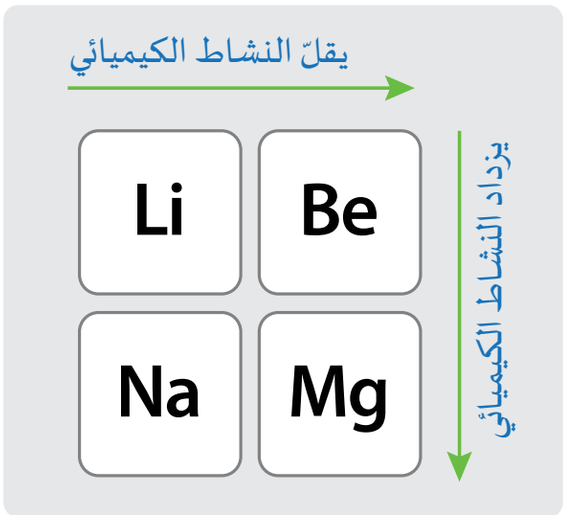
مثال 3

أيُّ عنصر من العناصر الآتية يُعد الأكثر نشاطًا كيميائيًّا:

الليثيوم (Li) أم البريليوم (Be) أم الصوديوم (Na) أم المغنيسيوم (Mg)؟

الحلّ:

- لاحظ أن هذه العناصر الأربعة هي فلزّات قلوية أو فلزّات قلوية أرضية.
- يزداد النشاط الكيميائي لهذه العناصر عند الاتّجاه أسفل المجموعة، ويقلّ عند الاتّجاه عبر الدورة كلما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين.



- لذلك يُعدّ الصوديوم (Na) هو الأكثر نشاطًا كيميائيًّا بين هذه الخيارات.

نشاط a3-2 النشاط الكيميائي للفلزّات

سؤال الاستقصاء	هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للفلزّات من خلال التجربة العملية؟
الموادّ المطلوبة	كمّيات موزونة بقيمة 1g من الفلزّات الآتية: Cu، Na، Mg، Ni، Aℓ، Zn، إضافة إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 0.1 M، و(6) أنابيب اختبار 150 mm × 20 mm، وحامل أنابيب اختبار، وساعة توقيت، ونظارات واقية.

مقدمة:

تتفاعل الفلزّات النشطة (M) مع حمض الهيدروكلوريك $HC\ell_{(aq)}$؛ لإنتاج محلول كلوريد الفلزّ $MC\ell_{x(aq)}$، وغاز الهيدروجين $H_{2(g)}$ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$M_{(s)} + yHC\ell_{(aq)} \rightarrow MC\ell_{x(aq)} + H_{2(g)}$$

خطوات العمل:

1. املأ 6 أنابيب اختبار بـ 5 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 0.1 M.
2. قم، في الوقت نفسه، بإضافة كمية 1 g التي تمّ قياسها مسبقًا من كل فلزّ إلى أنابيب الاختبار، وابدأ على الفور بتشغيل ساعة التوقيت.
3. راقب التفاعُلات بعناية، فسيكون بعضها سريعًا جدًا، وقد يحتاج تفاعُل بعضها الآخر إلى 10 دقائق وبعضها لن يتفاعل، وستُنتج بعض التفاعُلات تغييرًا في لون المحلول.
4. سجّل ترتيب نشاط تفاعُل الفلزّ في جدول البيانات (الجدول 2-7) من الأكثر نشاطاً إلى الأقل نشاطاً.
5. إذا لم يُلاحظ أيُّ تفاعُل بعد 10 دقائق، فسجّل NR (لا يوجد تفاعُل) في جدول البيانات.

العنصر (M)	ترتيب العناصر من حيث نشاطها الكيميائي: الأكثر نشاطاً = 1 التالي في النشاط = 2 ... وهكذا. سجّل NR للدلالة على عدم حدوث تفاعُل.
نحاس (Cu)	
صوديوم (Na)	
مغنيسيوم (Mg)	
نيكل (Ni)	
ألومنيوم (Al)	
خارصين (Zn)	

الجدول 2-7 جدول البيانات

الأسئلة:

a. ما الفلزّ الأكثر نشاطاً كيميائياً؟ وما الفلزّ الأقلّ نشاطاً كيميائياً؟
b. إلى أيّة مجموعات في الجدول الدوري تنتمي هذه الفلزّات؟
c. هل كان بإمكانك توقّع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًا والأقلّ نشاطًا كيميائيًا قبل بدء التجربة؟ قدّم تفسيرًا لإجابتك.

تفاعلات الفلزات

تتفاعل معظم الفلزات مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الفلز ويتصاعد غاز الهيدروجين، كما تتفاعل مع الأكسجين لإنتاج أكسيد الفلز، وفيما يلي بعض تفاعلات الفلزات مع الماء ومع الأكسجين.

التفاعُل مع الماء:

تتفاعل الفلزّات القلوية (M) مع الماء لإنتاج محلول مائي من هيدروكسيد الفلزّ $MOH_{(aq)}$، وغاز الهيدروجين $H_{2(g)}$ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

وعلى سبيل المثال، يتفاعل الصوديوم مع الماء وينتج محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ويتصاعد غاز الهيدروجين كما في المعادلة الآتية:

$$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

وكذلك الفلزّات القلوية الأرضية (M) تتفاعل مع الماء بدرجات متفاوتة، مثلها مثل الفلزّات القلوية؛ لإنتاج هيدروكسيد الفلزّ $M(OH)_{2(aq)}$، وغاز الهيدروجين $(H_{2(g)})$، بحسب المعادلة الكيميائية العامّة الآتية:

$$M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow M(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

وعلى سبيل المثال، يتفاعل الكالسيوم مع الماء وينتج هيدروكسيد الكالسيوم وغاز الهيدروجين كما في المعادلة الآتية:

$$Ca_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

التفاعُل مع الأكسجين:

خلال التفاعُلات البسيطة بين الفلزّات القلوية والأكسجين يتكوَّن أكسيد الفلزّ(M_2O)، كما في المعادلة العامة الآتية:

$$4M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2M_2O_{(s)}$$

على سبيل المثال، يتفاعل الليثيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الليثيوم:

$$4\ Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Li_2O_{(s)}$$ (أكسيد الليثيوم)

كما تتفاعل الفلزّات القلوية الأرضية جميعها ماعدا البريليوم مع الأكسجين الجوّي عند درجة حرارة الغرفة؛ لتكوين أكسيد الفلزّ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2\ M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ MO_{(s)}$$

تكون الصيغة العامة لجميع أكاسيد الفلزّات القلوية الأرضية هي MO، فعلى سبيل المثال، يتفاعل الكالسيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الكالسيوم حسب المعادلة الكيميائية الآتية:

$$2\ Ca_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ CaO_{(s)}$$

مثال 4

يتفاعل عنصر المغنيسيوم مع غاز الأكسجين في الهواء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعُل وسم المركب الناتج.

الحلّ: المعادلة الكيميائية الموزونة هي: $2\ Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ MgO_{(s)}$

المُركّب الناتج هو أكسيد المغنيسيوم.

مثال5

أيٌّ من الفلزّات الآتية يشكّل أكسيدًا بالصيغة العامّة MO؟ الليثيوم (Li) البوتاسيوم (K) الكالسيوم (Ca)

الحلّ:

- الليثيوم والبوتاسيوم ينتميان إلى المجموعة الأولى (الفلزات القلوية) التي تتفاعل عناصرها مع الأكسجين لتكوين أكسيد الفلز له الصيغة العامة (M_2O)، أما الكالسيوم فهو من الفلزات القلوية الأرضية في المجموعة الثانية يتفاعل مع الأكسجين وينتج أكسيد الكالسيوم (CaO)، وهي تتطابق مع الصيغة العامة (MO).

اختبار اللهب:

عند احتراق الفلزات القلوية والقلوية الأرضية ينبعث لهب ذو لون مميّز. يبين (الجدول 2-8) ألوان اللهب المنبعثة نتيجة احتراق بعض هذه الفلزات القلوية والقلوية الأرضية، وهذا يسمى باختبار اللهب للكشف عن وجود الفلزات في المركبات الأيونية.

	العنصر	لون اللهب المُنبعث		العنصر	لون اللهب المُنبعث
الفلزّات القلوية الأرضية	بريليوم (Be)	أبيض	الفلزّات القلوية	الليثيوم (Li)	أحمر
	مغنيسيوم (Mg)	أبيض مزرقّ		الصوديوم (Na)	أصفر
	كالسيوم (Ca)	أحمر طوبي		البوتاسيوم (K)	بنفسجي فاتح
	سترونشيوم (Sr)	قرمزي		الروبيديوم (Rb)	أحمر غامق
	باريوم (Ba)	أخضر		السيزيوم (Cs)	أزرق فاتح

الجدول 2-8 ألوان الفلزات القلوية والقلوية الأرضية خلال اختبار اللهب.

كما يبين (الشكل 2-26) ألوان اللهب المنبعث من احتراق بعض فلزّات المجموعتين الأولى والثانية.



الشكل 2-26 لون اللهب المنبعث خلال اختبار اللهب لعناصر المجموعتين الاولى والثانية.

ناقش مع زميلك السبب الذي يوجب تخزين فلزّ الكالسيوم تحت غاز الأرجون بدلًا من الهواء.

النشاط الكيميائي للهالوجينات وتفاعلاتها

تتميّز عناصر مجموعة الهالوجينات بأنّها شديدة النشاط الكيميائي؛ لذلك لا توجد في الطبيعة بصورة مفردة، بل تكوّن جُزيئات ثنائية الذرّة أو مرتبطة مع عناصر أخرى؛ ففي الطبيعة توجد الهالوجينات في الكثير من المُركّبات كتلك التي تكوّن معجون تنظيف الأسنان، الفلوريت (CaF_2) والهاليت ($NaC\ell$) وفلوريد القصدير (SnF_2).

تتفاعل الفلزّات القلوية (M) مع الهالوجينات (X_2) لإنتاج هاليد الفلزّ القلوي، بحيث تكون الصيغة الكيميائية العامّة لهذه المُركّبات هي: MX . وعلى سبيل المثال، يتفاعل الصوديوم مع الكلور لإنتاج كلوريد الصوديوم كما في المعادلة الآتية:

$$2Na + C\ell_2 \rightarrow 2NaC\ell$$

وتتفاعل الفلزّات القلوية الأرضية (M) مع الهالوجينات لإنتاج هاليد الفلزّ القلوي الأرضي، بحيث تكون الصيغة الكيميائية العامة لهذه المُركّبات هي : MX_2. وعلى سبيل المثال، يتفاعل المغنيسيوم مع الكلور لإنتاج كلوريد المغنيسيوم كما في المعادلة الآتية:

$$Mg + C\ell_2 \rightarrow MgC\ell_2$$

يوضّح (الجدول 2-9) صيَغ هاليدات الصوديوم وهاليدات المغنيسيوم كأمثلة على ذلك.

الهالوجين	هاليد الصوديوم	هاليد المغنيسيوم
فلور (F_2)	NaF	MgF_2
كلور ($C\ell_2$)	$NaC\ell$	$MgC\ell_2$
بروم (Br_2)	NaBr	$MgBr_2$
يود (I_2)	NaI	MgI_2

الجدول 2-9 هاليدات الصوديوم (NaX)، وهاليدات المغنيسيوم (MgX_2) .

تكتسب الهالوجينات إلكترونًا واحدًا لتكوين أيونات شحنتها (-2) عند التفاعُل مع الفلزّات القلوية والفلزّات القلوية الأرضية.

مثال 6

اكتب الصيَغ الكيميائية للمُركّبات المُتكوّنة عندما:

a. يتفاعل الليثيوم (Li) مع الفلور (F_2).

b. يتفاعل البريليوم (Be) مع الكلور ($C\ell_2$).

الحلّ:

a. الليثيوم (Li) فلزّ قلوي، وعندما تتفاعل الفلزّات القلوية، فإنها تكوّن أيونات شحنتها (+1)، أما الفلور فهو هالوجين وعندما تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلوية فإنها تكوّن أيوّنات شحنتها (−1). و بما أنّ الصيغة الكيميائية العامّة لهذه المُركّبات هي:MX ،فإنّ الليثيوم يتحد مع الفلور لتكوين مُركّب فلوريد الليثيوم ذي الصيغة الكيميائية: LiF .

b. البريليوم (Be) فلزّ قلوي أرضي، وعندما تتفاعل الفلزّات القلوية الأرضية، فإنها تكوّن أيونات شحنتها (+2). أما الكلور فهو هالوجين. وعندما تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلوية الأرضية فإنها تكوّن أيونات شحنتها (−1). و بما أنّ الصيغة الكيميائية العامّة لهذه المُركّبات هي:MX_2 ،فإنّ البريليوم يتّحد مع الكلور لتكوين مُركّب كلوريد البريليوم ذي الصيغة الكيميائية: $BeC\ell_2$.

نشاط b3-2 النشاط الكيميائي للهالوجينات

سؤال الاستقصاء	هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للهالوجينات من خلال التجربة العملية؟
الموادّ المطلوبة	ماء الكلور (1%) ، ماء البروم (1%)، محلول اليود تركيزه 0.1 M، محلول كلوريد البوتاسيوم $KC\ell$ تركيزه 0.1 M، محلول بروميد البوتاسيوم KBr تركيزه 0.1 M، محلول يوديد البوتاسيوم KI تركيزه 0.1 M، لوح التجويفات البيضاء مع 9 تجويفات، قطارة، نظّارات واقية.

مقدمة:

في هذه التجربة، تحلّ المحاليل المائية للهالوجينات الأكثر نشاطًا كيميائيًا ($X_{2(aq)}$) محلّ أيونات الهاليدات الأقلّ نشاطًا ($Z^-_{(aq)}$) في محاليلها. يشمل هذا الاستقصاء ثلاثة أمثلة على أملاح البوتاسيوم وهي: $KC\ell$ و KBr و KI. المعادلة الكيميائية العامة في الحالات الثلاث هي كالتالي:

$$X_{2(aq)} + 2KZ_{(aq)} \rightarrow Z_{2(aq)} + 2KX_{(aq)}$$

خطوات العمل: (العمل ضمن مجموعات ثنائية)

1. باستخدام قطّارة، ضع قطرتَين من محلول الكلور في كلّ من التجويفات الثلاثة على لوحة التجويفات، وكرّر هذه الخطوة باستخدام قطّارة نظيفة لمحاليل البروم واليود.
2. أضف قطرتَين من محلول كلوريد البوتاسيوم $(KC\ell)_{(aq)}$ إلى كلّ من التجاويف الثلاثة التي تحتوي على محلول هالوجين مختلف.
3. سجّل ملاحظاتك في جدول البيانات (الجدول 2-10).
4. كرّر الخطوتَين رقم 2 و 3 باستخدام محلول بروميد البوتاسيوم $(KBr)_{(aq)}$ ويوديد البوتاسيوم $(KI)_{(aq)}$.

محلول الهالوجين	التفاعُل مع		
	$KC\ell_{(aq)}$	$KBr_{(aq)}$	$KI_{(aq)}$
$C\ell_{2(aq)}$			
$Br_{2(aq)}$			
$I_{2(aq)}$			

الجدول 2-10 جدول البيانات

الأسئلة:

a. بناءً على الملاحظات المسجّلة في جدول البيانات، رتّب الهالوجينات المعطاة حسب نشاطها الكيميائي: من الأكثر نشاطًا إلى الأقلّ نشاطًا.

b. من إجابتك عن السؤال a، حدّد اتّجاه التدرُّج في خاصّية النشاط الكيميائي للهالوجينات الثلاثة.

تقويم الدرس 2-3

أسئلة اختيار من متعدّد (1-3)

1. أيٌّ من العناصر الآتية يُعدّ الأكثر نشاطًا كيميائيًا؟

a. الهيدروجين.
c. الصوديوم.
b. الليثيوم.
d. البوتاسيوم.

2. ما الصيغة الكيميائية للمُركّب المتكوّن من تفاعُل الأكسجين والكالسيوم؟

a. CaO_2
c. Ca_2O
b. Ca_2O_3
d. CaO

3. ما الصيغة العامّة الصحيحة لهيدروكسيد فلزّ قلوي أرضي؟

a. MOH
c. $M(OH)_3$
b. $M(OH)_2$
d. $M(OH)_4$

4. اكتب الصيغة الكيميائية للمُركّبَين الآتيَين:

a. كلوريد الكالسيوم
b. بروميد المغنيسيوم

5. يبيّن (الشكل 2-27) الشحنة العامّة التي يمكن أن تكوّنها بعض العناصر. استخدم هذا الشكل لتحدّد شحنة الأيون التي يمكن أن تكوّنها العناصر الآتية:

a. الكالسيوم (Ca)
b. الروبيديوم (Rb)
c. الكبريت (S)
d. اليود (I)

+1							0
H	+2	+3	±4	−3	−2	−1	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba						

الشكل 2-27
الشحنات المتوقّعة لعناصر المجموعات الرئيسة.

6. ما عدد الإلكترونات المُكتسبة أو المفقودة عندما تشكّل ذرّة الهالوجين أيونًا؟

7. اشرح لماذا تُشكّل عناصر المجموعة الثانية (الفلزّات القلوية الأرضية) M مُركّبات مع الهالوجينات X ذات الصيغة العامة MX_2.

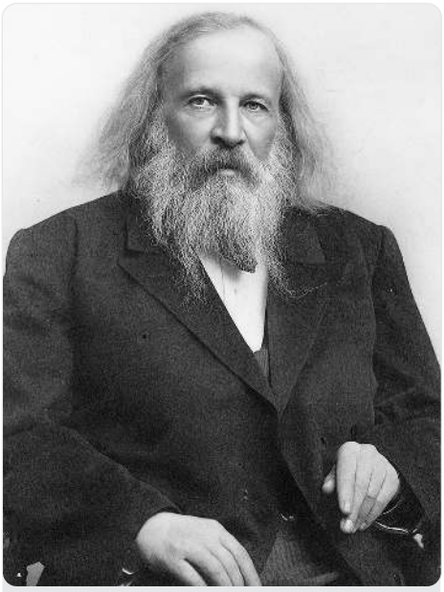
8. اكتب معادلات كيميائية موزونة للتفاعلات الآتية:

a. تفاعُل الليثيوم مع الأكسجين.
b. تفاعُل البوتاسيوم مع الماء.
c. تفاعُل المغنيسيوم مع الكلور .

ضوء على العلماء

العالم ديمتري إيفانوفيتش مندليف
1834-2907 :Dmitri Ivanovich Mendeleev

وُلد الكيميائي الروسي ديمتري إيفانوفيتش مندليف (الشكل 2-28) في 8 فبراير 1834م في قرية فيركني أرميزياني، بمنطقة سيبيريا في روسيا، وتوفي والده إيفانوفيتش مندليف في العام 1847م عندما كان هو صغيرًا. انتقلت والدته ماريا دميتريفنا كورنيليفا مع عائلتها إلى سان بطرسبرغ بعد فترة وجيزة. وفي العام 1854م أصيب مندليف بمرض السل وانتقل إلى شبه جزيرة القرم لتلقّي العلاج، ثمّ عاد إلى سانت بطرسبرغ بعد عامين، وكان قد تعافى بصورة كاملة. تخرّج مندليف في جامعة سانت بطرسبرغ عام 1856م وبدأ التدريس هناك عام 1857م.



الشكل 2-28 ديمتري مندليف.

ولحاجته إلى كتاب لتدريس المقرّر التعليمي في الكيمياء غير العضوية، نشر مندليف مجلّدَيْن في مبادئ الكيمياء بين العامَين 1868 و 1870م، وفي أثناء تدوين ملاحظاته عند تدريسه للمادة التعليمية لمبادئ الكيمياء ، وجد مندليف نمطًا دوريًا ظهر عندما تُرتَّب العناصر وفقًا لخصائصها وكتلها الذرّية، ولكنه ترك مساحات فارغة للعناصر غير المكتشفة آنذاك، وهذا ما أدّى إلى قبول هذا الترتيب على نطاق واسع في المجتمع العلمي عندما اكتُشفت عناصر جديدة بخصائص تنبّأ بها جدوله الدوري، وفي سنوات لاحقة ، قال مندليف إنّ الجدول الدوري قد جاءه في الحُلُم. إضافة إلى ذلك، فقد أدّت أبحاث مندليف الأخرى إلى إنتاج البترول في روسيا.

استقال مندليف من جامعة سان بطرسبرغ عام 1890م وذهب للعمل رئيسًا لغرفة الأوزان والمقاييس، وفي أثناء وجوده هناك لعب دورًا رئيسًا في نقل الإمبراطورية الروسية إلى النظام المتري. توفي مندليف بسبب الإنفلونزا في سانت بطرسبرغ بتاريخ 2 فبراير 1907م عن عمر يناهز 72 عامًا، ووُضع نصب تذكاري تخليدًا لاسمه (الشكل 2-29) خارج غرفة الأوزان والمقاييس التي أعيدت تسميتها بمعهد DI،(معهد مندليف لعلم القياس) عام 1945م.



الشكل 2-29 نصب تذكاري لمندليف في معهد DI للقياس، سانت بطرسبرغ، روسيا.



الوحدة 2

مراجعة الوحدة

الدرس 2-1: الجدول الدوري للعناصر

- يعود الفضل إلى ديمتري مندليف في نشر أوّل نسخة من الجدول الدوري؛ حيث رُتّبت العناصر وفقًا لخصائصها وكتلها الذرّية والتي تظهر **دورية Periodicity** في الخصائص، وقد رُتّبت العناصر في الجدول الدوري الحديث وفق الزيادة في العدد الذرّي.
- **النظائر Isotopes**: عناصر لها نفس عدد البروتونات في ذرّاتها، ولكنّها تختلف في عدد النيوترونات.
- هناك 18 عمودًا (مجموعة) في الجدول الدوري مُعرَّفة بالأرقام من 1 إلى 18 أو بالأرقام الرومانية أو باسم خاص بها. ويحتوي الجدول أيضًا على 7 صفوف تُسمّى **الدورات Periods**.
- تُسمّى الأعمدة التي يحتوي عليها الجدول الدوري "**المجموعات" Groups** أو "عائلات العناصر" وتشمل: **الفلزّات القلوية Alkali metals**، **والفلزّات القلوية الأرضية Alkaline earth metals**، **والعناصر الانتقالية Transition metals**، **والهالوجينات Halogens**، **والغازات النبيلة Noble gases**. وتقع **عناصر المجموعات الرئيسة Main groups elements** في المجموعات 1-2 و 13-18.
- أعطى التوزيع الإلكتروني للذرّات شكل الجدول الدوري الحديث الذي يمكن أن نفهمه من خلال توزيع بور الإلكتروني.
- **عناصر ما بعد اليورانيوم Trans-uranium elements** هي العناصر التي صنع الإنسان أكثرها، والتي تلي اليورانيوم في الجدول الدوري.
- تقع سلسلة عناصر اللانثانيدات والأكتينيدات بعد عنصرَي اللانثانيوم والأكتينيوم في الجدول الدوري.
- تُصنَّف العناصر في الجدول الدوري إلى **فلزّات Metals**، **ولافلزّات Non metals**، **وأشباه فلزّات Metalloids**.

الدرس 2-2: تدرُّج الخواص الدورية للعناصر

- تتدرَّج الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر بشكل دوري.
- يزداد **نصف القطر الذرّي Atomic radius** عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة، ويقلّ عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة.
- يكون **نصف القطر الأيوني Ionic radius** أصغر في الأيونات الموجبة وأكبر في الأيونات السالبة من الذرّة المقابلة.
- **درجة الانصهار Melting point** للغازات النبيلة أدنى درجة انصهار بين عناصر الجدول الدوري، وبشكل عام تكون درجة الانصهار للعناصر التي تقع في وسط الجدول الدوري هي الأعلى.
- **التوصيل الكهربائي Electrical conductivity** هو قدرة المادة على توصيل التيار الكهربائي، وتعد العناصر الفلزّية موصّلة جيّدة للتيّار الكهربائي، أمّا أشباه الفلزّات فهي موصّلة بشكل أقلّ للتيار الكهربائي و أمّا اللافلزّات فهي رديئة التوصيل الكهربائي.

الوحدة 2

مراجعة الوحدة

الدرس 2-3: النشاط الكيميائي للعناصر

- **الفلزّات القلوية Alkali metals** (المجموعة الأولى) فلزّات نشطة كيميائيًا، تكوّن أيونات موجبة ذات شحنة (+1) وتتفاعل مع الأكسجين بنسبة 1:2 مثال K_2O، Na_2O، Li_2O.
- **الفلزّات القلوية الأرضية Alkaline earth metals** (المجموعة الثانية)، تكوّن أيونات موجبة ذات شحنة (+2) وتتفاعل مع الأكسجين بنسبة 1:1 مثال: MgO، CaO، BeO.
- **الهالوجينات Halogens** (المجموعة السابعة عشرة) عناصر لافلزّية نشطة كيميائية، وتكوّن أيونات سالبة شحنتها (−1)، ويقلّ نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
- **الغازات النبيلة Noble gases** غير نشطة كيميائيًّا ولا تكوّن أيونات، ويستطيع بعضها تكوين مُركّبات.

أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من العبارات الآتية تصف بشكل صحيح التغيُّر في نصف القطر الذرّي؟
   - a. يزداد عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   - b. يزداد عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   - c. يقلّ عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   - d. يقلّ عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

2. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة؟
   - a. تزداد الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   - b. تقلّ الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   - c. تزداد الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   - d. تقلّ الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.

3. أيٌّ من العناصر الآتية هي الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا؟
   - a. الكالسيوم (Ca)
   - b. السترونشيوم (Sr)
   - c. البوتاسيوم (K)
   - d. الروبيديوم (Rb)

4. أيٌّ من العناصر الآتية يعتبر الفلزّ الأنشط كيميائيًّا ؟
   - a. الليثيوم (Li)
   - b. المغنيسيوم (Mg)
   - c. الصوديوم (Na)
   - d. الفضة (Ag)

5. ما أرقام المجموعات الدالة على مجموعات الفلزّات القلوية الأرضية والهالوجينات؟
   - a. 1 و2 على التوالي
   - b. 1 و17 على التوالي
   - c. 2 و17 على التوالي
   - d. 2 و18 على التوالي

تقويم الوحدة

6. أين تقع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًّا في الجدول الدوري؟

a. أعلى يسار الجدول الدوري
c. أسفل يسار الجدول الدوري
b. أعلى يمين الجدول الدوري
d. أسفل يمين الجدول الدوري

7. ما صيغة المُركّب الذي يتكوّن عندما يتفاعل الصوديوم (Na) مع الأكسجين الجوي؟

a. NaO
c. NaO_3
b. Na_2O
d. Na_2O_3

8. أيٌّ ممّا يأتي يصف الغازات النبيلة بشكل صحيح؟

a. درجات انصهارها منخفضة، وهي رديئة التوصيل للكهرباء.
b. درجات انصهارها مرتفعة، وهي رديئة التوصيل للكهرباء.
c. درجات انصهارها منخفضة، وهي موصّلة جيدة للكهرباء.
d. درجات انصهارها مرتفعة، وهي موصّلة جيدة للكهرباء.

9. ماذا يحدث عندما يكوّن عنصر الفلور (F) أيونًا؟

a. يفقد إلكترونًا ويكبر نصف قطره.
c. يفقد إلكترونًا ويصغر نصف قطره.
b. يكتسب إلكترونًا ويكبر نصف قطره.
d. يكتسب إلكترونًا ويصغر نصف قطره.

10. ما صيَغ المُركّبات المتكوّنة عندما يتفاعل الكلور (Cℓ) مع كلّ من الكالسيوم (Ca) والروبيديوم (Rb)؟

a. CaCℓ و RbCℓ
c. CaCℓ و $RbCℓ_2$
b. $CaCℓ_2$ و RbCℓ
d. $Ca_2Cℓ$ و $RbCℓ_2$

11. أيٌّ من العبارات الآتية تصف بشكل صحيح مجموعة الغازات النبيلة (المجموعة 18) (VIIIA)؟

a. شديدة النشاط الكيميائي وتزداد هذه الصفة عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
b. شديدة النشاط الكيميائي وتتناقص هذه الصفة عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
c. خاملة للغايّة ويزداد نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
d. خاملة للغايّة ويقلّ نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

أسئلة ذات إجابات قصيرة

الدرس 2-1: الجدول الدوري للعناصر

12. ما اسم العنصر الذي يقع في الدورة 4 و المجموعة 5 (VB) في الجدول الدوري؟

13. اكتب توزيع بور لكل من الذرتين في الحالتين الآتيتين:

a. عنصر من الدورة الثانية والمجموعة الثالثة.

b. عنصر من الدورة الثالثة يمكن لذرته تكوين أيون شحنته -1.

14. لماذا سميت الأكتينيدات بهذا الاسم؟

15. أيُّ دورة في الجدول الدوري تحتوي على سلسلة عناصر اللانثانيدات؟

16. أيُّ مجموعة من مجموعات العناصر الرئيسة تحتوي وفق نظرية بور للتوزيع الإلكتروني على 3 إلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس الخارجي؟

17. في أيُّ جهة من الجدول الدوري توجد العناصر ذات الخصائص اللافلزّية الأعلى؟

18. أيُّ عنصر في الدورة 3 يُعدّ شبه فلزّ؟

19. باستخدام توزيع بور الإلكتروني، ما أوجه الاختلاف بين الهيليوم (He) وعناصر المجموعة 18 (VIIIA) الأخرى، والتي تُسمّى الغازات النبيلة؟

20. حدّد العناصر التي لديها توزيعات بور الإلكترونية الآتية :

a. 2,3 **b.** 2,8,2 **c.** 2,8,8

21. ما التصنيف الذي يحتوي على أكبر عدد من عناصر الجدول الدوري: الفلزّات أم اللافلزّات أم أشباه الفلزّات؟

22. اكتب توزيع بور الإلكتروني للعناصر الآتية:

a. الكالسيوم (Ca) **c.** الكلور (Cℓ)

b. الفوسفور (P) **d.** أرجون (Ar)

23. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستوى الطاقة الرئيس الخارجي لعناصر المجموعة الأولى (IA)؟

تقويم الوحدة

24.* ارسم الخطوط العريضة للجدول الدوري مع خطوط تبيّن المجموعات والدورات، ثمّ ارسم بألوان مختلفة الخطّ المتدرّج الذي يفصل الفلزّات عن اللافلزّات.

25.** ابحث ثم ناقش مع زميلك في الصف الأشكال البديلة للجدول الدوري الحديث.

الدرس 2-2: تدرُّج الخواص الدورية للعناصر

26. هل يزداد نصف القطر أم يقلّ عندما تشكّل الذرّات الآتية أيونات؟

a. المغنيسيوم **b.** الصوديوم **c.** اليود

27. فسّر العبارة الآتية: يمتلك عنصر الكربون أعلى درجة انصهار بين عناصر الدورة الثانية.

28. عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة الأولى (IA) كيف تتدرَّج قيَم نصف القطر الذرّي للفلزّات القلوية؟

29.* عندما تكوّن الفلزّات القلوية أيونات، فهل تكتسب إلكترونات أم تفقدها؟ ما عدد هذه الإلكترونات؟ هل يزداد نصف قطرها الأيوني أم يقلّ؟

30. أيهما أعلى في درجات الانصهار: عناصر المجموعة السابعة عشرة أم عناصر المجموعة الثامنة عشرة؟

31. ما عدد الإلكترونات المفقودة عندما تشكّل ذرّة فلزّ قلوي أرضي من المجموعة 2 (IIA) أيونًا؟

32.* قارن بين التوصيل الكهربائي لعناصر المجموعات 1 و2 و17 و18، ثم حدّد التدرُّج في هذه الخاصّية من اليسار إلى اليمين.

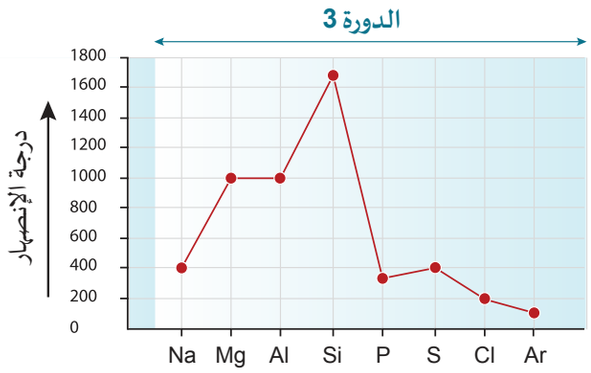
33. ينتمي عنصر الكلور للمجموعة السابعة عشرة (VIIA)

a. a. فسّر كيف يُشكّل الكلور أيونًا للوصول إلى حالة الاستقرار.

b. b. قارن نصف القطر الأيوني للأيون الناتج مع نصف القطر الذرّي للكلور. فسّر إجابتك.

34. هل تُعدّ عناصر الهالوجينات في المجموعة السابعة عشرة (VIIA) جيّدة التوصيل للكهرباء أم رديئة التوصيل؟

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 35 إلى 38.



35. إلى أي مجموعة ينتمي العنصر الذي له أقلّ درجة انصهار حسب الرسم البياني؟

36. أي عنصر لديه أعلى درجة انصهار؟

37. أي عنصر مبيّن على الرسم البياني هو من أشباه الفلزّات؟

38. أي عناصر مبيّنة على الرسم البياني هي من اللافلزّات؟

الدرس 2-3: النشاط الكيميائي للعناصر

39. ما الخاصّية التي تتمتّع بها الفلزّات (النحاس والفضة والذهب) والتي تجعلها فلزّات مرغوبة لصنع العملات؟

40. فيم يستخدم اختبار اللهب؟

41. ما الغاز الناتج عن تفاعُل فلزّ الكالسيوم (Ca) مع الماء؟

42. ما صيغة المركب الذي يتكوّن عندما يتفاعل الباريوم (Ba) مع الأكسجين الجوّي؟

43.* ما الصيَغ الكيميائية لنواتج تفاعُل فلزّ البوتاسيوم (K) مع الماء؟

44. اكتب الصيغة الكيميائية للمركّب الناتج عن تفاعُل الصوديوم (Na) واليود (I) .

45. أيّ الهالوجينَين أكثر نشاطاً كيميائياً: الفلور أم البروم؟ فسّر إجابتك.

46. اشرح من حيث التوزيع الإلكتروني السبب الذي يجعل الغازات النبيلة غير نشطة كيميائيًّا .

47.* ابحث عن صيَغ مُركّبات غازات نبيلة واكتب ست صيَغ لهذه المُركّبات. ما الهالوجين الذي يشترك فيه الكثير منها؟

48. أي فلزّ قلوي أرضي هو الأقل نشاطًا كيميائيًّا؟

49.* قارن بين النشاط الكيميائي لكلٍ من السترونشيوم (Sr) والباريوم (Ba).



الوحدة 3

الكمّيات الفيزيائيّة
Physical Quantities

في هذه الوحدة

الدرس 3-1: النظام الدولي للوحدات (SI) P1001

الدرس 3-2: القياسات P1002

الوحدة 3

مقدّمة الوحدة

تتضمّن الفيزياء سبع كمّيات أساسيّة، منها: الكتلة، والمسافة، والزمن. وتُقاس جميع الكمّيات الفيزيائية، وتُسجَّل قيَمها ووحدات قياسها.ويستخدم النظام الدولي للوحدات (SI) الوحدات القياسيّة لجميع الكمّيات؛ ومن الأمثلة على هذه الوحدات: الكيلوجرام، والمتر، والثانية. وسوف نعتمد في هذا الكتاب على النظام الدولي للوحدات (SI) بشكل خاص. يمكن تحويل وحدات القياس من مجموعة وحدات إلى أخرى باستخدام مُعامِلات التحويل. تُعدّ الصيغة العلميّة مفيدة للتعبير عن مختلف الكميات الفيزيائية.

عندما نقيس شيئًا، مثل :الطول، يكون هدفنا معرفة القيمة الحقيقية للمتغيّر الذي يتم قياسه. وعلى الرغم من ذلك، فإنّ جميع طرائق القياس يكون لها هامش خطأ، لذلك تكون عمليّة القياس تقديرًا للقيمة الحقيقية. وعند إجراء القياسات يظهر هامش الخطأ على شكل زيادة أو نقصان عن القيمة الحقيقية؛ ولهذا لا تكون الحسابات مؤكّدة دائمًا.

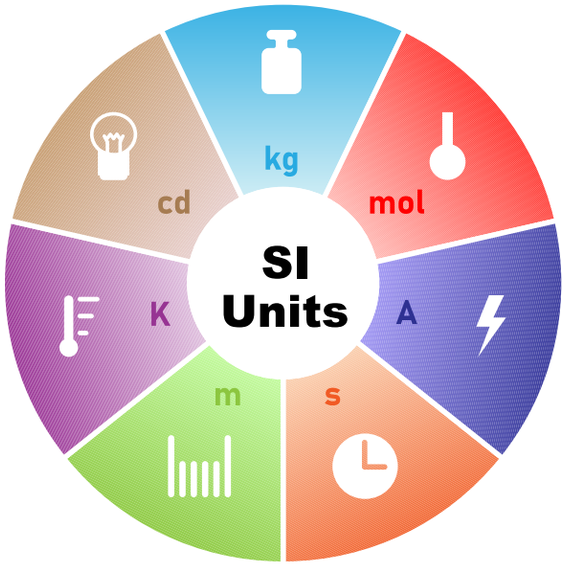
الأنشطة والتجارب

1-3 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

2-3 إجراء القياسات

النظام الدولي للوحدات (SI)
The SI Units

عندما تريد قياس طول ملعب كرة قدم، أو تزن حقيبتك، فأنت تستخدم وحدات للقياس تساعدك على معرفة مقدار الأشياء من حولك. وقد ابتكر الإنسان منذ القدم وحدات عديدة للقياس مثل الذراع والشبر، لكنها كانت تختلف من مكان إلى آخر. ومع تطوّر العلم ظهرت الحاجة إلى نظامٍ موحّد يُستخدم في جميع أنحاء العالم لتكون القياسات دقيقة، ويمكن مقارنتها. ومن هنا وُضع النظام الدولي للوحدات (SI) الذي يعتمد على وحدات أساسية ثابتة مثل: المتر لقياس المسافة، والكيلوجرام لقياس الكتلة، والثانية لقياس الزمن. ويُعد هذا النظام اليوم اللغة المشتركة للعلماء في قياس الكميات الفيزيائية والتعبير عنها بدقة .



الشكل 3-1 وحدات النظام الدولي الأساسية.

مخرجات التّعلُّم

P1001.1 يميّز بين وحدات النظام الدولي الأساسية والمشتقة ويستخدم البادئات المناسبة.

P1001.2 يتعامل مع مدى المقادير ويعبّر بشكل صحيح عن الكمّيات الفيزيائية باستخدام الصيغة العلميّة للنظام الدولي.

المفردات

النظام الدولي للوحدات (SI) International System of Units (SI)	
الوحدات الأساسية	Fundamental units
الوحدات المُشتقة	Derived units
الجزء العشري	Mantissa
الصيغة العلميّة	Scientific notation
الأُس	Exponent
بادئات النظام الدولي	SI Prefixes

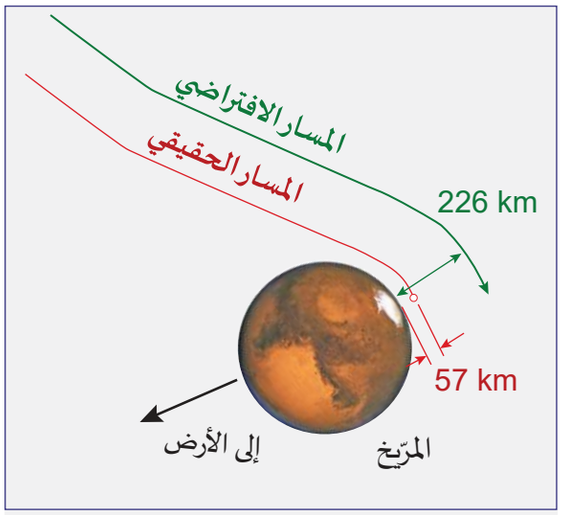
حادثة مسبار المرّيخ المناخي المداري

تفاصيل الحادثة

أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" في 11 ديسمبر من العام 1998 مسبار فضاء آليًّا لدراسة الغلاف الجوي، والطقس، وتغيّرات سطح المرّيخ، حيث بلغت تكلفة هذا المسبار 125 مليون دولار أمريكي تقريبًا ، لكن فُقد الاتصال بالمسبار الفضائي في 23 سبتمبر 1999.

أسباب فشل المهمة

نتيجة للاستخدام غير المتوافق للوحدات، فُقِد المسبار في الفضاء، فالبرنامج الحاسوبي الذي زُوّد به المسبار الفضائي من مُصنّعيه كان يستقبل قيَمًا بالاعتماد على النظام البريطاني. أمّا البرنامج الحاسوبي الذي تستخدمه وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" فكان يُرسل قيَمًا بالاعتماد على النظام المتري.



الشكل 3-2 صورة توضيحية لمسبار المرّيخ المناخي المداري.

وحدث في 23 سيبتمبر من العام 1999، أن عَبَرَ مسبار المرّيخ المناخي المداري خلف المريخ قبل الوقت المتوقّع بمقدار 49 ثانية. وبات المسبار بالتالي على ارتفاع أدنى من المطلوب نتيجة التقديرات غير الصحيحة للقيَم التي تعود إلى اختلاف الوحدات. وفُقد الاتّصال بالمسبار الفضائي عند الساعة 09:04:52 بتوقيت جرينتش، ولم تتمّ استعادته على الإطلاق. وقد اتّصف ما حدث لمسبار المرّيخ المناخي المداري بالغموض، فربّما دخل الغلاف الجوّي للمرّيخ أو أنّه تحطّم أو دفعه الغلاف الجوّي إلى الفضاء.

1. ما أهمية وجود نظام قياس عام موحد؟
2. من وجهة نظرك، ما الجهة المسؤولة عن الخطأ: فريق التصنيع أم مهندسو وكالة "ناسا" الذين أخفقوا في مُلاحظة الاختلاف؟

الكميات الفيزيائية

هل قمت بقياس طول كتابك؟ هل حملت حقيبتك لتعرف وزنها؟ هل تساءلت عن زمن دوران القمر حول الأرض؟ هذه أمثلة تقودنا إلى مفهوم أساسي في الفيزياء هو الكمية الفيزيائية.

الكمية الفيزيائية هي خاصية فيزيائية يمكن قياسها والتعبير عنها بقيمة عددية مع وحدة قياس مناسبة مثل الطول والكتلة والزمن والسرعة والقوة والكثافة

النظام الدولي للوحدات

لتوحيد وحدات القياس في العلوم والتقنية عالميًا، وُضع النظام الدولي للوحدات International System of Units (SI)،

يعتمد هذا النظام على نوعين من الوحدات: **الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة.**

وحدات النظام الدولي الأساسية

يتألّف النظام الدولي للوحدات من سبع **وحدات أساسية Fundamental units**، تُشتقّ منها باقي الوحدات الأخرى.

يعرض **الجدول 3-1** الوحدات الأساسية ورموزها والكمّيات التي تقيسها.

الجدول 3-1 الوحدات الأساسية والكمّيات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي للوحدات.

الوحدة الأساسية	رمز الوحدة	الكمّية الفيزيائية الأساسية	رمز الكمّية	الامثلة الحياتية
الكيلوجرام kilogram	kg	الكتلة mass	m	كتلة حقيبة مدرسية 5 kg
المتر meter	m	الطول length	l	طول الطاولة 1m
الثانية second	s	الزمن time	t	زمن قراءة كلمة واحدة 1s
الأمبير ampere	A	شدّة التيار الكهربائي electric current intensity	I	شدة التيار في مصباح صغير 0.5 A
الكلفن kelvin	K	درجة الحرارة temperature	T	درجة حرارة الغرفة 300 K (27 ° C)
الشمعة candela	cd	شدّة الإضاءة luminouse intensity	I_v	إضاءة شمعة عادية 1 cd
المول mole	mol	كمّية المادة amount of substance	n	كمية من الماء 1 mol

وحدات النظام الدولي المُشتقّة

يتضمن الجدول 3-2 بعض الكمّيات المُشتقّة. ويتمّ الحصول على **الوحدات المُشتقّة Derived units** باستخدام الوحدات الأساسية السبع.

الجدول 3-2 بعض الكمّيات المشتقة.

الكمية المشتقة	العلاقة الرياضية	الوحدة	اسم الوحدة
الشحنة	الشحنة = شدة التيار × الزمن	As	كولوم (C)
الكثافة	الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$	Kg/m^3	-

من الامثلة على الكميات الفيزيائية المشتقة: السرعة والتسارع والقوة، وهي كميات تعتمد على كميات فيزيائية أساسية، سوف نتوصل من خلال الأمثلة التالية إلى وحدات هذه الكميات المشتقة، عن طريق اشتقاقها بالاعتماد على الوحدات الأساسية التي تعتمد عليها.

مثال 1

اشتقّ وحدة قياس السرعة، إذا علمت أن السرعة هي ناتج قسمة المسافة على الزمن.

المطلوب: وحدة قياس السرعة.

المُعطيات: السرعة = المسافة / الزمن $\qquad v = \frac{d}{t}$

الحل: وحدة قياس المسافة هي المتر (m)، وحدة قياس الزمن هي الثانية (s) بتطبيق العلاقة:

$$unit\ of\ (v) = \frac{unit\ of\ (d)}{unit\ of\ (t)} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m/s}$$

مثال 2

التسارُع كمّية مُشتقّة، وهي تغيُّر السرعة مقسومًا على زمن هذا التغيُّر. اشتقّ وحدة قياس التسارُع.

المطلوب: وحدة قياس التسارُع.

المُعطيات: التسارُع = التغير في السرعة / الزمن $\qquad a = \frac{\Delta v}{t}$

الحل: وحدة قياس السرعة هي متر/ ثانية (m/s)، وحدة قياس الزمن هي الثانية (s) بتطبيق العلاقة:

$$unit\ of\ (a) = \frac{unit\ of\ (v)}{unit\ of\ (t)} = \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$$

مثال 3

يَنُص قانون نيوتن الثاني على أنّ القوة هي حاصل ضرب الكتلة في التسارُع. ما وحدة القوة التي تجعل هذا القانون صحيحًا؟

المطلوب: وحدة قياس القوة

المُعطيات: القوة = التسارع × الكتلة $\qquad F = m\,a$

الحل: لتحديد الوحدة نقوم بضرب وحدة التسارُع وهي المتر/ الثانية تربيع m/s^2 في وحدة الكتلة في النظام الدولي وهي الكيلو جرام kg.

$$unit\ of\ (F) = unit\ of\ (m) \times unit\ of\ (a) = \left(\text{kg}\right)\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2} = \text{kgm/s}^2$$

الصيغة العلميّة

الصيغة العلميّة Scientific notation هي طريقة للتعبير عن رقم **كجزء عُشري Mantissa** مضروب في قوة من 10 (**المُعادلة 1-3**). تتجلّى فائدة هذه الطريقة عند كتابة قيَم لأعداد كبيرة أو صغيرة جدًا. والجُزء العُشري هو عدد عشري، أكبر من (أو يساوي) الواحد، لكنّه أقلّ من 10، حيث تكون القوى من 10 مثل:

$10^{-2} = 0.01$ ، $10^{-1} = 0.1$ ، $10^{0} = 1$ ، $10^{1} = 10$ $10^{2} = 100$ ... وهكذا.

مقدار سرعة الضوء مثلًا، والذي يبلغ ثلاثمئة مليون متر / ثانية والذي يُكتب بالصيغة 300000000 m/s. نستطيع بدلًا من ذلك أن نكتبه بالصيغة العلميّة على الشكل التالي: 3×10^{8} m/s، نصف قطر ذرة الأكسجين 0.000000000048m نستطيع بدلا من ذلك أن نكتبه بالصيغة العلميّة على الشكل التالي 4.8×10^{-11} m حيث تبدو كتابة الرقم أكثر سهولة ومن دون ارتكاب أيّ خطأ و يمكن كتابة أي رقم بالصيغة العلمية باستخدام المعادلة 3 - 1.

1-3	الصيغة العلميّة	N	الجُزء العُشري $1 \le N < 10$
	العدد $= N \times 10^{n}$	n	الأُس n عدد صحيح (موجب أو سالب)

خطوات كتابة الصيغة العلمية:

عند تحويل عدد إلى الصيغة العلمية:

1. نحرك الفاصلة العشرية حتى يتبقى رقم واحد غير صفري على يسارها،
2. نعدّ عدد الأرقام التي تحركناها: إذا حرّكنا الفاصلة نحو اليسار، يكون الأس موجبًا. وإذا حرّكناها نحو اليمين، يكون الأس سالبًا.

مثال 4

اكتب الأعداد في الصيغة العلمية :

a. العدد 270000000 m.

b. العدد 0.0025.

المطلوب: الصيغة العلميّة

المعطيات: **a.** العدد = 270000000 **b.** العدد = 0.0025

العلاقات: العدد $= N \times 10^{n}$

الحلّ:

a. تحرك الفاصلة إلى اليسار 8 أرقام لذلك يكون الجُزء العُشري هو 2.7 و 8 هو الأس، ويصبح الرقم 2.7×10^{8} m.

270000000.

b. تحرك الفاصلة إلى اليمين 3 أرقام لذلك يكون الجُزء العُشري هو 2.5 و 3 هو الأس، ويصبح الرقم 2.5×10^{-3}

0.0025

مثال 5

يتكوّن ملح الطعام من حُبيبات مكعّبة الشكل. بحسب البنيّة البلّورية. احسب حجم حُبيبة ملح الطعام بوحدة m^3، علمًا أنّ طول حرف المُكعّب هو 0.0002 m. اكتب إجابتك وفق الصيغة العلميّة.

المطلوب: الحجم بوحدة m^3

المُعطيات: مُكعّب طول ضلعه 0.0002 m

العلاقات: $V = L^3$

الحل: نكتب 0.0002 m، وفق الصيغة العلميّة: ($L = 2 \times 10^{-4}$ m)، ثمّ نطبّق علاقة الحجم.

$$V = L^3 = (2 \times 10^{-4}\ \text{m})^3$$
$$= 8 \times 10^{-12}\ \text{m}^3$$

مثال 6

يبلغ متوسّط نصف قُطر الأرض حوالي 6378000 m.

احسب طول محيط الأرض بوحدة m ،وأكتب إجابتك بالصيغة العلمية.

المطلوب: المُحيط بوحدة m.

المُعطيات: r = 6378000 m

العلاقات: $C = 2\pi r$

الحلّ: $C = 2\pi r = 2\pi\,(6378000) =$ 40074156 m

لكتابة هذا المقدار في الصيغة العلميّة، نحرك الفاصلة 7 أرقام لليسار، فيكون الجزء العُشري 4.0074 ،والقوة من عشرة هي 10^7 ، وبالتالي يكون:

$$C = 4.0074 \times 10^7\ \text{m}$$

البادئات

تُستخدم البادئة لسهولة التعبير عن الأرقام الكبيرة أو الأرقام الصغيرة، وذلك بإضافتها إلى الكمّية المراد التعبير عنها. حيث تكون بادئات النظام الدولي (SI) ممثّلةً بقوة من عشرة. فالطول الذي يبلغ ألفَيْ متر هو نفسه إذا كُتب بالصيغة العلميّة 2×10^3 m أو 2 كيلو متر (2 km)، حيث البادئة "كيلو" تعني "ألف" وتُختصَر باستخدام الرمز"k". يُوضّح **الجدولان 3-3** و **4-3** بعض البادئات الأساسية.

الجدول 3-3 قائمة البادئات لأعداد أكبر من 1.

أعداد أكبر من 1	البادئة في النظام الدولي (SI)
$1 \times 10^9 = 1{,}000{,}000{,}000$	جيجا (G)
$1 \times 10^6 = 1{,}000{,}000$	ميجا (M)
$1 \times 10^3 = 1000$	كيلو (k)
$1 \times 10^2 = 100$	هيكتو (h)
$1 \times 10^1 = 10$	ديكا (da)

الجدول 4-3 قائمة البادئات لأعداد أصغر من 1.

أعداد أصغر من 1	البادئة في النظام الدولي (SI)
$1 \times 10^{-3} = 0.1$	ديسي (d)
$1 \times 10^{-2} = 0.01$	سنتي (c)
$1 \times 10^{-3} = 0.001$	ملّي (m)
$1 \times 10^{-6} = 0.000001$	ميكرو (μ)
$1 \times 10^{-9} = 0.000000001$	نانو (n)
1×10^{-32}	بيكو (p)
1×10^{-35}	فيمتو (f)

مثال 7

a. حوّل الزمن 319 ns إلى s ،واكتب اجابتك بالصيغة العلمية.

b. حوّل المسافة 428 km إلى m،واكتب اجابتك بالصيغة العلمية.

المطلوب:

a. تحويل الزمن من ns إلى s.

b. تحويل المسافة من km إلى m.

المعطيات: الزمن = 319 ns

المسافة = 428 km

العلاقات: $1\ ns = 10^{-9}\ s$

$1\ km = 10^3\ m$

الحل:

$$319\ ns = 319\ ns \times \frac{10^{-9}\ s}{1\ ns} = 319 \times 10^{-9}\ s = 3.19 \times 10^{-7}\ s$$

$$428\ km = 428\ km \times \frac{10^3\ m}{1\ km} = 428 \times 10^3\ m = 4.28 \times 10^5\ m$$

استراتيجية حل المسائل

تحويل الوحدات

لتحويل المسافة من المتر إلى الكيلومتر أو الكيلومتر إلى متر

نستخدم العلاقة:

$1\ km = 10^3\ m$

فمثلًا:

$$345m = 345m \times \frac{1\ km}{10^3 m} = 0.345\ km$$

تُسمّى هذه الطريقة طريقة معامل التحويل، حيث تُستخدم العلاقة بين الوحدتين لإجراء التحويل، وتُلغى الوحدات مثل الرموز الجبرية أثناء الحل.

التعامُل مع الوحدات المُشتقّة

ترتبط العديد من الكمّيات، كالحجم والسرعة، بمجموعة من وحدات النظام الدولي (SI). ذلك أننا نحتاج في حالات كثيرة إلى التعبير عن كمّية، كالحجم مثلاً، باستخدام وحدات مُختلفة. وتتيح العلاقات بين الوحدات المُشتقّة عمليّة التحويل من وحدة مُشتقّة إلى أخرى.

مثال 8

يبلغ قُطر كرة القدم القانونية الرسمية 22 cm.

جِدْ حجم الكُرة بوحدة المتر المُكعّب m^3، علمًا أنّ علاقة حجم الكُرة مُوضّحة في الشكل المُجاور.



$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4\pi r^3}{3}$$

المطلوب: الحجم بوحدة m^3

المعطيات: القطر = 22 cm

العلاقات: 1 m = 100 cm

$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4\pi r^3}{3}$$

الحل:

$$r = 11 \text{ cm}$$

$$r = 11 \text{ cm} \times \frac{1\text{m}}{100 \text{ cm}}$$

$$r = 11 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$V_{\text{كرة}} = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{4\pi (11 \times 10^{-2})^3}{3} = 5.575 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

مثال 9

يبلغ زمن الدورة المدارية لقمر المُشتري آيو 152854 s، وزمن الدورة المدارية لقمر المُشتري جانيميد 7.1546 day.

a. اكتب مقدار زمن الدورة المدارية للقمر جانيميد بوحدة الثواني مُستخدمًا بادئة مُناسبة.

b. أي القمرَين له زمن دوري أكبر؟

المطلوب: زمن الدوران المداري الأطول.

المُعطيات: زمن الدورة المدارية للقمر آيو = 152854 s.

زمن الدورة المدارية للقمر جانيميد = 7.1546 day.

العلاقات: اليوم = $1 \times 24 \times 60 \times 60 = 86400$ s

التحويلات:

$$\frac{7.1546 \cancel{\text{ day}}}{1}\left(\frac{86400 \text{ s}}{1 \cancel{\text{ day}}}\right) = \frac{7.1546 \times 86400}{1} \text{ s} = 618{,}157 \text{ s}$$

الحل:

a. يمكن كتابة المقدار في الصيغة العلميّة وفق الشكل 6.18×10^5 s.

وللتعبير عن العدد باستخدام البادئة فإنّ بإمكاننا تحريك الفاصلة رتبة واحدة إلى اليسار 0.618 Ms

b. للقمر جانيميد زمن دوران مداري أطول لأنّ 618,157 s >152,854 s.

مثال 10

تتحرّك سيّارة بسرعة 80 km/h. ما سرعتها بوحدة m/s؟

المطلوب: تحويل 80 km/h إلى m/s

المعطيات: $v = 80$ km/h

العلاقات: 1 km = 1000 m , 1 h = 3600 s

الحل: وحدة السرعة هي وحدة مُشتقّة تتضمّن وحدات أساسية للمسافة والزمن. لذلك سنقوم بإعادة ترتيب العلاقات بحيث نختصر الوحدات

$$\frac{80 \cancel{\text{ km}}}{1 \cancel{\text{ h}}}\left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{ km}}}\right)\left(\frac{1 \cancel{\text{ h}}}{3600 \text{ s}}\right) = \frac{80 \times 1000}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 22.2 \text{ m/s}$$

نشاط 3-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

سؤال الاستقصاء	ما أهمّية استخدام البادئة المناسبة في النظام الدولي للوحدات؟
الموادّ المطلوبة	مسطرة بطول 30 cm، عصا مترية، مقياس الكتلة الرقمي (الميزان) ، أجسام مُختلفة من الصف.

خطوات التجربة

1. قُم بإجراء المهام الآتية في مجموعات، ثمّ اكتب القياسات في الجدول المُدرَج في ورقة العمل.
2. قُم بقياس طول كفّ يدك مُستخدمًا المسطرة، اكتب مقدار القياس بوحدة cm.
3. حوّل القياس السابق إلى وحدات الميكرومتر ،الملّيمتر ، المتر، والكيلومتر.



الشكل 3-3 أدوات القياس.

4. قُم بقياس عرض الطاولة مُستخدمًا العصا المترية، ثمّ اكتب مقدار القياس بوحدة المتر.
5. حوّل القياس السابق إلى وحدات الميكرومتر ،الملّيمتر ،السنتيمتر، والكيلومتر.
6. قُم بقياس كتلة محفظة الأقلام و الآلة الحاسبة مستخدمًا الميزان واكتب المقدار بوحدة الجرام.
7. حوّل القياس السابق إلى وحدتَيْ الكيلوجرام، والملّيجرام.

	الكمية الفيزيائية	القياس cm / m	التحويلات				
			µm	mm	cm	m	km
1							
2							

	الكتلة g	التحويلات	
		mg	kg
1			
2			

نشاط 1-3 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

أسئلة

a. حدّد الوحدة المناسبة في كل قياس أجريته. اشرح اختيارك.

.....

b. ما الوحدة التي تبدو غير مناسبة في كل قياس أجريته؟ اشرح إجابتك.

.....

c. ما الأعداد التي تجعل فهم طول أو كتلة الجسم صعبًا؟

.....

d. متى تُستخدم بادئات الميجا، والجيجا، و النانو؟ أعط مثالاً من الحياة اليوميّة؟

.....

تقويم الدرس 3-1

أسئلة اختيار من متعدّد (1-4)

1. إذا كانت سرعة الضوء 299792458 m/s، فما الصيغة العلمية لهذا المقدار؟

a. 3.00×10^{-8} m/s

b. 3×10^{-9} m/s

c. 3×10^{8} m/s

d. 3.00×10^{9} m/s

2. أيٌّ من الآتي نعبّر عن قياسه باستخدام وحدة مُشتقّة؟

a. طول الباب

b. مساحة الغُرفة

c. درجة حرارة الغُرفة

d. شدّة إضاءة المصباح

3. أيٌّ مما يلي يُعدّ كمية فيزيائية أساسية؟

a. السرعة

b. القوة

c. الكتلة

d. الكثافة

4. ما الوحدة الأنسب لقياس طول قلم رصاص؟

a. km

b. m

c. cm

d. µm

5. تبلغ سرعة عربة مُختبر 12 m/s. ما سرعة العربة بوحدة (km/h)؟

6. يُعرّف الضغط بأنّه ناتج قسمة القوة على المساحة: $P = \frac{F}{A}$.
اشتق وحدة قياس الضغط اعتمادًا على الوحدات الأساسية.

تقويم الدرس 3-1

7. أعطِ ثلاثة أمثلة على وحدات أساسية، وثلاثة أخرى على وحدات مُشتقّة.

8. هل اللتر وحدة مُشتقّة أم وحدة أساسية؟ اشرح إجابتك.

9. أيُّهما أطول، 1.23 mm أم 2.34×10^5 µm.

10. اكتب العدد 0.000625 في الصيغة العلميّة.

11. قَاسَ طالب كتل خمسة أجسام مُعيّنة. اكتب هذه القياسات مُستخدمًا الصيغة العلميّة:
450000 g، 0.00089 g ، 98.34 g ، 2340 g ، 0.0925 g.

12. اكتب المقدار 250 mg بوحدة الكيلوجرام.

13. اكتب المقدار 4250 nm بوحدة المتر.

14. اكتب المقدار 0.00036 m بوحدة الملّيمتر.

15. قام طالب بقياس أبعاد صندوق صغير، وكانت البيانات كالتالي:

الطول = 5.23 cm

العرض = 3.80 cm

الارتفاع = 2.10 cm

أجب عما يلي:

a. حوِّل جميع القياسات السابقة إلى وحدات النظام الدولي الأساسية .

b. احسب حجم الصندوق، واذكر وحدة القياس المناسبة.

c. وحدة حجم الصندوق، وحدة أساسية أم مشتقة؟



الدرس 3-2

القياسات
Measurements

هل تساءلت يومًا كيف نقيس الزمن في سباقات العدو، وكيف يقيس الطبيب درجة حرارة المريض؟ وكيف نقيس سرعة السيارة على الطريق؟

في حياتنا اليومية، نعتمد باستمرار على القياسات: الطول، الزمن، الكتلة، والسرعة.

في الفيزياء القياس وحده لا يكفي بل يجب أن تكون هذه القياسات دقيقة ومضبوطة، لفهم القوانين الطبيعية والتأكد من صحتها.



الشكل 3-4 عداء في بداية سباق الجري .

مخرجات التّعلُّم

P1002.1 يوضح كيفية الحصول على قياسات دقيقة ومضبوطة في المهمات العملية.

P1002.2 يحسب هامش الخطأ المطلق في النتائج التجريبية بأساليب مختلفة، بما في ذلك الحد الأقصى والحد الأدنى لميل الخط المستقيم في الرسم البياني.

المفردات

Resolution	دقّة الوضوح
Precision	الدقّة
Accuracy	الضبط
Systematic error	الخطأ المُنتظم
Random error	الخطأ العشوائي
Average	المتوسِّط
Absolute uncertainty	هامش الخطأ المُطلق

اختيار الأداة المناسبة

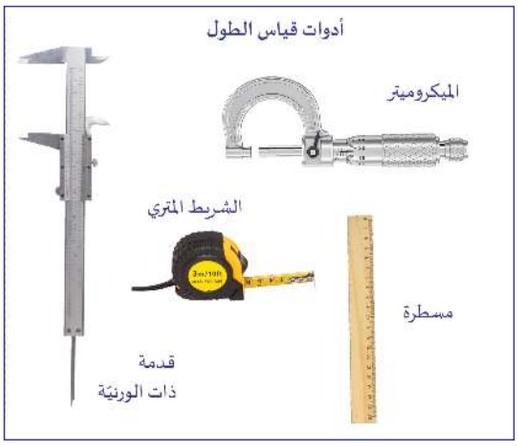
في حياتنا اليومية، نعتمد باستمرار على القياسات: الطول، الزمن، الكتلة، والسرعة. في الفيزياء القياس وحده لا يكفي بل يجب أن تكون هذه القياسات دقيقة ومضبوطة، لفهم القوانين الطبيعية والتأكد من صحتها.

قياس الأطوال

يقاس طول الأجسام باستخدام أدوات مختلفة بحسب أبعادها والدقة المطلوبة.

فالمسطرة الصغيرة تُستخدم لقياس الأطوال القصيرة مثل طول كتاب، بينما العصا المترية أو الشريط المتري مناسبة لقياس مسافات أطول مثل: طول الطاولة أو أبعاد ملعب كرة قدم.

أما القدمة ذات الورنية فتُستخدم لقياس أقطار الأجسام الدائرية الصغيرة مثل الأنابيب، في حين يُستخدم الميكرومتر لقياس الأبعاد الدقيقة جدًا مثل قطر السلك أو سمك ورقة.



الشكل 3-5 a الأدوات المُستخدمة لقياس الطول

قياس الكتل

يمكن قياس الكتلة باستخدام أدوات مختلفة مثل مقياس الكتلة الرقمي، أو الميزان ثلاثي الأذرع، أو ميزان الحمام. ويعتمد اختيار الأداة المناسبة على مقدار الكتلة المراد قياسها.

فمقياس الكتلة الرقمي المستخدم في المختبرات عادة يقيس كتلًا صغيرة لا تتجاوز 500 g بدقة عالية، بينما يُستخدم الميزان ثلاثي الأذرع لقياس الكتل للأجسام المتوسطة. أما ميزان الحمّام فهو مناسب لقياس الكتل الكبيرة مثل كتلة جسم الإنسان، إذ قد يصل مداه إلى نحو 300 kg .

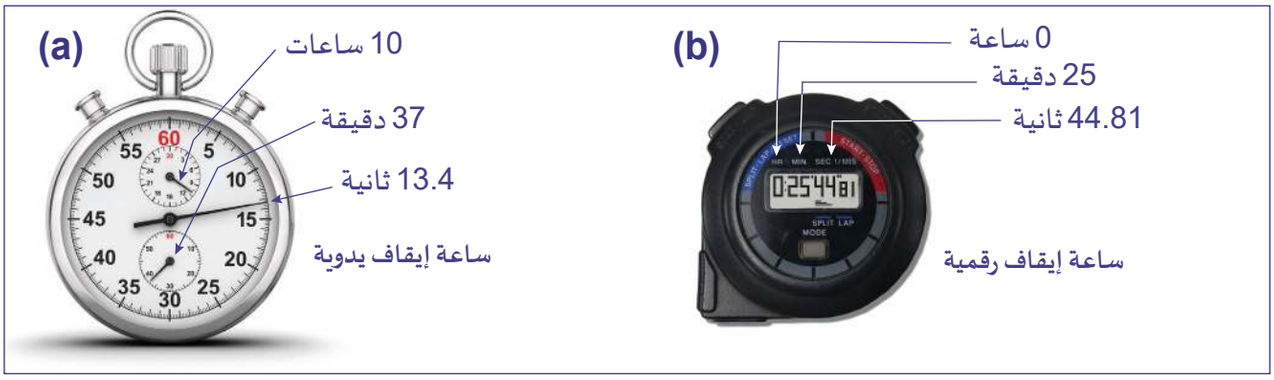


الشكل 3-5 b الأدوات المُستخدمة لقياس الكتلة.

قياس الزمن

الثانية هي الوحدة الأساسية لقياس الزمن في النظام الدولي للوحدات. تحتوي الدقيقة على 60 ثانية، والساعة على3,600 ثانية، واليوم على 86,400 ثانية. عند دراسة مسائل في الفيزياء نتعامل غالبًا مع فترات زمنية مثل 10 ثوانٍ أو 3 ساعات. لقياس هذه الفترات نستخدم أدوات خاصة مثل: ساعة الايقاف، ويوجد منها نوعان : ساعات الايقاف اليدوية والرقمية..

يُعبر عن الزمن أحيانًا باستخدام أكثر من وحدة، مثل الدقائق والثواني معًا. على سبيل المثال: إذا استغرقت سيارة سباق دقيقتين و 57.94 ثانية لقطع مسافة معينة، فلا يمكن استخدام هذه القيم مباشرة في الحسابات الفيزيائية. لذلك يجب أولًا تحويل جميع الوحدات إلى وحدة واحدة فقط، وغالبًا ما تكون الثانية، قبل إجراء أي عملية حسابية. (**الشكل 3-6a**). تُستخدم ساعة الإيقاف اليدوية مؤشّرات دوّارة بمقياس مُنفصل للساعات والدقائق والثواني. أما ساعة الإيقاف الرقمية(**الشكل 3-6b**)فتعرض الساعات والدقائق والثواني وفق الصيغة الآتية: HH:MM:SS.SS.



الشكل 3-6 ساعة الايقاف اليدوية a ، ساعة الايقاف الرقمية b .

مثال 11

تستغرق سيّارة في سباقٍ 3 ساعات، و 10 دقائق، و 37.1 ثانية، لتقطع مسافة 500 km. ما الفترة الزمنية التي استغرقتها السيارة في السباق بوحدة الثانية؟

المطلوب: الزمن بوحدة الثانية.

العلاقات: 1 h = 3600 s, 1 min = 60 s.

المعطيات: الزمن 3h، و 10 min، و 37.1 s المسافة : 500 km

التحويلات: $10\ \text{min} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 600\ \text{s}$ $\qquad 3\ \text{h} \times \frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}} = 10800\ \text{s}$

الحل : لكتابة الفترة الزمنية، نجمع الكميات معًا

$$\text{الفترة الزمنية} = 10800 + 600 + 37.1 = 11437.1\ \text{s}$$

القياس وهامش الخطأ

القياس هو إيجاد القيمة الحقيقية لكمّية فيزيائية، مثل: كتلة جسم وحجمه. في عمليات القياس، قد يكون هناك اختلاف بين القيمة المقيسة والقيمة الحقيقية، سواء كان ذلك بالزيادة او النقصان (-/+) وهو ما نُسمّيه بهامش الخطأ.

هامش الخطأ هو مقدار الزيادة أو النقصان المسموح به في القياس بسبب دقة الأداة.

يتمّ إجراء القياسات بواسطة الأجهزة، ، لكن لا يوجد جهاز مثالي في قياس الكميات الفيزيائية، وهناك خصائص للقياس تؤثر على عملية القياس ، منها:

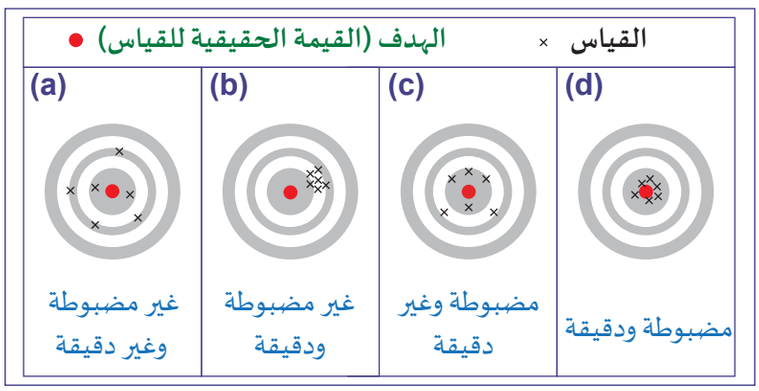
a. **دقّة الوضوح Resolution**، يُمثّلها أصغر تدريج يظهر على أداة القياس. فمثلاً يتضمّن مقياس الكتلة الرقمي عادة دقّة وضوح (أصغر تدريج) مقدارها 0.1 g ودقة وضوح المسطرة العادية 0.1 cm

b. **الضبط Accuracy** مدى قرب القيَم المقيسة من القيمة الحقيقية. فالمسطرة التي تمدّد أو انكمش طولها سيكون ضبطها ضعيفًا.

c. **الدقّة Precision** تصف مدى تقارُب نتائج القياس من بعضها البعض، بغضّ النظر عن قربها أو بُعدها عن القيمة الحقيقية.

لفهم دقة القياس وضبط أداة القياس نستخدم مثال التصويب في الرماية.

يُوضّح **الشكل 3-7** مثال للتصويب في الرماية، حيث يوجد الهدف (البقعة الحمراء) الذي يمثل القيمة الحقيقية للكمّية المقيسة في مركز اللوحة. بينما تنتشر الرميات (البقع السوداء) التي تمثل القياسات المختلفة في باقي اللوحة وبتوزيعات مختلفة.



الشكل 3-7 دقّة القياسات وضبط أداة القياس وأثرهما على نتائج القياس.

- المحاولة (**a**) تتّصف بعدم الدقّة وعدم الضبط؛ ذلك أنّ الرميات غير دقيقة لعدم تقارُبها، إضافة إلى أنها غير مضبوطة حيث جاءت معظم الرميات بعيدة عن الهدف.
- المحاولة (**b**) تتّصف بالدقّة وعدم الضبط؛ ذلك أنّ الرميات دقيقة لتقاربها، لكنها غير مضبوطة لأن الرميات جاءت بعيدة عن الهدف.
- تتّصف المحاولة (**c**) بالضبط وعدم الدقّة. ذلك أنّ توزّع الرميات حول الهدف يؤشّر على أنّها مضبوطة، لكنّ بُعدها عن بعضها البعض يدلّ على أنها غير دقيقة.
- المحاولة (**d**) تتّصف بالدقة والضبط؛ ذلك أنّ الرميات دقيقة لتقارُبها، إضافة إلى أنها مضبوطة ؛حيث جاءت الرميات جميعها قريبة من الهدف.

مثال 12

قام مجموعة من الطلاب بقياس طول قلم طوله 15.0 cm، وسجّل كل طالب مجموعة من القراءات كما في الجدول الآتي:

الطالب	البيانات التجريبية (cm)
الطالب (أ)	14.9 – 15.0 – 15.1 – 15.0
الطالب (ب)	16.2 – 16.1 – 16.3 – 16.2
الطالب (ج)	14.5 – 15.2 – 15.5 – 14.8
الطالب (د)	13.5 – 16.7 – 14.2 – 17.1

صف قراءات كل طالب من حيث الدقة و الضبط, من منهم قراءاته دقيقة و مضبوطة في آن واحد . برر اجابتك.

الحل:

الطالب	البيانات التجريبية (cm)	الشرح	نوع القياس
الطالب (أ)	14.9 – 15.0 – 15.1 – 15.0	القيم قريبة من القيمة الحقيقية ومتقاربة جدًا	دقيق ومضبوط
الطالب (ب)	16.2 – 16.1 – 16.3 – 16.2	القيم متقاربة معًا لكنها بعيدة عن القيمة الحقيقية	دقيق وغير مضبوط
الطالب (ج)	14.5 – 15.2 – 15.5 – 14.8	القيم متفرقة لكن متوسطها قريب من 15.0	غير دقيق ومضبوط
الطالب (د)	13.5 – 16.7 – 14.2 – 17.1	القيم متباعدة وبعيدة عن القيمة الحقيقية	غير دقيق وغير مضبوط

الطالب (أ)، لأن قراءاته متقاربة جدًا من بعضها (دقيقة) وقريبة من القيمة الحقيقية (مضبوطة).

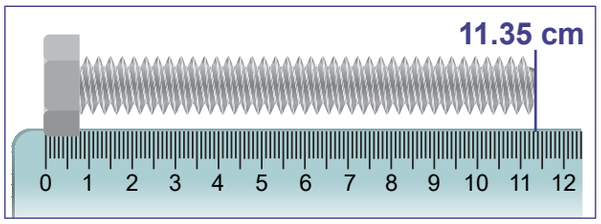
تُمثّل القياسات جميعها قيَمًا تقريبية للقيمة الحقيقية بزيادة أو نقصان كمّية من هامش الخطأ.

هامش الخطأ المطلق لأدوات القياس:

- **الأدوات اليدويّة Analog instruments**: يساوي هامش الخطأ المُطلق لأداة قياس يدويّة نصف أقلّ تدريج في الأداة، ويظهر على شكل زيادة أو نقصان.
- **الأدوات الرقمية Digital instruments**: يكون هامش الخطأ المُطلق لأداة قياس رقميّة مساويًا في العادة للزيادة أو النقصان لنصف أصغر تدريج يمكن أن تُظهرها.

مثال 13

يُوضّح **الشكل 8-3** قياس طول مسمار بواسطة المسطرة.



الشكل 8-3 قياس طول مسمار باستخدام المسطرة.

المطلوب:
a. ما مقدار دقّة الوضوح للمسطرة؟
b. ما هامش الخطأ المُطلق للقياس؟
c. اكتب قياس طول المسمار مع هامش الخطأ

المعطيات $d = 11.35\ cm$

العلاقات: هامش الخطأ المطلق يساوي نصف أصغر تدريج

الحل:
a. مقدار دقّة الوضوح للمسطرة هو 0.1 cm ؛ لأنه أصغر تدريج على المسطرة.

b. هامش الخطأ المُطلق للقياس هو $\frac{0.1}{2} = 0.05\ cm$

c. قياس طول المسمار مع هامش الخطأ.

من (**الشكل 8-3**) يتبين أن طول المسمار أكثر من 11.3 cm وأقلّ من 11.4 cm، وبالتالي فإنّنا نُقدّر أن تكون القيمة الحقيقية 11.35 cm تقريبًا. وبالتالي نكتب القياس الكامل مع هامش الخطأ $(11.35 \pm 0.05)\ cm$.

مثال 14

يُوضّح **الشكل 9-3** قياس كتلة بواسطة الميزان الرقمي.



الشكل 9-3 قياس كتلة بواسطة الميزان الرقمي.

المطلوب:
a. ما مقدار دقّة الوضوح للميزان؟
b. ما هامش الخطأ المُطلق للقياس؟
c. ما مدى الكتلة الحقيقي الذي تُظهره نتيجة القياس المبيّنة؟

المعطيات $m = 100\ g$

العلاقات: هامش الخطأ المطلق يساوي نصف أصغر قراءة

الحل:
a. مقدار دقّة الوضوح هو 1 جرام، لأنّه أقلّ تدريج يمكن أن يعرضه الميزان.

b. هامش الخطأ المُطلق هو $\pm 0.5\ g$.

c. مدى الكتلة الحقيقي التي تعطيها النتيجة المبيّنة في الشكل يتراوح بين 99.5 g و 100.5 g.

أنواع الأخطاء في القياس

هناك نوعان أساسيان من الأخطاء التي تحدث في القياس، هما:

- **الخطأ المُنتظم Systematic error**، ويحدث بسبب الأدوات المُستخدمة في القياس والتي لا تكون دقيقة، كاستخدام شريط قياس مُتمدّد أو ميزان ليس مضبوطًا على الصفر بشكل صحيح؛ حيث تؤثّر الأخطاء المُنتظمة على نتيجة القياس بالاتجاه نفسه. فالشريط المُتمدّد سيُعطي قراءة لمقدار المسافة أقلّ دائمًا من مقدار المسافة الفعليّة.
- **الخطأ العشوائي Random error**، ويحدث بسبب عوامل عديدة. وقد يجعل نتيجة أيَّة عملية قياس أكبر من القيمة الفعلية، أو أصغر منها. فكلما كانت الدقّة عالية، كان الخطأ العشوائي أقلّ. فحركات الهواء الصغيرة واهتزازات الطاولة تسبّب أخطاءً عشوائية أكبر من 0.001 g في قراءة ميزان حسّاس.

تقليل هامش الخطأ

1. **الخطأ المُنتظم Systematic error** يمكن في العادة تقليل هامش الخطأ الناتج عن الخطأ المُنتظم من خلال إجراء معايرة للأداة؛ حيث يتم في المُعايرة ضبط الأداة على قيمة معلومة. ومن أبسط الأمثلة على ذلك ضبط الميزان الرقمي على الصفر عندما لا توضع أي كتلة عليه.
2. **الخطأ العشوائي Random error** يمكننا التقليل من تأثير الخطأ العشوائي باستخدام المتوسط الحسابي (**Average**) لعدد من القياسات. فعند إجراء عدة قياسات لكمية واحدة، قد تكون بعض القيم أكبر من القيمة الحقيقية، وبعضها أصغر منها. هذه الزيادات والنقصانات تميل إلى أن تلغي بعضها جزئيًا؛ مما يجعل المتوسط الحسابي أفضل تقدير للقيمة الحقيقية من أي قياس منفرد.

المتوسط الحسابي لعدد من القياسات هو أفضل تقدير للقيمة الحقيقية للكمية المقيسة.

هامش الخطأ التقديري يساوي الفرق بين المتوسط الحسابي للقيم المقيسة وكل من أكبر قيمة وأصغر قيمة للقياس.

استراتيجية حل المسائل

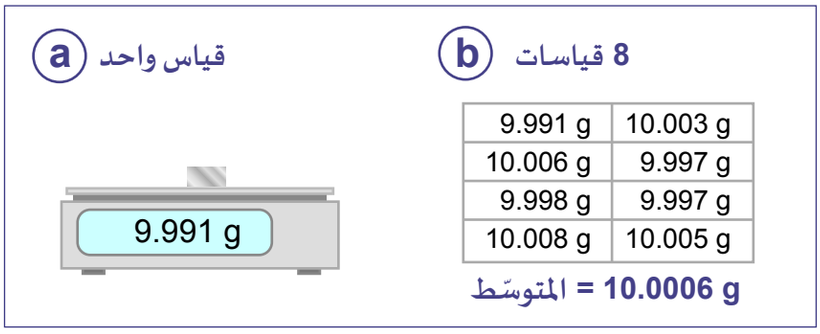
حساب المتوسط الحسابي:

$$\text{المتوسط الحسابي لعدد من القراءات} = \frac{\text{مجموع القراءات}}{\text{عددها}}$$

مثال 15

أجرى مجموعة من الطلاب تجربة لقياس كتلة قطعة من الفضة، فقاس الطالب الأول قياسًا منفردًا، كما في **(الشكل 3-10 a)** حصل خلاله على النتيجة 9.991 g ، ثم قرر الطلاب تكرار عملية القياس عدة مرات وتسجيل النتائج في الجدول المبين في **(الشكل3-10 b)**. علمًا أن القيمة الحقيقية للكتلة 10.000 g

(a) احسب المتوسط الحسابي. ، (b) احسب هامش الخطأ التقديري للقياسات. (c) بين أيّ الطريقتين أفضل في تقدير القيمة الحقيقية.



الشكل3-10 (a) قياس واحد ،(b)المتوسّط لعدّة قياسات.

المطلوب: (a) المتوسط الحسابي (b) هامش الخطأ التقديري، (c) الطريقة الأفضل لتقدير القيمة الحقيقية.

المعطيات: القياسات الظاهرة في الشكل **3-10**

العلاقات: المتوسط الحسابي يساوي مجموع القياسات مقسومًا على عددها.

الحل:

a. $m_{ave} = \frac{\sum m}{n}$

$$m_{ave} = \frac{9.991+10.006+9.998+10.008+10.003+9.997+9.997+10.005}{8}$$

المتوسط الحسابي $m_{ave} = 10.0006\ g$

ايجاد انحراف اكبر قيمة واصغر قيمة عن المتوسط الحسابي $|10.008 - 10.0006| = 0.0074$

$|9.991 - 10.0006| = 0.0096$

b. هامش الخطأ التقديري يساوي الانحراف الأكبر عن المتوسط الحسابي وهو:

$\Delta m = 0.0096 \approx 0.010$

$\Delta m = \pm 0.010\ g$

c. نلاحظ أن المتوسط أكثر دقة من القياس الانفرادي، لأن الأخطاء العشوائية في الاتجاهين تُلغي بعضها عند حساب المتوسط، وتكون النتيجة أقرب للقيمة الحقيقية.

قياسُ الأبعادِ الصغيرة

توجد أبعادٌ صغيرة قد تكون بضعة ملّيمترات أو أقلّ من ملّيمتر واحد، مثل: سُمك ورقة أو قطر سلك رفيع جدًّا، لا يمكن قياسها باستخدام المسطرة. تُستخدم أدوات خاصّة لقياسها، منها: القدمة ذات الورنية والميكروميتر.

أولا : القدمةُ ذات الورنية Vernier caliper: القدمة ذات الورنية أداة تستخدم لقياس الأبعاد الصغيرة بدقة عالية، مثل قطر انبوب، وتتكوّن من تدريجين:

تدريج ثابت على الساق الرئيسية، المسافة بين علامتين متتاليتين فيه تساوي 1 mm .

تدريج متحرّك (الورنية) يتحرك فوق التدريج الثابت، والمسافة بين علامتين متتاليتين فيه تساوي 0.1 mm .

يُساعد هذا التدريج المتحرّك على قراءة أجزاء المليمتر بدقة أكبر، لذلك يكون هامش الخطأ في قراءة القدمة ذات الورنية 0.05 mm± أي أن القياس قد يزيد أو ينقص بمقدار صغير يساوي نصف أصغر تدريج في الورنية.

طريقة القراءة:

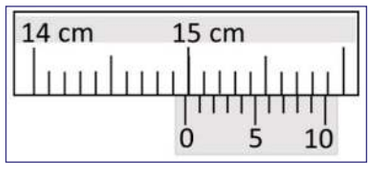
1. اقرأ أولًا القياس بالمليمترات من التدريج الثابت (أي الجزء قبل الصفر في الورنية).
2. لاحظ أيّ خط في التدريج المتحرّك يتطابق تمامًا مع أحد خطوط التدريج الثابت.
3. أضف القيمة المقروءة من الورنية (بأجزاء المليمتر) إلى القيمة من التدريج الثابت لتحصل على القياس النهائي.



الشكل 3-11 أداة القدمة ذات الورنية.

مثال 16

يوضّح **الشكل 3-12** المجاور تدريج القدمة ذات الورنية، الذي يظهر عليه قياس قطر أنبوب صغير. ما القياس الذي تُعطيه القدمة ذات الورنيّة والمُوضّح في الشكل المجاور؟.



الشكل 3-12 القياس باستخدام القدمة ذات الورنية

المطلوب: قراءة القياس.

المُعطيات: الشكل 3 - 12.

الحلّ: نلاحظ في الشكل المجاور أن قراءةَ التدريجِ الثابتِ تساوي (149 mm = 14.9 cm)، وقراءةَ التدريجِ المتحرّكِ تساوي 0.8 mm، لأن التدريجَ المتحرّكَ الثامن فقط مطابقٌ لتدريجٍ ثابتٍ مقابل له؛ بذلك تكونُ قراءةُ القدمة ذات الورنية، هي:

149 mm + 0.8 mm = 149.8 mm

وبما أنّ أصغر تدريج في القدمة ذات الورنية هو 0.1 mm فإن هامش الخطأ فيها يساوي 0.05 mm±،

القياس = 149.8 mm ±0.05 mm

ثانيًا :الميكروميتر Micrometer: الميكروميتر أداة أكثر دقة من القدمة ذات الورنية، وتُستخدم لقياس الأبعاد الصغيرة جدًا مثل سُمك الأسلاك وأقطار المسامير الدقيقة و سُمك ورقة.

يتكوّن الميكروميتر من جزأين رئيسين:

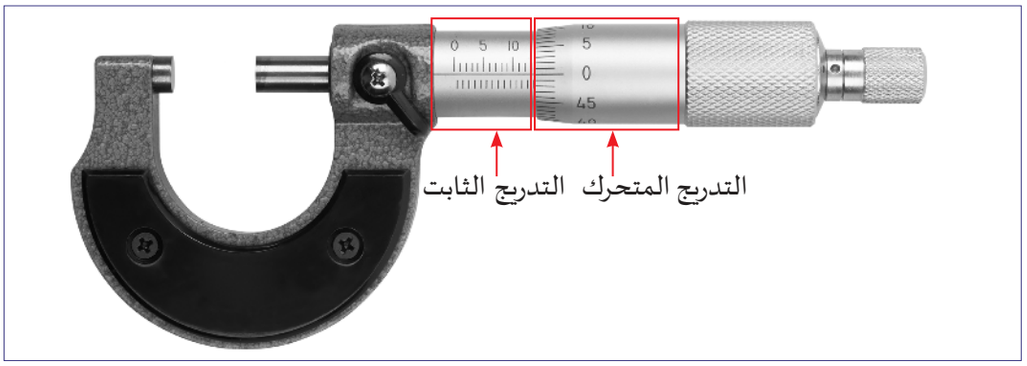
التدريج الثابت الموجود على الأسطوانة، وأصغر تقسيم فيه يساوي 0.5 mm.

التدريج المتحرّك (على القرص الدوّار)، مقسّم إلى 50 قسمًا، وتفصل بين كل علامتين مسافة 0.01 mm .

ويبلغ هامش الخطأ في الميكروميتر 0.005 mm ± وهو من أدق أدوات القياس في المختبرات.

طريقة قراءة القياس:

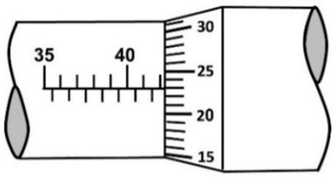
1. اقرأ التدريج الثابت على الأسطوانة (عدد المليمترات الكاملة قبل القرص الدوّار) (مثل 5 أو 5.5 mm).
2. ابحث عن الخط المتطابق على التدريج المتحرّك (القرص الدوّار)، ثم اضرب رقم هذا الخط في 0.01 mm للحصول على الجزء العشري.
3. أضف القراءتين (من التدريج الثابت والمتحرّك) لتحصل على القياس الكامل



الشكل 3-13 أداة الميكروميتر.

مثال 17

يوضّح **الشكل 3-14** تدريج أداة الميكروميتر، الذي يظهر عليه قياس سمْك قطعة من الفولاذ. اقرأ القياس، ثم حدّد مجال القياسات التي يتضمّنها هامش الخطأ في الميكروميتر.



الشكل 3-14 القياس باستخدام الميكروميتر.

المطلوب: قراءة القياس

المُعطيات: الشكل 3-14 .

الحلّ: نلاحظ في الشكل المجاور أن قراءةَ التدريجِ الثابتِ تساوي 42 mm، والقراءةَ المتحركةَ على القرصِ تساوي (23) وبالتالي تكون القراءة (23 × 0.01 mm = 0.23 mm).

تكونُ القراءة الكلّية الميكروميتر : 42 mm + 0.23 mm = 42.23 mm

وبما أنّ أصغر تدريج في الميكروميتر يبلغ 0.01 mm فإن هامش الخطأ فيه يساوي 0.005 mm ±

قراءة القياس = 42.23 ± 0.005 mm

نشاط 2-3 إجراء القياسات

سؤال الاستقصاء	كيف يمكننا إدراج هامش الخطأ عند إجراء قياسات بسيطة؟
الموادّ المطلوبة	القدمة ذات الورنية، الميكروميتر، سلك رفيع، كرات فولاذية تتراوح أطوال أقطارها بين 5 mm و 20 mm، مسطرة، كتل 10 g، و 20 g، و 30 g ، نابض، ساعة إيقاف.

خطوات تجربة قياس قطر كرة معدنية صغيرة

الأداة	القراءة 1	القراءة 2	المتوسط الحسابي

1. اختر الأداة المناسبة للقياس.
2. سجّل هامش خطأ القياس.
3. قم بالقياس مرتَين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.
4. احسب المتوسط الحسابي للقياسات.

خطوات التجربة قياس سُمك سلك

الأداة	القراءة 1	القراءة 2	المتوسط الحسابي

1. اختر الأداة المناسبة للقياس.
2. سجّل هامش خطأ القياس.
3. قم بالقياس مرتَين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.
4. احسب المتوسط الحسابي للقياسات.

خطوات تجربة قياس زمن سقوط جسم على منحدر بسيط

1. ضع اللوح على سطح مرتفع من أحد طرفيه بحيث يشكّل منحدرًا مائلًا بزاوية بسيطة.
2. استخدم المسطرة لقياس المسافة من نقطة البداية إلى نهاية المسار (مثل 30 cm).
3. ضع الكرة عند أعلى المنحدر. في اللحظة التي تُفلت فيها الكرة، ابدأ تشغيل ساعة الإيقاف ثم أوقف الساعة عندما تصل الكرة إلى أسفل اللوح، سجّل الزمن المستغرق .
4. كرّر الخطوات السابقة ثلاث مرات للمسافة نفسها، ثم احسب متوسط الزمن.
5. غيّر طول المسار (مثلاً 70 cm ، 50 cm) وكرّر القياسات.
6. سجّل القيم في جدول (المسافة – الزمن – مربع الزمن).
7. ارسم مخططًا بيانيًا بين المسافة ومربع الزمن لتلاحظ العلاقة.

المسافة cm	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t (s)	t^2 $(s)^2$
30					
50					
70					

تقويم الدرس 2-3

1. بيّن دقة الوضوح في الأدوات التي اظهرت القياسات التالية:
15.11 g ، 24 m/s ، 216 m ، 8.125 N ، 25.8 s.

2. اذكر اسم الأداة المناسبة لقياس الأطوال الآتية:
a. سُمْك كتاب.
b. سُمْك ورقة.
c. كتلة خاتم من المجوهرات.

3. قام ثلاثة طلاب بقياس كتلة مُكعّب مصنوع من الرصاص كتلته الحقيقية 12 g، فحصلوا على البيانات المبيّنة في الجدول المجاور. صِفْ كلًّا من دقّة وضبط القياسات التي أجراها كل طالب.

	المحاولة 1	المحاولة 2	المحاولة 3
الطالب 1	6.9 g	7.2 g	7.0 g
الطالب 2	8.0 g	11.5 g	5.0 g
الطالب 3	12.2 g	11.8 g	12.0 g

4. أُجريت أربع قياسات لطول جسم حقيقي مقداره 10.00 cm كما يأتي:
10.30 cm ، 10.05 cm ، 9.90 cm ، 9.10 cm
أيّ القياسات السابقة أكثر ضبطًا (Accuracy)؟

5. يعرض الجدول المُقابل ستّة قياسات للقيمة نفسها في ستّة اختبارات.

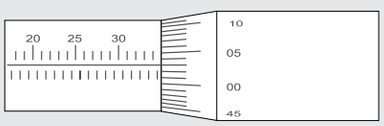
الزمن المقيس	
102 s	105 s
105 s	99 s
93 s	96 s

a. ما المتوسّط مقرّبًا إلى أقرب 0.1 s؟
b. بافتراض أنّ المتوسّط هو القيمة الحقيقية. قدّر هامش الخطأ في المتوسّط مُقربًا إلى أقرب 0.1 s.

6. ما الفرق بين الخطأ المُنتظم والخطأ العشوائي؟

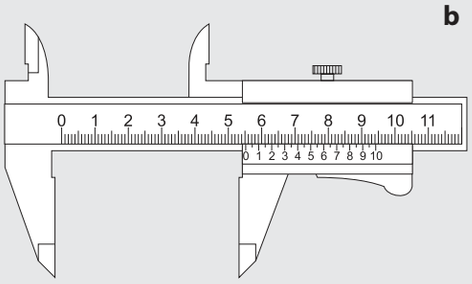
7. ما القياسات التي تعطيها الأدوات الموضحة في الأشكال أدناه؟

a



.....
.....
.....

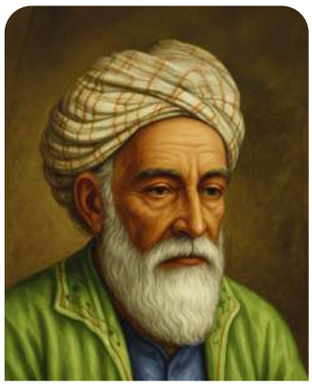
b



.....
.....
.....

ضوء على العلماء

عمر الخيّام: 3048- 1131 م



من هو عمر الخيّام؟

- عالم رياضيات وفلك وفيلسوف وشاعر مسلم.
- اسمه الكامل: غياث الدين عمر بن إبراهيم الخيّام النيسابوري.
- وُلِد في مدينة نيسابور، بإيران، وعُرف بدقته في حساب التقويم الشمسي.

حياته وأعماله

- وُلد عام 1048 م وتوفي عام 1131م.
- عمل في مرصد أصفهان بأمر من السلطان ملكشاه السلجوقي.
- قاد فريقًا من العلماء لوضع تقويم جديد أكثر دقة.
- جمع بين العلم والفلسفة والشعر.

إنجازاته العلمية في الفلك

- صمّم تقويمًا شمسيًا دقيقًا سماه "التقويم الجلالي".
- بلغ خطأ السنة الشمسية في حسابه دقيقة واحدة فقط ويطابق الحسابات الحديثة بدقة مذهلة.
- كان أكثر دقة في تحديد مدة السنة في التقويم الميلادي حتى عام 1582م.

إنجازاته العلمية في الرياضيات

- طوّر طرقًا جديدة لحل المعادلات التكعيبية.
- ساهم في تطوير الهندسة الإقليدية.
- استخدم أساليب جبرية متقدمة لم تكن معروفة من قبل.

إرثه العلمي

- ما زالت إسهاماته الرياضية والفلكية تُدرّس في الجامعات.
- يُعد من أعظم علماء الرياضيات في العصور الوسطى.

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

الدرس 3-1: النظام الدولي للوحدات (SI)

- طُوِّر **النظام الدولي للوحدات International System of Units (SI)** ليضع معيارًا موحّدًا للاستخدامات التجاريّة والصناعية.
- هناك سبع **وحدات أساسية Fundamental Units** في النظام الدولي للوحدات (SI).
- تُستخرَج **الوحدات المُشتقّة Derived Units** من الوحدات الأساسية.
- **الصيغة العلميّة Scientafic notaion** التعبير عن المقدار برقم عُشري يكون أكبر من أو يساوي الواحد وأصغر من 10، مضروبًا في قوة من الرقم (10).
- يُستخدم **الأُسّ Exponent** لتحويل أيّ عدد كبير أو صغير إلى الصيغة العلميّة. يدُلّ الأُسّ على الخانات العُشرية التي يجب تحريكها.

الدرس 3-2: القياسات

- **دقّة الوضوح Resolution** ، يُمثّلها أصغر تدريج يظهر على أداة القياس.
- **الدقّة Precision** تصف مدى تقارُب نتائج القياس من بعضها البعض ، بغضّ النظر عن قربها أو بُعدها عن القيمة الحقيقية.
- **الضبط Accuracy** مدى قرب القيَم المقيسة من القيمة الحقيقية للقياس.
- يُساعد هامش **الخطأ المُطلق Absolute uncertainty** للقياس على تحديد الضبط في عمليّة القياس.

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من المقادير الآتية لا يُكافئ المقدار 12.7 cm؟

   a. 1.27×10^{3} mm
   b. 1.27×10^{1} cm
   c. 1.27×10^{-3} m
   d. 1.27×10^{-4} km

2. كم مترًا مربّعًا في المقدار $560\ cm^2$؟

   a. $5.6\ m^2$
   b. $0.56\ m^2$
   c. $0.056\ m^2$
   d. $0.0056\ m^2$

3. كم ثانية في 4 ساعات و34 دقيقة؟

   a. 16440
   b. 9650
   c. 13470
   d. 12740

4. ماذا تمثل دقة الوضوح لقياسات جهاز ما؟

   a. أصغر تدريج يمكن قراءته
   b. أكبر تدريج يمكن قراءته
   c. الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة
   d. متوسط عدد القراءات لنفس الكمية

5. أيٌّ الكميّات الآتية كمّية مُشتقّة؟

   a. الكتلة
   b. الكثافة
   c. شدّة التيار الكهربائي
   d. درجة الحرارة

6. إذا أردنا قياس سرعة كرة تتدحرج على سطحٍ مائل، فما مجموعة القياسات الأكثر دقّة إذا كانت سرعة الكرة 4 m/s؟

   a. 11 m/s, 13 m/s, 3.4 m/s, 2.0 m/s
   b. 4.9 m/s, 3.15 m/s, 2.92 m/s, 2.90 m/s
   c. 5.0 m/s, 5.5 m/s, 3.2 m/s, 3.0 m/s
   d. 4.10 m/s, 4.15 m/s, 4.00 m/s, 3.90 m/s

7. أجرى طالب تجربة لإيجاد كثافة مُكعّب جليد. أيٌّ من المصادر الآتية قد يكون مصدرًا لهامش خطأ في قياسه؟

a. عدم ارتدائه العدسات اللاصقة في ذلك اليوم.

b. مسطرته التي تقيس طول الضلع إلى أقرب 0.5 cm.

c. وقوع مُكعّب الجليد على الأرض من دون قصد منه.

d. قد يُسهم أكثر من واحد من هذه المصادر في هامش خطأ تجربته.

8. يُحاول طالب معرفة تسارُع درّاجته الهوائية. فقاس سرعتها والفترة الزمنية، وحسب التسارُع في أربع محاولات. أي من هذه المحاولات تستخدم في معرفة هامش الخطأ، لأنها تعطي أقصى انحراف عن المتوسّط؟

a. $1.1\ m/s^2$ **c.** $1.4\ m/s^2$

b. $1.5\ m/s^2$ **d.** $1.6\ m/s^2$

9. أي من الآتي هو التقدير الأفضل لهامش خطأ متوسّط البيانات الآتية؟.

الكتل المقيسة	
157 g	166 g
160 g	161 g
164 g	158 g

a. 0.5 g **c.** 5.0 g

b. 1.0 g **d.** 10.0 g

أسئلة ذات إجابات قصيرة

الدرس 3-1: النظام الدولي للوحدات (SI)

10. هل وحدة الحجم وحدة أساسية أم وحدة مُشتقّة؟ اشرح إجابتك.

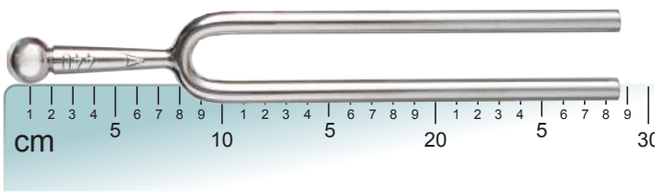
11. اكتب الرقم 0.00000000000345 وفق الصيغة العلميّة.

12. يعرّف الشغل بأنه حاصل ضرب القوة في الازاحة. اشتق وحدة قياس اشغل اعتمادا على الوحدات الاساسية.

13. أيُّهما أطول مُدّة زمنيّة: سنة واحدة، أم 8897 ساعة، أم $3.14 \times 10^7\ s$؟

الدرس 3-2: القياسات

14. كم يبلغ طول الشوكة الرنّانة عند قياسها باستخدام المسطرة المُبيّنة في الشكل؟ اكتب هامش خطأ القياس في إجابتك.



15. اكتب القيَم الآتية وفق الصيغة العلميّة بوحدات المتر (m)، أو الكيلوجرام (kg)، أو الثواني (s). وفق ما يُناسبها.

a. 2.998 cm

b. 31.2 kg

c. 500 m

d. 0.209 μm

e. 0.00030 s

16. صف مسببات هوامش الخطأ في البيانات المقيسة.

17. وضع مُهندس التحكّم بالجودة كتلة معيارية 1.000 kg على ميزان بقالة، وسجّل القراءة. ثمّ رفع الكتلة المعياريّة، وراح ينقر بيده على الميزان عدّة مرّات ثمّ أعاد وضع الكتلة المعيارية من جديد على الميزان وسجّل القراءة الجديدة. كرّر المُهندس ذلك ست مرّات وحصل على البيانات المُدرَجة في الجدول المقابل. أجب عن الأسئلة الآتية.

الكتل المقيسة
1.05 kg
0.95 kg
1.02 kg
0.98 kg
0.94 kg
1.06 kg

a. ما هامش الخطأ المُطلق للميزان؟

b. هل هناك خطأ مُنتظم في الميزان؟ كيف تعرف ذلك؟

تقويم الوحدة

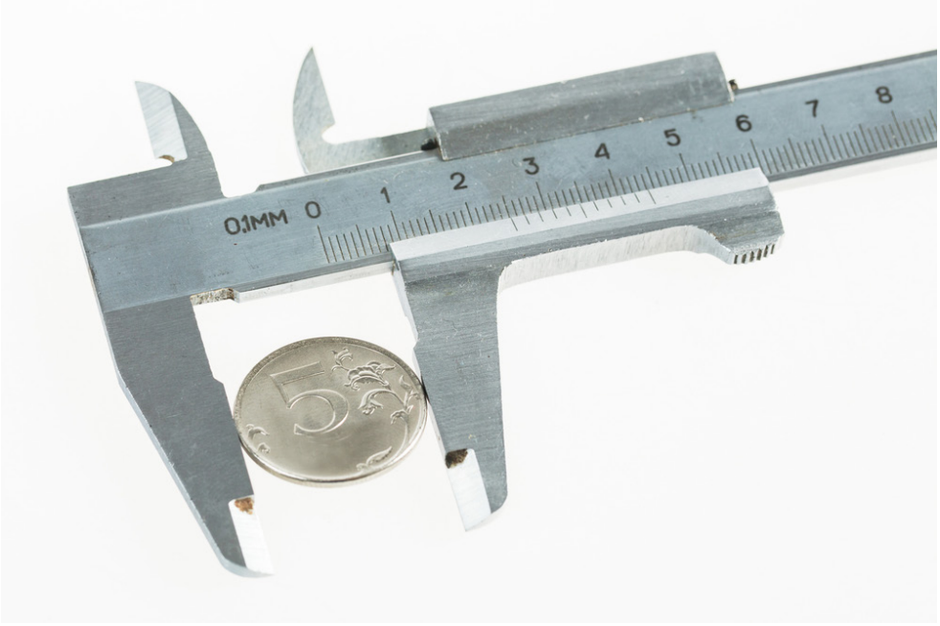
*18. أُجريت تجربة لقياس سرعة الضوء في مادة شفّافة مُعيّنة. يُوضّح الجدول الآتي عشر محاولات للقياس.

a. ما متوسّط القياسات العشرة؟

b. ما هامش الخطأ التقديري للمتوسِّط؟

2.93×10^8 m/s	2.69×10^8 m/s
2.85×10^8 m/s	2.81×10^8 m/s
2.65×10^8 m/s	2.75×10^8 m/s
2.66×10^8 m/s	2.71×10^8 m/s
2.81×10^8 m/s	2.88×10^8 m/s

19. ما القياس الذي تُعطيه القدمة ذات الورنيّة المُوضّحة في الشكل أدناه؟





الوحدة 4

الحـرارة وتغّير حـالات المـادة

Heat and changes in the states of matter

في هذه الوحدة

الدرس 4-1:	درجة الحرارة والحرارة	P1006
الدرس 4-2:	السعة الحرارية النوعيّة والحرارة الكامنة النوعيّة	P1007

الوحدة 4

مقدّمة الوحدة

تخيل أنك تمسك بمكعب جليدي صلب في يدك، تشعر ببرودته ، ثم تراه ينصهر ليصبح ماءً سائلاً، وعند تسخينه يتحول إلى بخار ماء يتصاعد في الهواء. هذا المشهد البسيط يفتح لنا الباب لفهم أحد أهم أسرار الطبيعة: المادة في حالاتها المختلفة.

في هذه الوحدة سنتناول مفاهيم علمية مهمة مثل: الطاقة الحرارية ودورها في تغيير حالة المادة، و السعة الحرارية التي تحدد مقدار الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة معينة. وسنكتشف كيف تتحول الطاقة من شكل إلى آخر.

إن دراسة حالات المادة لا تكشف لنا فقط عن أسرار الجليد والماء والبخار، بل تساعدنا أيضًا على فهم ظواهر حياتية وصناعية معقدة، من عمل الثلاجات ومحركات السيارات، إلى تفسير الظواهر الطبيعية مثل تكوّن السحب وتساقط الأمطار.

الأنشطة والتجارب

1-4 مُعايرة مقياس درجة الحرارة

a 2-4 السعة الحراريّة النوعيّة

b 2-4 الحرارة الكامنة النوعية للانصهار

الدرس 4-1

درجة الحرارة والحرارة
Temperature and Heat

ينتشر عدد من الأنواع المُختلفة لمقاييس درجة الحرارة (الثرموميترات) ولمُستشعرات درجة الحرارة في العالم اليوم. ويشيع استخدام المزدوج الحراري خاصةً في التطبيقات الصناعية (**الشكل 4-1**)، وهو أداة استشعار كهربائية تتكوّن من سلكَين مصنوعَين من مواد فلزيّة مُختلفة.

تتّصل هذه الأسلاك بنقطتين، أو عُقدتين، يُنتِج الاختلاف في درجة الحرارة بينهما جهدًا كهربائيًّا، يُحفّز قراءة درجة الحرارة.



الشكل 4-1 المزدوج الحراري.

مخرجات التّعلُّم

P1006.1 يتذكر أن درجة حرارة المادة هي مقياس لمتوسط الطاقة الحركية لجزيئاتها بسبب حركتها العشوائية.

P1006.2 يوضح ممّا يتركب مقياس درجة الحرارة (الثرموميتر)، وكيف يمكن التحويل بين أنظمة درجات الحرارة المختلفة.

P1006.3 يصف الطاقة الحرارية المخزنة في جسم على أنها طاقة الجزيئات الكلية بسبب حركتها العشوائية.

P1006.4 يدرك أن الطاقة الحرارية تنتقل من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة ذات درجة حرارة منخفضة، وأن المناطق ذات درجات الحرارة المتساوية تكون في حالة اتزان حراري.

المفردات

مقياس درجة الحرارة	Thermometer
الطاقة الحركيّة	Kinetic energy
درجة الحرارة	Temperature
المقياس السيليزي	Celsius scale
المقياس الفهرنهايتي	Fahrenheit scale
الصِفر المُطلق	Absolute zero
المقياس المُطلق (كلفن)	Kelvin scale
الطاقة الحرارية	Thermal energy
الاتّزان الحراري	Thermal equilibrium
مُعايرة	Calibration

مقياس درجة الحرارة السائل

مقياس درجة الحرارة Thermometer جهاز يُستخدَم لقياس درجة الحرارة. ورغم انتشار أنواع عديدة من مقاييس درجة الحرارة الرقميّة المُختلفة اليوم، فإنّ مقياس درجة الحرارة الزجاجي الذي يحتوي على سائل لايزال يُستخدَم بشكل واسع. يُوضّح (**الشكل 4-2**) أنواع من مقاييس درجة الحرارة المستخدمة في القياس العلمي واليومي. يظهر المقياس الزئبقي الذي يعتمد على تمدد الزئبق داخل أنبوب زجاجي لقياس درجة الحرارة بدقة عالية. أما المقياس الكحولي فيستخدم الكحول الملوّن كبديل آمن للزئبق، ويتميز بقدرته على قياس الدرجات المنخفضة جدًا. ويمثل المقياس المزدوج الذي يجمع بين الفهرنهايتي والسيليزي في تدريج واحد لتسهيل قراءة درجة الحرارة بنظامين مختلفين. تساعد هذه المقاييس على فهم التغير الحراري في البيئة والتجارب العلمية بدقة ووضوح.



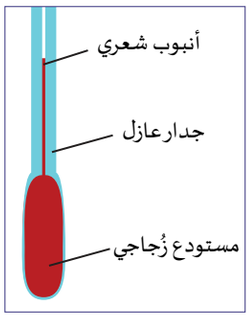
الشكل 4-2 مقياس درجة الحرارة السائل.

السائل المُستخدَم في مقياس درجة الحرارة

تُعدُّ خاصيّة تمدُّد السائل وتقلُّصه وفق التغيّرات التي تطرأ على درجة الحرارة خاصيّة مُفيدة في مقياس درجة الحرارة. لكنْ هل يعني ذلك أنّ استخدام أيّ نوع من السوائل سيكون مُفيدًا في هذا المقياس؟ الإجابة هي لا، لأن السائل المُستخدَم يجب أن يتميّز بالخصائص الآتية:

- يتمدد و يتقلص بشكل منتظم مع تغيُّر درجة الحرارة.
- يكون حسّاسًا بما يكفي للكشف عن التغيُّرات الصغيرة في درجة الحرارة.
- يمتلك درجة تجمّد مُنخفضة ودرجة غليان مُرتفعة، لكي يبقى على حالته السائله، مما يتيح مدى واسع للقياس.

أجزاء مقياس درجة الحرارة السائل



الشكل 4-3 أجزاء مقياس درجة الحرارة.

يتكوّن مقياس درجة الحرارة الزجاجي من مستودع زجاجي يُختزن فيه السائل. يُصنع المستودع من زجاج رقيق يجعله عالي الحساسية للحرارة..

يتصل المستودع بأنبوب رفيع يُسمّى "الأنبوب الشعري". ويكون رفيعًا جدًا ليزيد من مدى القياس لدرجة الحرارة؛ حيث تسمح الأنابيب الشعرية الدقيقة بملاحظة أقلّ التغيّرات في درجات الحرارة. ويكون الأنبوب الشعري هذا معزولاً، حتى لا تتأثر درجة الحرارة المقروءة.

أجرِ بحثًا حول درجة الغليان ودرجة التجمّد لكل من الكحول والزئبق ، استخدم بحثك لتبين :.

1. ما الذي يجعل مقياس درجة الحرارة الكحولي مناسبًا أكثر في قياس درجات الحرارة المُنخفضة.
2. لماذا يكون مقياس درجة الحرارة الزئبقي مناسبًا أكثر في قياس درجات الحرارة المُرتفعة؟

درجة الحرارة

علميًا، لا تُشير مُفردتا "بارد" و"ساخن" إلى الحرارة، بل إنّهما تَصِفان درجة الحرارة. تعني مُفردة "ساخن" درجة حرارة مرتفعة، أمّا مفردة "بارد" فتعني درجة حرارة مُنخفضة. تُعدُّ الحرارة شكلًا من أشكال الطاقة، أمّا درجة الحرارة فأمرها مُختلف تمامًا. يستشعر الإنسان وبعض الحيوانات درجة الحرارة على أنها خاضعة لحاسة اللمس. إلّا أنّ إحساسنا بدرجة الحرارة ليس دقيقًا جدًا. فإذا كنت في غرفة درجة حرارتها 20°C ثمّ انتقلت إلى غرفة درجة حرارتها 25°C، فسوف تشعر بالدفء. وإذا كنت في غرفة درجة حرارتها 30°C ثمّ انتقلت إلى الغرفة نفسها التي تبلغ درجة حرارتها 25°C فسوف تشعر بالبرودة. لذلك لا بد من استخدام مقياس درجة الحرارة، لتحديد القياس الدقيق بدرجة الحرارة.

الطاقة الحرارية Thermal Energy هي مجموع الطاقات الحركية العشوائية لجسيمات المادة (ذراتها أو جزيئاتها) الناتجة عن حركتها المستمرة، وتزداد بارتفاع درجة الحرارة ، عند تسخين الماء، تزداد حركة جزيئاته فترتفع درجة حرارته.

درجة الحرارة Temperature مقياس لمتوسّط الطاقة الحركية للذرّات والجُزيئات. وتعني درجات الحرارة المُرتفعة أنّ الذرّات المُفردة في المادة تتحرّك على المستوى المجهري (الميكروسكوبي) بطاقة حركيّة أكبر.

من المُهم إجراء قياس دقيق لدرجة الحرارة في العديد من التطبيقات المُستخدمة في مجال الصحة والتكنولوجيا. حيث تُستخدم مقاييس مختلفة لدرجة الحرارة في تلك التطبيقات.

يُوضّح(**الشكل 4-4**) أنواعًا مُختلفة من مقاييس درجة الحرارة (ثيرموميتر).

- تتغيّر الكثير من خصائص المادة عندما تتغيّر درجة حرارتها؛ فبعض المواد تتمدّد فيزداد حجمها، مثل الزئبق والكحول، وبعض المواد تتغير حالتها، أو لونها. ومواد أخرى تتغير مقاومتها الكهربائية..
- تمّ ابتكار الكثير من مقاييس درجة الحرارة، اعتمادًا على استخدام الخصائص المُختلفة للمادة، ومنها التمدّد.
- تشتمل كثير من التقنيات الحديثة على مُستشعرات لدرجة الحرارة، كالثيرموستات، الذي يُعدّ جُزءًا من مقياس درجة حرارة إلكتروني أو رقمي.



الشكل4-4 مقاييس مختلفة لدرجة الحرارة (ثرموميتر).

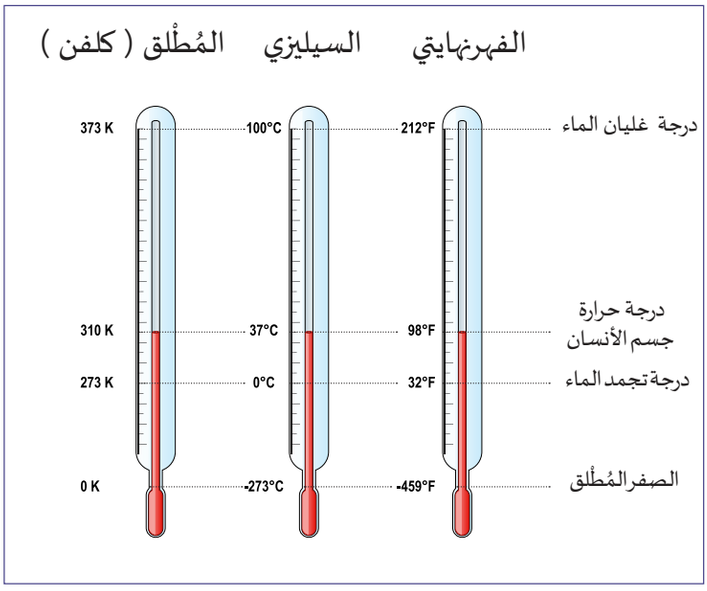
تقيس درجة الحرارة متوسّط الطاقة الحركيّة للذرّات والجُزيئات العشوائيّة.

مقاييس درجة الحرارة

يوضح (**الشكل 4-5**) مقاييس درجات الحرارة السيليزي والفهرنهايتي والمطلق ، كما يبين أختلاف مدى المقياس بين الأنواع الثلاثة وبالتالي تكون قراءات درجات الحرارة الخاصة بكل نوع مختلفة عن الأخر.

سنتعرف على كيفية تحويل درجات الحرارة بين المقاييس الثلاثة من خلال علاقات رياضية .

يوضح (**الجدول 4-1**) مقارنة بين مقاييس درجات الحرارة الثلاثة.



الشكل 4-5 مقاييس درجة الحرارة السيليزي والفهرنهايتي والمُطْلق.

الجدول 4-1 مقارنة بين مقياس فهرنهايت و مقياس سيليزي و مقياس كلفن

الخاصية	مقياس فهرنهايت (°F)	مقياس سيليزي (°C)	مقياس كلفن (K)
المكتشف	جابريل فهرنهايت	أندريه سيليزي	ويليام طومسون
درجة تجمد الماء	32°F	0°C	273.15 K
درجة غليان الماء	212°F	100°C	373.15 K
مدى انتشاره واستخداماته	ينتشر في الولايات المتحدة وقليل من الدول لقياسات الطقس اليومي والتدفئة المنزلية والطبخ	في معظم الدول لقياس درجات الحرارة في المختبرات، الحياة اليومية والتطبيقات الصناعية	يستخدم عالمياً في جميع المجالات العلمية مثل: الأبحاث العلمية والهندسة والكيمياء والفيزياء

التحويل بين مقاييس درجات الحرارة

تسمح لنا **المعادلات 4-1**، و **4-2**، و **4-3** بالتحويل بين مقاييس درجة الحرارة الثلاثة، مع الانتباه لضرورة تحويل درجة الحرارة في مقياس فهرنهايت إلى المقياس السيليزي أوّلاً، قبل التحويل إلى المقياس المُطلق.

4-1 التحويل من المقياس الفهرنهايتي إلى المقياس السيليزي

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

T_C	درجة الحرارة على المقياس السيليزي (°C)
T_F	درجة الحرارة على المقياس الفهرنهايتي (°F)

4-2 التحويل من المقياس السيليزي إلى المقياس الفهرنهايتي

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

T_F	درجة الحرارة على المقياس الفهرنهايتي (°F)
T_C	درجة الحرارة على المقياس السيليزي (°C)

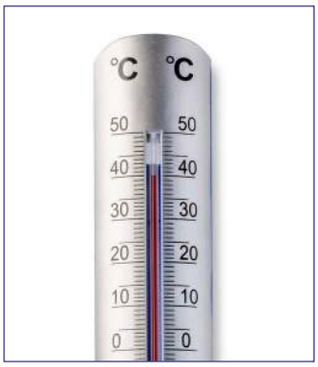
4-3 التحويل من المقياس السيليزي إلى المقياس المطلق

$$T_K = T_C + 273.15$$

T_K	درجة الحرارة المطلقة (K)
T_C	درجة الحرارة على المقياس السيليزي (°C)

مثال 1

حوّل درجة الحرارة التي على المقياس في الشكل المجاور إلى وحدة الفهرنهايت.



المطلوب: درجة الحرارة بالمقياس الفهرنهايتي T_F

المُعطيات: $T_c = 40°C$

العلاقات: $T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$

الحل: $T_F = \frac{9}{5}T_C + 32 = \frac{9}{5}(40) + 32 = 104°F$

مثال 2

a. حوّل درجة الحرارة 30°C إلى المقياس المطلق.

b. حوّل درجة الحرارة 500 K إلى المقياس السيليزي والفهرنهايتي.

المطلوب: درجة الحرارة المُطلقة بوحدة °C ووحدة الكلفن K، والفهرنهايت °F

المُعطيات: $T_c = 30\ C$ و $T_k = 500\ K$

العلاقات: $T_K = T_C + 273.15$ $\quad T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$

الحلّ:

a. $T_K = T_C + 273.15 = 30 + 273.15 = 303.15\ K$

b. $T_K = T_C + 273.15 \longrightarrow T_C = T_K - 273.15$

$= 500 - 273.15 = 226.85°C$

$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32 = \frac{9}{5}(226.85) + 32 = 440.33°F$

الطاقة الحراريّة

ترد في أحاديثنا الاعتيادية مُفردات الحرارة، والطاقة الحرارية، ودرجة الحرارة، إلّا أنّ لها معاني مُختلفة في الفيزياء. وكما تعلّمنا سابقًا، فإنّ درجة الحرارة تَصِفُ مُتوسّط الطاقة الحركيّة في الحركة العشوائيّة لكل ذرّة أو جُزيء. أما **الطاقة الحرارية Thermal energy** فهي كميّة الطاقة الكُليّة الناتجة عن درجة الحرارة في كمية من المادة تحتوي على الكثير من الذرات أو الجُزيئات. وتُقاس الطاقة الحرارية بوحدة الجول (J).

وتُعرف **الحرارة Heat** بأنّها الطاقة الحرارية التي يُمكن أن تنتقل من جسم إلى آخر بسبب الاختلاف بينهما في درجة الحرارة، فتتدفّق الحرارة من الجسم الأسخن إلى الجسم الأبرد. تُعدُّ النار مثالًا على مصدر حراري (**الشكل 4-6**)، حيث تنتقل الطاقة الحرارية منها إلى الأجسام ذات درجات الحرارة الأقل.



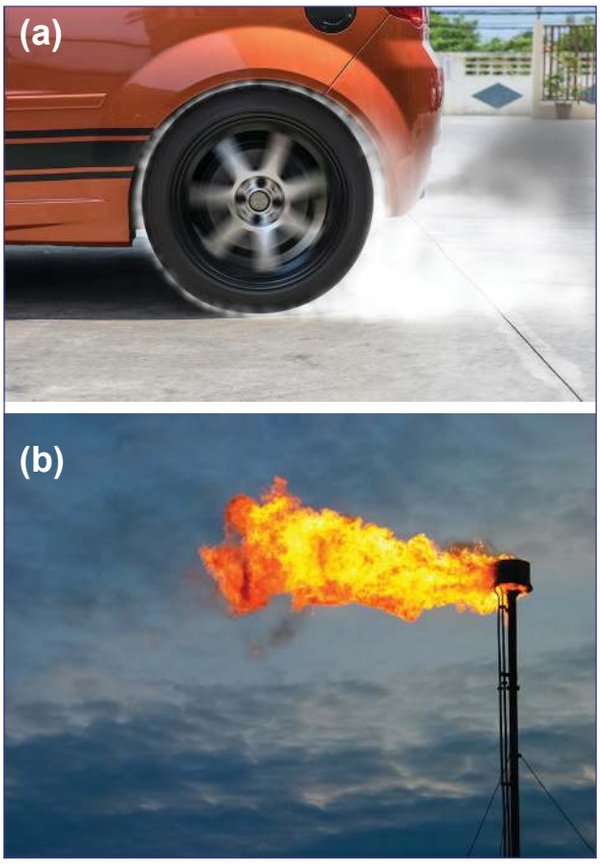
الشكل 4-6 درجة الحرارة والحرارة.

الحرارة من الاحتكاك

تتحوّل أشكال الطاقة المُختلفة إلى حرارة. وتُعدّ الحرارة المتولّدة عن الاحتكاك من أكثر الأمثلة الشائعة على ذلك (**الشكل 4-7 a**). يتحوّل الشغل المبذول ضدّ الاحتكاك بشكل جُزئي إلى حرارة. فقوة احتكاك مقدارها 1 N تؤثّر على مسافة 1 m تحوّل شُغلاً مقداره 1 J إلى حرارة فتصبح الأجزاء المتحرّكة أكثر سخونة ويمكن أن تنصهر نتيجة الحرارة المتولّدة عن الاحتكاك.

الحرارة من الوقود

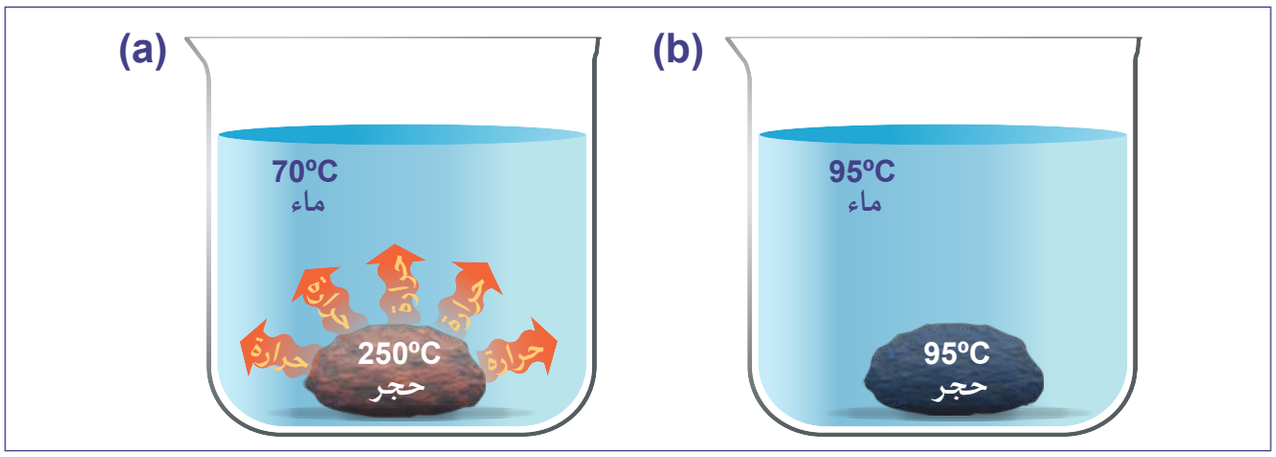
يُحرّر لتر واحد من البنزين 35000000J من الطاقة الكيميائية عندما يحترق احتراقًا كاملاً بوجود الأكسجين (**الشكل 4-7 b**). تتحرّر مُعظم هذه الطاقة بشكل كامل من تفاعُل الاحتراق على شكل حرارة. وفي محرّك السيّارة، يتسرّب (65%) من الحرارة عبر المُشّع وأنبوب العادم. وبالمُتوسط، فإنّ ما يقرب من 13% فقط من الحرارة المُتحرّرة من الوقود يُستفاد منها في تحريك السيّارة.



الشكل 4-7 (a) الحرارة من الاحتكاك، (b) الحرارة من الوقود.

الاتّزان الحراري

عندما تختلف درجة الحرارة بين جسمَين، تتدفّق الحرارة بشكل تلقائي من الجسم ذي درجة الحرارة الأعلى إلى الجسم ذي درجة الحرارة الأقل. وكذلك يحدث في المناطق المُختلفة من الجسم نفسه؛ حيث تتدفّق الحرارة بشكل طبيعي من المناطق ذات درجة الحرارة الأعلى إلى المناطق ذات درجة الحرارة الأقل. فإذا وضعنا حجرًا ساخنًا في حوض ماء بارد، تتدفّق الطاقة الحرارية من الحجر الساخن إلى الماء البارد (**الشكل 4-8**).



الشكل 4-8 (a) تدفّق الحرارة، (b) عند بلوغ الاتّزان الحراري.

متى يتوقّف تدفّق الحرارة؟

تستمرّ عمليّة تدفّق الحرارة إلى أن تُصبح جميع الأجسام عند درجة الحرارة نفسها. تُسمى الظروف التي تكون عندها درجة الحرارة لجميع الأشياء متساوية **الاتّزان الحراري Thermal equilibrium**، ولا يحدث أي تدفّق للحرارة في هذه الحالة؛ لأنّ درجات الحرارة متماثلة. فإذا غمرنا حجرًا ساخنًا في حوض يحتوي على ماء بارد، فإنّ الاتّزان الحراري سيتحقّق بمُجرّد أن تتساوى درجتا حرارة كلّ من الحجر والماء. لكن إذا لم يكن الهواء المُتصل بالماء عند درجة الحرارة نفسها، فإنّ تدفُّق الحرارة سيستمرّ بين الماء في الحوض والهواء وهو السبب الذي يجعل الأجسام تبرد.

تتدفَّق الحرارة من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الباردة حتّى الوصول إلى حالة الاتّزان الحراري.

هل يتمّ بلوغ الاتّزان الحراري مباشرةً ؟

إذا وضعنا حجرًا ساخنًا في ماء بارد، فهل سيسخن الماء مباشرةً؟ لا، فالأمر يحتاج إلى بعض الوقت ليبلغ الجسمان الاتّزان الحراري.

وُضع قالب طوب درجة حرارته 21°C، في وعاء ماء على طاولة. فإذا كانت درجة حرارة الهواء المُحيط 37°C، ودرجة حرارة الماء 27°C، فما اتّجاه تدفُّق الحرارة؟ اشرح إجابتك.

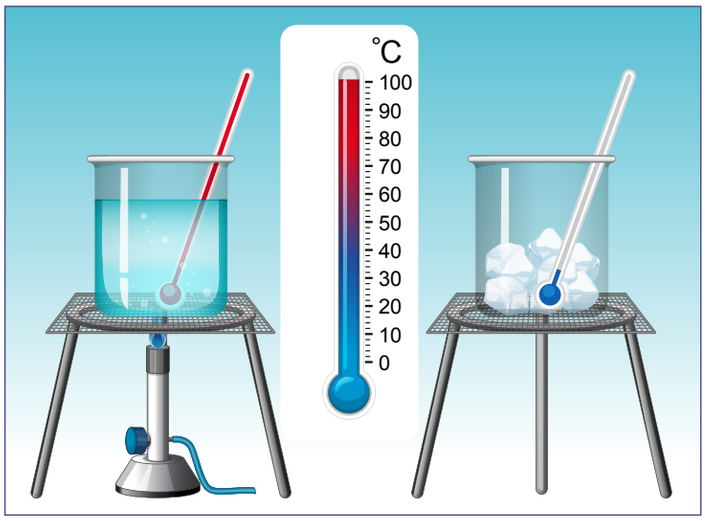
نشاط 4-1 مُعايرة مقياس درجة الحرارة

سؤال الاستقصاء	كيف يُمكن مُعايرة مقياس درجة الحرارة؟
الموادّ المطلوبة	مقياس لدرجة الحرارة غير مُدرّج، شريطان مطّاطيان، كأسان زجاجيتان، ثلج، كوب ماء، غلّاية أو موقد بنزن، ورق، قلم.

ما المقصود بعملية مُعايرة جهاز قياس؟

تُسمّى عمليّة إعداد جهاز القياس باسم **المُعايرة Calibration**. سوف نستخدم في هذا النشاط مقياس درجة حرارة غير مُدرّج وإعداد مقياس سيليزي لاستخدامه.

خطوات التجربة



الشكل 4-9 مُعايرة مقياس درجة الحرارة.

1. املأ إحدى الكأسين الزجاجيتين إلى منتصفها بالماء ثم قم بتسخين الماء إلى أن يغلي باستخدام موقد بنزن.
2. استخدم مقياس درجة الحرارة غير المُدرّج لمُراقبة الارتفاع في درجة الحرارة، وضَع الشريط المطّاطي لتحديد علامة نقطة النهاية. مُلاحظة: ستُمثّل العلامة درجة الحرارة 100°C.
3. قم بتجهيز حمام ثلجي بوضع الثلج في الكأس الثانيّة، واغمره بالماء بالبارد.
4. ضَعْ مقياس درجة الحرارة في الحمام الثلجي ثمّ انتظر إلى أن يستقرّ المقياس. حدّد علامة على أدنى نُقطة برباط مطّاطي ثانٍ. ستكون هذه العلامة هي درجة الحرارة 0°C.
5. ضَعْ مقياس درجة الحرارة على الورقة ؛وحدّد عليها علامتَي 0°C و100°C. قسّم المسافة بين العلامتين إلى 20 علامة مُتساوية، مُشكّلًا مقياس سيليزي على الورقة.
6. رَقِّم العلامات بدءًا من الصفر، وبزيادة خمس في كل مرة (0, 5, 10, 15 ....) حتى 100.

الأسئلة

a. مُستخدمًا مقياس درجة الحرارة ومقياسك الذي قُمت بمُعايرته، قم بقياس درجة حرارة الغُرفة وقارن بين القراءتين.

.....

b. اقترح سببين لأي اختلاف وجدته في القسم (a).

.....

c. كيف تحسن من دقة مقياسك الذي أعددته؟

.....

تقويم الدرس 4-1

1. ماذا يحدث لدرجة الحرارة عندما تتحرّك الجُسَيْمات بشكل أسرع؟
   a. ترتفع درجة الحرارة
   b. تنخفض درجة الحرارة
   c. تبقى درجة الحرارة من دون تغيير
   d. لا يمكن قياس درجة الحرارة
2. عرّف الطاقة الحرارية.
3. صِف كيف يرتبط تدفق الحرارة بدرجة الحرارة.
4. ما الفرق بين درجة الحرارة والحرارة.
5. قام أحد سيّاح مدينة الدوحة بضبط ثيرموستات غُرفته في الفندق على 68°. لم يدرك السائح أنّ الثيرموستات يعمل بمقياس درجة سيليزي بدلًا من فهرنهايت.



   a. هل ستُصبح غرفة الفندق ساخنة، أم باردة، أم مناسبة، بعد مرور ساعة أو ساعتين؟
   b. حوّل درجة الحرارة التي ضُبط عليها الثيرموستات بوحدة الفهرنهايت.
6. كيف تتغيّر الطاقة الحركيّة العشوائية للجُزيئات عند تسخين دورق ماء.
7. أيٌّ من درجتَي الحرارة 1°F أم 1°C، تمثّل فرقًا أكبر في درجة الحرارة.
8. ضُبِط مُكيّف هواء غرفة على وضع التبريد عند درجة حرارة 76°F. حوّل درجة الحرارة تلك إلى درجة سيليزية.
9. سافر سائح من مدينة الدوحة إلى نيويورك، فعَلِمَ من التلفاز أنّ درجة الحرارة في نيويورك 35 درجة دون أن يتم ذكر إن كانت هذه الدرجة بمقياس °C أو °F. هل درجة الحرارة هذه ساخنة أم باردة على المقياسين؟ اشرح إجابتك.
10. صِفْ حالة يحدث فيها إنتقال للحرارة.



11. لماذا يزداد حجم إطارات السيّارات بعدما تتحرك السيارة لمسافة طويلة؟
12. قُم بإجراء التحويلات بين مقاييس درجات الحرارة الآتية:
    a. حوّل 1000 K إلى °C.
    b. حوّل 72°F إلى °C.
    c. حوّل 10°C- إلى K.
    d. حوّل 77 K إلى °C.

السعة الحرارية النوعيّة والحرارة الكامنة النوعيّة
Specific Heat Capacity and Specific Latent Heat

تُصنع مُعظم أواني الطهي من مادة الستانليس ستيل. ولتحسين نوعيّة هذه المادة، تُطلى بطبقة داخلية من النحاس أو الألومنيوم. ما سبب اللجوء إلى ذلك؟

يستغرق تسخين النحاس والألومنيوم زمنًا أطول من زمن تسخين الستانليس ستيل، هذا يعني أنّ كُلًّا من النحاس والألومنيوم يحتفظ بدرجة حرارته لمدة أطول. تعتمد هذه الخاصيّة على السعة الحرارية النوعيّة للفلزّ. فالستانليس ستيل يمتلك سعة حرارية نوعيّة أقل، فيسخن سريعًا ويبرد سريعًا.



الشكل 4-10 أناء طهي مطلي بالنحاس .

مخرجات التّعلُّم

P1007.1 يعرّف ويوضح المفاهيم الخاصة بالسعة الحرارية النوعية والحرارة الكامنة النوعية من حيث نموذج الحركة الجزيئية.

P1007.2 يستقصي السعة الحرارية النوعية لمادة باستخدام جهاز مناسب، ويستنتج المعادلة $Q = mc\Delta T$ ويحل مسائل حسابية باستخدامها.

P1007.3 يستقصي الحرارة النوعيّة الكامنة لمادة باستخدام جهاز مناسب، ويستنتج المعادلة $Q = mL$ ويحل مسائل حسابية باستخدامها.

P1007.4 يصِف أهميّة القيمة الكبيرة غير العادية للحرارة الكامنة النوعيّة والسعة الحرارية النوعيّة للماء، من حيث تنظيم درجة الحرارة في الجسم وصناعة البتروكيماويات وتأثير المحيطات في المناخ.

المفردات

السعة الحرارية النوعيّة	Specific heat capacity
الحرارة الكامنة النوعيّة للانصهار	Specific latent heat of fusion
الحرارة الكامنة النوعيّة للتبخير	Specific latent heat of vaporization

ما الأكثر سخونة؟

تُعدُّ الشمس المصدر الحراري الرئيس للأرض. ومع أن باطن الأرض يحتفظ بكمية كبيرة من الطاقة الحرارية منذ نشأة الأرض، إلا أن الشمس هي المسؤولة عن تسخين سطح الأرض، بما في ذلك اليابسة والمُحيطات.

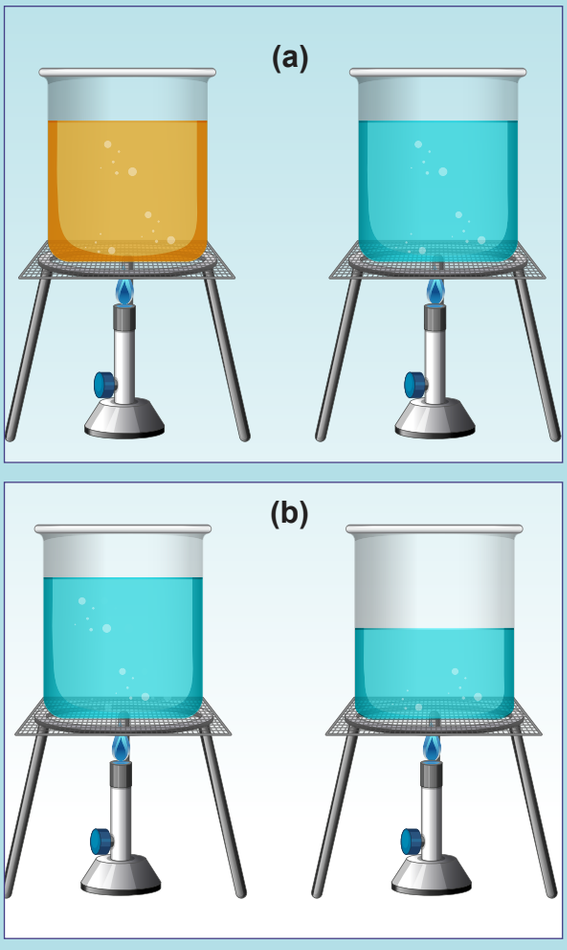


الشكل 4-11 شاطئ كتارا.

يصعب عليك في يوم حارّ أن تسير حافيًا على رمال الشاطئ (**الشكل 4-11**)، بسبب درجة حرارتها المرتفعة. ويكون الأفضل لك أن تبرّد قدمَيك بالماء، تعمل الشمس على تسخين الماء والرمال؛ لكنْ، لماذا يكون الماء أبرد؟ تكمن الإجابة عن هذا التساؤل في مفهوم السعة الحرارية النوعيّة.

1. قمنا بتسخين 500 ml من الزيت و 500 ml من الماء باستخدام المصدر الحراري نفسه ولنفس المدة الزمنية. أيّ السائلَين سيبلغ درجة حرارة أعلى؟

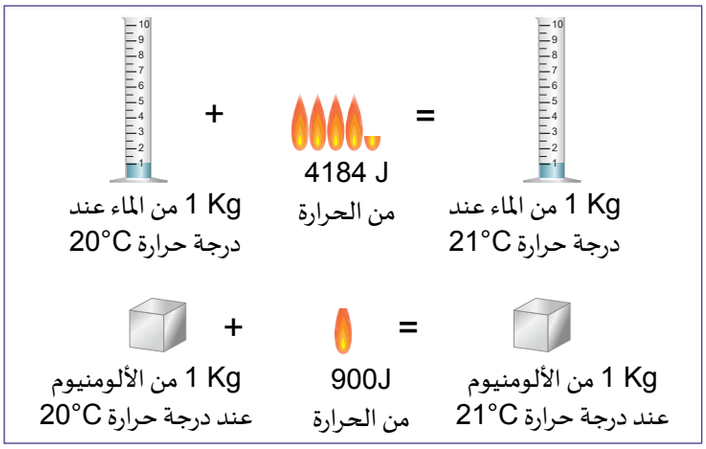
2. كرّرنا التجربة، لكن بتسخين حجمَين مُختلفين من الماء 500 ml و1 L = 1000 mL، باستخدام المصدر الحراري نفسه ولنفس المدة الزمنية. أي الحجمَين سيبلغ درجة حرارة أعلى؟



الشكل 4-12 تسخين الماء وتسخين الزيت.

السعة الحرارية النوعيّة

السعة الحراريّة النوعيّة Specific heat capacity هي كمّية الطاقة الحراريّة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من مادة ما درجة سيليزية واحدة .



الشكل 4-13 تختزن المواد المُختلفة كمّيات مُختلفة من الحرارة لكل درجة.

يمتلك الماء سعة حراريّة نوعيّة مقدارها 4184 J/ kg°C كما **بالشكل 4-13** أي أنّ رفع درجة حرارة كيلوجرام واحد منه درجة سيليزية واحدة يحتاج إلى 4184 J من الطاقة الحراريّة، أمّا الألومنيوم فيمتلك سعة حرارية نوعيّة 900 J/ kg°C وهي أقل من السعة الحرارية النوعية للماء، أي أنّ رفع درجة حرارة كيلوجرام واحد منه درجة سيليزية واحدة يحتاج إلى 900 J من الطاقة الحراريّة. تعتمد الطاقة الحرارية (وكذلك الحرارة) على كلّ من: درجة الحرارة، والكتلة، والسعة الحراريّة النوعيّة للمادة.

عندما تكون للمادّة سعة حرارية نوعيّة كبيرة، فإنّها ستحتاج إلى طاقة أكبر لرفع درجة حرارتها. وستحتاج إلى طاقة أقل، إذا كانت تملك سعة حراريّة نوعيّة قليلة.

مُعادلة السعة الحراريّة النوعيّة

تُبيّن **المعادلة 4-4** العلاقة بين الكميّات Q، و m، و ΔT، و c. لكل مادة سعة حراريّة نوعيّة خاصة بها، ويمكن أن تختلف بشكل كبير. يُمثّل الرمز Q الطاقة الحراريّة أو الحرارة. يُمكن أيضًا استخدام الرمز E لتمثيل الأشكال الأخرى من الطاقة.

يعتمد التغيّر في الحرارة Q لمادة ما على كتلة المادة m والتغيّر في درجة الحرارة من T_i إلى T_f. يُكتب التغيّر في درجة الحرارة وفق الصيغة ΔT، حيث تُشير Δ إلى التغيّر، ويُمكن كتابة ذلك وفق الصيغة $\Delta T = T_f - T_i$.

4-4	السعة الحراريّة النوعيّة	Q	الطاقة الحراريّة أو الحرارة (J)
$Q = mc\Delta T$		m	الكتلة (kg)
		c	السعة الحراريّة النوعيّة (J/kg°C)
		ΔT	التغيّر في درجة الحرارة (°C)

السعة الحراريّة النوعيّة هي قيمة مميزة وثابتة للمواد العاديّة، وتتراوح بين بضع مئات إلى بضعة آلاف جول لكل كيلو جرام لكل درجة سيليزية.

يُبيّن **الجدول 4-2** بعض الأمثلة على أجسام صلبة وسائلة وغازيّة. سوف نُلاحظ أنّ الأجسام الصلبة لها السعة الحراريّة النوعيّة الأقل، أي أنّ الذرّات الأثقل (أو المواد الأعلى كثافة) تكون سعتها الحراريّة النوعيّة مُنخفضة.



الجدول 4-2 السعّة الحراريّة النوعيّة لبعض المواد المُختلفة.

المادة	c [J/kg °C]
الماء	4184
الشمع	3430
خشب الصنوبر	2500
البنزين	2220
ثلّج	2000
خشب السنديان	2000
بخار الماء	1970
الزيت	1800
البلاستيك	1600
الهواء	1000
الأسفلت	920
الألومنيوم	900
الزجاج	840
الجرانيت	790
الفولاذ (الحديد الصلب)	470
الرصاص	130
الذهب	130
النحاس	387

غاز سائل صلب

مثال 3

تبلغ السعة الحراريّة النوعيّة لزيت الزيتون 1790 J/kg °C. احسب الطاقة الحراريّة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 kg من زيت الزيتون، من درجة حرارة 25°C إلى 105°C.

المطلوب: الطاقة الحراريّة، Q

المُعطيات: $c = 1790 \text{ J/kg °C}$

$m = 1 \text{ kg}$

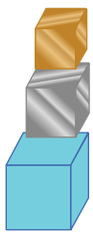
$T_f = 105°C \text{ , } T_i = 25°C$

العلاقات: $Q = mc\,\Delta T$

الحلّ: $Q = mc\,\Delta T = (1 \text{ kg})\,(1790 \text{ J/kg °C})\,(105°C - 25°C)$

$= 143200 \text{ J}$

مثال 4



a. الذهب 1 kg

b. ألومنيوم 1 kg

c. ماء 1 kg

لدينا ثلاث عيّنات مبيّنة في الشكل، كتلة كل منها 1 kg، أُضيف إلى كلّ منها 10000 J من الطاقة الحرارية. تبلغ درجة الحرارة الابتدائيّة لكل من العيّنات الثلاث 20°C. ما درجة الحرارة النهائيّة التي ستصل إليها كل عيّنة بعد إضافة الحرارة؟

المطلوب: درجة الحرارة النهائيّة، T_f

المُعطيات: الذهب ($c = 130$ J/kg°C)، الألومنيوم ($c = 900$ J/kg°C)
الماء ($c = 4184$ J/kg°C)، الكتلة، $m = 1$ kg.

العلاقات: $Q = mc\,\Delta T$

الحلّ:

$$Q = mc\Delta T \longrightarrow T_f - T_i = \frac{Q}{mc} \longrightarrow T_f = T_i + \frac{Q}{mc}$$

a. الذهب: $T_f = 20 + \dfrac{10000}{(1)(130)} = 96.9°C$

b. الألومنيوم: $T_f = 20 + \dfrac{10000}{(1)(900)} = 31.1°C$

c. الماء: $T_f = 20 + \dfrac{10000}{(1)(4184)} = 22.4°C$

مثال 5

حجر من الجرانييت كتلته 2 kg تبلغ درجة حرارته 600°C. وُضع في كميّة من الماء كتلتها 3 kg ودرجة حرارتها 20°C. ما درجة حرارة الماء النهائيّة؟

المطلوب: درجة الحرارة النهائيّة، T_f

المُعطيات: 2 kg من الجرانييت عند درجة حرارة 600°C ($c = 790$ J/kg°C)
3 kg من الماء عند درجة حرارة 20°C ($c = 4184$ J/kg°C)

العلاقات: $Q = mc\,\Delta T$

الحلّ:

الحجر: $Q_S = mc\Delta T = (2)(790)(T_f - 600)$

الماء: $Q_W = mc\Delta T = (3)(4184)(T_f - 20)$

كلّ الحرارة التي يفقدها الحجر يكتسبها الماء.

$$Q_S + Q_W = 0 \longrightarrow (2)(790)(T_f - 600) + (3)(4184)(T_f - 20) = 0$$

$$14132T_f - 1199040 = 0$$

$$T_f = 84.8°C$$

نشاط a2-4 السعة الحراريّة النوعيّة

سؤال الاستقصاء	كيف تختلف السعة الحراريّة النوعيّة بين الماء والألومنيوم؟
الموادّ المطلوبة	قالب من الألومنيوم كتلته 1kg مُزوّد بفتحة للسخّان الكهربائي ومقياس درجة الحرارة، مُسعّر حراري للماء، سخّان غَمْر كهربائي، مقياس درجة حرارة، حصيرة تسخين.

خطوات التجربة I

1. قُم بِصَبّ 1 kg من الماء في المُسعّر الحراري، ثم قِس درجة حرارة الماء.
2. وصّل السخّان بمصدر الطاقة وشغّله، ثمّ دعه يسخن لمدّة 5 دقائق.
3. ضَع السخّان في الماء ودع درجة الحرارة ترتفع لمُدة 10 دقائق.
4. سجّل درجة حرارة الماء الجديدة.
5. احسب السعة الحراريّة للماء باستخدام ورقة العمل التي زوّدك بها مُعلّمك.



الشكل 4-14 المسعّر الحراري للماء.

خطوات التجربة II

1. قُم بقياس درجة الحرارة لقالب الألومنيوم.
2. وصّل السخّان بمصدر الطاقة وشغله، ثمّ دعه يسخن لمُدة 5 دقائق.
3. ضَع السخّان في قالب الألومنيوم، واترك درجة الحرارة ترتفع لمُدة 10 دقائق.
4. سجّل درجة حرارة قالب الألومنيوم الجديدة.
5. احسب السعة الحراريّة لقالب الألومينوم باستخدام ورقة العمل التي زوّدك بها مُعلّمك.



الشكل 4-15 قالب الألومنيوم.

الأسئلة

1. قارن بين تغيُّر درجة الحرارة في كل من الماء والألومنيوم بعد أن يحصل كل منهما على الكميّة نفسها من الحرارة.

.....

2. قارن السعات الحراريّة التي حدّدتها بقيَمها المعلومة. هل يمكنك تفسير أيّ اختلافات؟

.....

3. كيف يُفسّر الاختلاف في السعة الحراريّة التغيُّرات المُختلفة في درجة الحرارة؟

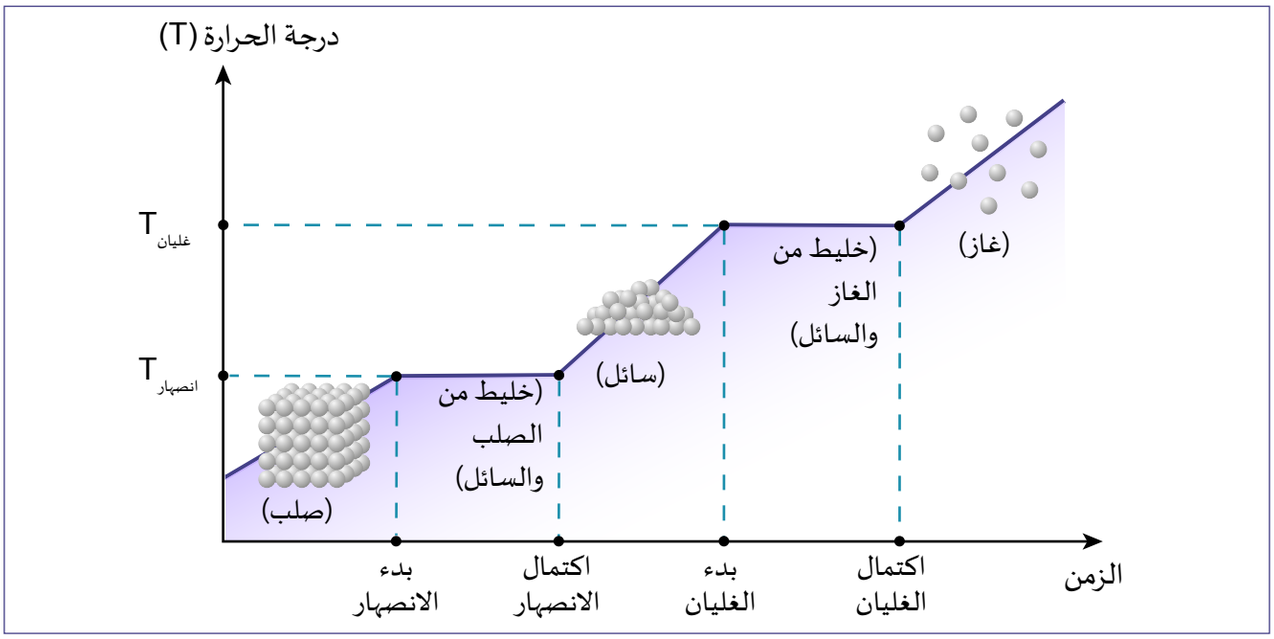
.....

درجة الحرارة وتغيُّر الحالة

تتجاذب الجُسَيْمات بواسطة **القوى الجُزيئيّة Intermolecular forces** التي يختلف مقدارها بشكل كبير بين مادة وأخرى. عندما تكتسب المادة طاقة حرارية فإنها تتحول إلى طاقة حركية تعمل على تباعد جسيمات المادة مما يؤدي الى تقليل القوى الجزيئية بين الجسميات، والعكس صحيح.

يُوضّح (**الشكل 4-16**) كيف تتغير درجة الحرارة عند تسخين عينة معزولة لمادة ما في الحالة الصلبة ،حيث ترتفع درجة حرارتها عند تزويدها بالطاقة الحرارية ، يستمرّ هذا الارتفاع في درجة الحرارة إلى أن تبلغ المادة درجة الانصهار ($T_{انصهار}$). في هذه المرحلة تستخدم أي إضافة للحرارة في تحول المادة الصلبة إلى سائلة من دون أي تغيير في درجة الحرارة. ولا تبدأ درجة الحرارة بالارتفاع مُجدّدًا إلّا بعد أن تتحوّل المادة كُلّها إلى الحالة السائلة. عند الاستمرار في تسخين السائل، يستمرّ هذا الارتفاع في درجة الحرارة إلى أن يبلغ السائل درجة الغليان ($T_{غليان}$). وفي هذه المرحلة يتوقّف ارتفاع درجة الحرارة، لأنّ كل إضافة للحرارة تستخدم في تحول السائل إلى غاز. تبقى درجة الحرارة ثابتة عند درجة الغليان إلى أن يتحوّل كل السائل إلى غاز.

يتطلب تغيّر الحالة تبادُل الطاقة.



الشكل 4-16 درجة الحرارة بالنسبة إلى الزمن؛ عند إضافة حرارة بمُعدّل ثابت إلى مادة ما فتتغير حالتها.

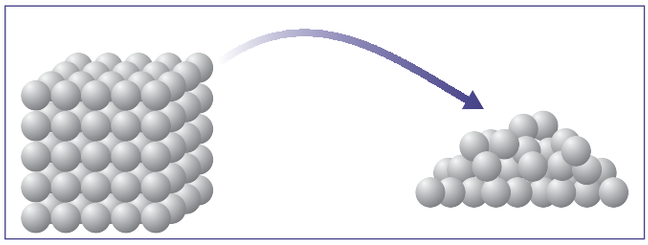
يُعدّ الماء مثالًا توضيحيًا مهمًا لفهم كيفية تغيّر درجة الحرارة أثناء انتقال المادة بين حالاتها الفيزيائية المختلفة. فعند تسخين عيّنة معزولة من الماء في الحالة الصلبة (الجليد) بمعدل ثابت، ترتفع درجة حرارتها تدريجيًا إلى أن تصل إلى درجة الانصهار. وعند هذه النقطة، وعلى الرغم من استمرار تزويد العيّنة بالطاقة الحرارية، تتوقف درجة الحرارة عن الارتفاع مؤقتًا، إذ تُستهلك الطاقة المضافة في عملية تحويل الجليد إلى ماء سائل.

وبعد اكتمال الانصهار، تعود درجة حرارة الماء السائل إلى الارتفاع مع استمرار التسخين حتى تصل إلى درجة الغليان.

وعند بدء الغليان يتكرر السلوك نفسه، حيث تثبت درجة الحرارة رغم استمرار انتقال الطاقة الحرارية إلى العيّنة، إذ تُستخدم هذه الطاقة في تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

الحرارة الكامنة للانصهار

يُظهر (**الشكل 4-17**) كمّية ثابتة من مادة تخضع للتغيّر من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة الانصهار. وتكون كمّية الطاقة اللازمة لذلك متناسبة طرديًا مع الكتلة مضروبة في ثابت يُسمّى **الحرارة الكامنة للانصهار** Specific latent heat of fusion، L_f وتمثّل الطاقة اللازمة لتحويل 1 kg من مادة في الحالة الصلبة عند درجة الانصهار إلى مادة سائلة عند درجة الحرارة نفسها.



الشكل 4-17 تغيّر حالة المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.

تُحدّد الحرارة الكامنة للانصهار لمواد مُختلفة تجريبيًا. يعرض **الجدول 4-3** قائمة بمواد شائعة مع قيَم الحرارة الكامنة للانصهار لكل منها.

الجدول 4-3 الحرارة الكامنة للانصهار لبعض المواد.

المادة	الحرارة الكامنة للإنصهار L_f [kJ/kg]
الماء	334
الشمع	165
الهيليوم	5.23
الهيدروجين	58.6
النيتروجين	25.5
الأكسجين	13.8
الإيثانول	104
الزئبق	11.8
الكبريت	38.1
الرصاص	24.5
الألومنيوم	380
إثمد	165
الفضة	88.3
الحديد	275
الذهب	63

لاحظ أنّ كمّية 1 kg من الجليد تحتاج إلى طاقة 334 kJ لتحويلها إلى ماء عند درجة حرارة 0°C. وتحتاج إلى 4.18 KJ لرفع درجة حرارة الكمّية نفسها من الماء درجة سيليزية واحدة 1°C. يبدو واضحًا أنّ تغيّر الحالة يحتاج إلى الكثير من الطاقة مقارنة بتغيّر درجة الحرارة.

تُستخدَم **المُعادلة 4-5** في حساب الحرارة اللازمة لتحويل مادة صلبة إلى سائلة (أو سائلة إلى صلبة) عندما تكون درجة الحرارة ثابتة عند درجة الانصهار.

5-4 الحرارة الكامنة للانصهار

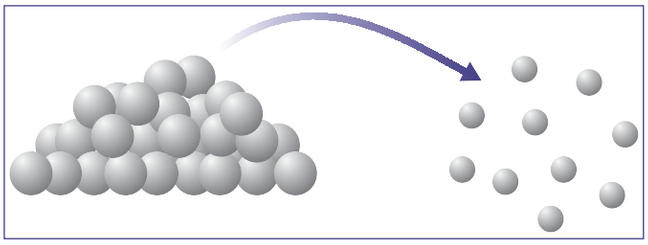
$$Q = mL_f$$

Q	الطاقة الحراريّة (J)
m	الكتلة (kg)
L_f	الحرارة الكامنة للانصهار (J/kg)

يتَّصِف تغيّر الحالة بأنه تغيّر قابل للانعكاس. وفي العمليات القابلة للانعكاس، يحتاج انصهار الجسم الصلب لتحوّله إلى سائل إلى إدخال طاقة. وعندما يتجمّد السائل يُصبح صلبًا وتتحرّر الكمّية نفسها من الطاقة. وتكون درجة الانصهار هي نفسها درجة التجمّد للمادة. وبالتالي، فإنّ الكمّية المتحرّرة من الطاقة تكون سالبة $-Q$.

الحرارة الكامنة للتبخير

تمتصّ المادة حرارة عندما تتحوّل من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. وتُعرف **الحرارة الكامنة للتبخير Specific latent heat of vaporization**، L_v، بأنّها كمّية الطاقة الحراريّة اللازمة لتغيير 1 kg من مادة في الحالة السائلة عند درجة الغليان إلى الحالة الغازيّة عند الدرجة نفسها (**الشكل 4-18**).



الشكل 4-18 تغيّر حالة المادّة ما من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

تُحدّد الحرارة الكامنة للتبخير لمواد مُختلفة تجريبيًا. ويعرض **الجدول 4-4** قائمة بمواد شائعة مع قيَم الحرارة الكامنة للتبخير لكل منها.

الجدول 4-4 الحرارة الكامنة للتبخير لبعض المواد.

المادة	الحرارة الكامنة للتبخير L_v [kJ/kg]
الماء	2430
الهيليوم	20.9
الهيدروجين	452
النيتروجين	201
الأكسجين	213
الإيثانول	854
الزئبق	272
الكبريت	326
الرصاص	871
الألومنيوم	11400
إثمد	561
الفضة	2336
الحديد	6300
النحاس	5060
الذهب	1578

تُستخدَم **المعادلة 4-6** في حساب الحرارة اللازمة لتحويل مادة سائلة إلى مادة غازية عندما تكون كلٌّ من كتلة الماء والحرارة الكامنة للتبخير الخاصّة بها معلومة.

عندما يحدث تغيّر حالة من غاز إلى سائل، يتمّ تحرُّر الطاقة بدلًا من امتصاصها. وبالتالي، فإنّ بإمكاننا استخدام **المعادلة 4-6** في هذه الحالة، لكن يجب تعويض كمّية الطاقة المُتحرّرة $-Q$، لأنّ النظام يفقد الحرارة.

6-4 الحرارة الكامنة للتبخير

$$Q = mL_v$$

Q	الطاقة الحراريّة (J)	
m	الكتلة (kg)	
L_v	الحرارة الكامنة للتبخير (J/kg)	

عندما يلامس البخار الساخن الجلد يتكثّف البخار إلى سائل مُحرّرًا حرارة التبخير. تُسبّب الطاقة الإضافية الناجمة عن البخار حروقًا خطرة.



الشكل 4-19 يُسبب الحُرق الناجم عن البخار ضررًا أكبر، بسبب الحرارة الكامنة للماء.

مثال 6

مُستخدمًا الجدول 4-4، احسب كمّية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 3 kg من الماء إلى جليد عند درجة حرارة 0°C.

المطلوب: الطاقة الحراريّة، Q

المُعطيات: الحرارة الكامنة لانصهار الماء، $L_f = 334000\ \text{J/kg}$

كتلة الماء $m = 3\ \text{kg}$

العلاقات: $Q = mL_f$

الحلّ: لأنّ الماء يتحوّل إلى جليد، فإنّ الطاقة ستتحرّر. وبالتالي، فإننا نستخدم المعادلة:

$$Q = -mL_f = -(3\ \text{kg})\ (334000\ \text{J/kg})$$
$$= -1002000\ \text{J}$$

مثال 7

مُستخدمًا **الجدول 4-4**، احسب كتلة الماء التي يمكن تحويلها إلى بخار باستخدام 100000 J من الطاقة الحراريّة.

المطلوب: كتلة الماء m

المُعطيات: الحرارة الكامنة لتبخير الماء، $L_v = 2430000\ \text{J/kg}$

الطاقة الحرارية $Q = 100000\ \text{J}$

العلاقات: $Q = mL_v$

الحلّ: المطلوب في هذا السؤال إيجاد الكتلة، وليس الطاقة الحراريّة. لذلك، فإننا نُعيد صياغة المعادلة لتُعطينا الكتلة:

$$m = \frac{Q}{L_v} = \frac{100000\ \text{J}}{2430000\ \text{J/kg}}$$
$$= 0.0411\ \text{kg}$$

أهميّة السعة الحراريّة والحرارة الكامنة العالية للماء

يمتلك الماء أعلى سعة حراريّة نوعيّة من بين المواد المعروفة، فهو يحتاج إلى 4184 J/kg°C ليغيّر درجة حرارته بالمقارنة مع التربة الجافة التي تحتاج فقط إلى 800 J/kg°C. تجعل هذه الخاصية من الماء مُلطفًا جيدًا لدرجة حرارة الأرض.

تأثير الماء في المُناخ

تُعتبر السعة الحرارية النوعية العالية للماء سببًا لعدم وصول درجات الحرارة في المناطق الساحليّة إلى القيَم نفسها التي تكون في مناطق اليابسة البعيدة عن الماء. فعندما تكون درجات الحرارة مُرتفعة، تمتصّ المُسطّحات المائيّة الكبيرة، كالمُحيطات والبحار والبُحيرات، الطاقة الحرارية من البيئة المُحيطة مُبقيةً على اليابسة القريبة باردة. وبشكل مماثل، تُطلق هذه المُسطّحات المائية الطاقة الحراريّة في الفترات الباردة، ما يزيد من درجة حرارة اليابسة القريبة منها.



الشكل 4-20 منطقة ساحلية في مدينة الدوحة.

استخدام الماء في المجال الصناعي

تجعل قِيَم السعات الحراريّة والحرارة الكامنة العالية من الماء مادة مُفيدة في التبريد الصناعي. عندما تُحرّر محطّة صناعية كميات كبيرة من الطاقة الحرارية، يمتصّ الماء هذه الطاقة من دون أن ترتفع درجة حرارته كثيرًا، في الوقت الذي تنخفض فيه درجة حرارة مُعدات المحطة الصناعية.

تحتاج مُنشآت الصناعات البتروكيميائية إلى كميّات كبيرة من الماء، حيث يتمّ تكثيف بخار الوقود إلى سائل باستخدام الماء كعامِل تبريد. ويتمّ خفض درجة حرارة الوقود السائل بواسطة الماء لجعل الوقود آمنًا عند التعامُل معه كما في (**الشكل 4-21**).



الشكل 4-21 ماء للتبريد أثناء الثقب.

تُساعد السعة الحرارية للماء في تعديل درجة حرارة الجسم

تحتاج الثدييات ذوات الدم الحار إلى تعديل درجة حرارة أجسامها ضمن نطاق محدود من درجات الحرارة. فدرجة حرارة جسم الإنسان يجب أن تتراوح بين 36.1°C و 37.2°C. تُساعد الحرارة الكامنة للماء في الحفاظ على درجة حرارة الجسم؛ لأنها تأخذ كميّة كبيرة من الطاقة (4.18 kJ/g) لتغيير درجة الحرارة درجة مئوية واحدة. وبالنسبة لشخص كتلته 70 kg، فإنّ $\frac{2}{3}$ من كتلة جسمه ماء. ويمتص الماء الموجود حوالي 200000 J من الحرارة لكل تغيّر في درجة الحرارة مقداره درجة سيليزية واحدة.



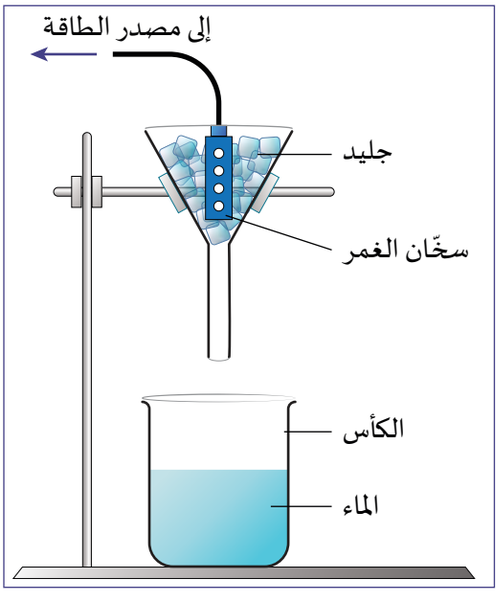
الشكل 4-22 تبريد الجسم بالعرق.

نشاط b2-4 الحرارة الكامنة للانصهار

سؤال الاستقصاء	كيف نحسب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد؟
الموادّ المطلوبة	سخّان غَمْر كهربائي، قُمع، كأس بحجم 500 ml، مصدر طاقة، ساعة ايقاف، قطع جليد، مقياس كتلة رقمي، حصيرة حراريّة، هاون، مدقة.

خطوات التجربة

1. قُم بإعداد الجهاز كما هو مُبيّن في **الشكل 4-23**، لكن بدون وضع قِطع الجليد.
2. قُم بقياس كتلة الوعاء وسجّلها في ورقة العمل.
3. كسّر الجليد باستخدام الهاون والمدقّة ثم ضعه في القُمع.
4. شغّل السخّان وضعه في الجليد ثمّ انتظر حتى يبدأ الماء بالتنقيط في الوعاء (3 دقائق تقريبًا).
5. أفرغ الكأس وضعْه في أسفل القُمع مُجدّدًا، وابدأ التوقيت.
6. دع الجليد ينصهر لمُدة 3 دقائق. أوقف تشغيل السخّان، وأزح الوعاء من أسفل القُمع.
7. قُم بقياس كتلة الماء في الكأس، ثمّ سجّلها في ورقة العمل.
8. احسب الحرارة الكامنة لانصهار الماء باستخدام ورقة العمل.



الشكل 4-23 إعداد الجهاز للتجربة.

الأسئلة

a. لماذا انتظرنا انصهار الجليد قبل البدء بالتوقيت؟

.....

b. لماذا يجب أن يكون الوعاء فارغًا عند البدء بالتوقيت؟

.....

c. ما مدى قُرب إجابتك من القيمة الفعلية للحرارة الكامنة لانصهار الماء؟

.....

d. ما مصادر الخطأ المُمكنة في هذه التجربة؟

.....

تقويم الدرس 4-2

1. ما الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 3 kg من الألومنيوم بمقدار 10°C؟ (استخدم الجدول 4-4)
2. تكون الرمال في يوم مُشمس ساخنة جدًا، وتُصبح باردة في الليل. هل تمتلك الرمال سعة حرارية نوعيّة مُرتفعة أم مُنخفضة؟ فسّر اختيارك.
3. لدينا مادتَين مُختلفتين لهما نفس الكتلة، وعند إضافة كمية متساوية من الطاقة الحرارية نحصل على نتائج مُختلفة في ارتفاع درجة الحرارة ، فسر ذلك.
4. ثلاث كُرات فلزيّة، كُرة من الألومنيوم وكُرة من النحاس وكُرة من الرصاص، كتلة كل منها 30 g، وُضعت في وعاء كبير من الماء الساخن لعدّة دقائق. استخدم الجدول 4-4 للحصول على الحرارة النوعيّة لكل مادة J/kg°C.
   a. أيٌّ من الكرات ستبلغ درجة الحرارة الأعلى؟ اشرح إجابتك.
   b. أيٌّ من الكرات تمتلك الطاقة الحرارية الأكبر؟ اشرح إجابتك.
5. تتميّز مناطق اليابسة القريبة من المُحيطات أو المُسطّحات المائية الكبيرة في الغالب بامتلاكها مناخًا بمدى محدود من درجة الحرارة. فسّر ذلك.
6. ترتفع درجة حرارة إناء من النحاس من 27°C إلى 30°C. هل سنحتاج إلى الحرارة الكامنة أم إلى السعة الحراريّة النوعيّة من أجل حساب الحرارة التي امتصّها إناء النحاس؟
7. عندما نضع مكعبًا من الألمنيوم كتلته 30 Kg ودرجة حرارته 0°C في كأس معزولة فيها 1 Kg من الماء عند درجة حرارة 10°C، فسر لماذا لا يحدث الاتزان الحراري لهما عند درجة 5°C .
8. تبلغ الحرارة الكامنة لتبخّر الماء 2,430,000 J/kg احسب الطاقة الحراريّة اللازمة لتحويل 2 kg من الماء إلى بخار عند درجة حرارة 100°C.
9. ما الفرق بين الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخير؟
10. ما الحرارة اللازمة لانصهار 0.5 kg من البازيلاء المُجمّدة عند درجة حرارة 0°C؟ بافتراض أنّ البازلاء المُجمّدة تمتلك الخصائص الفيزيائية نفسها التي يمتلكها الماء. استخدم الجدول 4-4 لتحصل على البيانات التي تُساعدك في الحل.

أندرس سلسيوس: 1701 -1744م



من هو أندرس سلسيوس؟

- عالم سويدي له كثير من الإسهامات في الفيزياء، والفلك، والرياضيات..
- سمّي مقياس سلسيوس باسمه.
- عَمل أستاذًا في علم الفلك بجامعة أبسالا 1730م

حياته وأعماله

- وُلِدَ سلسيوس يوم 27 نوفمبر 1701 م في مدينة أبسالا السويدية.
- كانت عائلة أندرس تتمتّع بخلفيّة معرفيّة قويّة، مكّنتهُ من البراعة في الرياضيات.
- التحق بجامعة أوبسالا وبدأ التدريس فيها مبكرًا.

إنجازاته العلمية في الفلك

- باحث في الفلك والظواهر الطبيعية.
- قاد رحلات لقياس شكل الأرض في القطب الشمالي.
- لاحظ العلاقة بين الشفق القطبي والمغناطيسية الأرضية.
- شارك في تأسيس المرصد الفلكي في أوبسالا عام 1741.

إنجازاته العلمية في الفيزياء

- اعتمد الملاحظة والقياس التجريبي.
- ربط بين الفلك والفيزياء الحرارية.
- ساعد على تطوير أدوات القياس في القرن 18.
- وضع مقياس الحرارة المئوي عام 1742.

إرثه العلمي

- مقياسه الحراري هو المقياس العالمي للحرارة.
- اسمه يُستخدم في كل معمل ومدرسة.
- توفي عام 1744، لكن أثره العلمي لا يزال حيًا.
- سهّل التجارب العلمية والتواصل بين العلماء.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدرس 4-1: درجة الحرارة والحرارة

- تتوافر أنواع مُختلفة من **مقاييس درجة الحرارة Thermometer**.
- تزداد **الطاقة الحركيّة Kinetic energy** للذرّات والجُزيئات مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يُعرّف **الصفر المُطلق Absolute zero** بأنّه أقل درجة حرارة مُمكنة، وهي 0K.
- يُمكن قياس **درجة الحرارة Temperature** باستخدام مقياس سيليزي **Celsius scale**، أو مقياس فهرنهايت **Fahrenheit scale**، أو **مقياس كلفن Kevin scale**.
- يؤدّي تزويد الأجسام **بالحرارة Heat** إلى زيادة مخزونها من **الطاقة الحراريّة Thermal energy**.
- تنتقل الحرارة بين النظام والوسط حتى يصل إلى حالة **الاتّزان الحراري Thermal equilibrium** فتثبت درجة الحرارة.

الدرس4-2: السعة الحراريّة النوعيّة والحرارة الكامنة النوعيّة

- **السعة الحراريّة النوعيّة Specific heat capacity** هي الطاقة اللازمة لتغيير درجة حرارة واحد كيلو جرام من مادة درجة سيليزيّة واحدة.
- **الحرارة الكامنة للانصهار Specific heat of fusion** هي كميّة الحرارة اللازمة لتحويل واحد كيلو جرام من مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصُلبة عند درجة الانصهار.
- **الحرارة الكامنة للتبخير Specific heat of Vaporization** هي كميّة الحرارة اللازمة لتحويل واحد كيلو جرام من مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان.

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدّد

1. يقوم أحد الطلاب بتبريد غاز مجهول. وعندما يبلغ الغاز درجة حرارة 10°C، يبدأ الغاز بالتكاثف وتتشكّل قطرات السائل. وعندما يبلغ السائل درجة حرارة 10°C-، يتجمّد السائل ليُصبح صلبًا. ما درجة غليان هذه المادة؟
   a. −10°C
   b. 0°C
   c. 10°C
   d. سنحتاج إلى معلومات إضافية لتحديد ذلك.

2. أي الحالتين أكثر تغيّرًا في درجة الحرارة؛ التغيّر بمقدار 1°F أم التغير بمقدار 1°C؟
   a. التغيّر في درجة الحرارة بمقدار 1°F أكبر من التغيّر بمقدار 1°C
   b. التغيّر في درجة الحرارة بمقدار 1°F أقل من التغيّر بمقدار 1°C
   c. التغيّر في درجة الحرارة بمقدار 1°F يساوي التغيّر بمقدار 1°C
   d. يعتمد التغيّر على فيما لو كانت درجة الحرارة فوق درجة حرارة تجمد الماء.

3. أيٌّ من درجات الحرارة الآتية هي الدرجة الأبرد؟
   a. 60.0°C
   b. 149°F
   c. 162°F
   d. 328K

4. يقوم أحد الطلاب بتبريد غاز مجهول. عندما يبلغ الغاز درجة حرارة 19°C، يبدأ الغاز بالتكاثف وتتشكّل قطرات السائل. وعندما يبلغ السائل درجة حرارة 42°C−، يتجمّد السائل ليُصبح صلبًا. ما درجة انصهار هذه المادة؟
   a. 61°C
   b. 0°C
   c. −42°C
   d. 19°C

5. أيٌّ من العناصر الآتية يمتلك السعة الحرارية الأعلى؟
   a. الجُزيئات القُطبيّة الخفيفة في الحالة الغازيّة.
   b. الجُزيئات القُطبيّة الخفيفة في الحالة السائلة.
   c. الفلزّات الثقيلة في الحالة الصلبة.
   d. الفلزّات الثقيلة في الحالة السائلة.

6. يمتلك الجسم A سعّة حراريّة نوعيّة أكبر بمرتين من الجسم B. تعرّض الجسمان لكميّة الحرارة نفسها من لهب شمعة. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة في هذه الحالة؟
   a. الجسم A أسخن من الجسم B
   b. الجسم B أسخن من الجسم A
   c. الجسمانِ A و B لهما نفس درجة الحرارة .
   d. لا يمكن الإجابة دون أن نعرف كتلة كل من الجسمَين.

أسئلة ذات إجابات قصيرة

الدرس 4-1: درجة الحرارة والحرارة

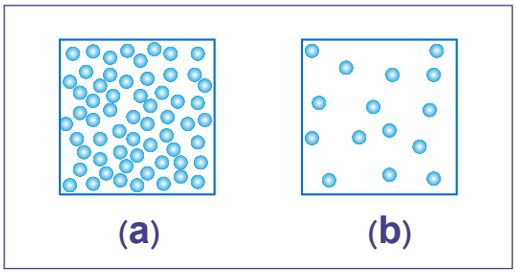
7. أيٌّ من درجتَي الحرارة الآتيتَين تُعدّ الأسخن، 40°C أم 100°F.

8. طلب منك مُعلم الفيزياء تسخين مادة إلى أن تبلغ درجة حرارة 165°F. كم ستكون قراءة مقياس درجة الحرارة هذه وفق المقياس السيليزي؟

9. سجّلت درجة حرارة مساء أحد الأيام 20°C، لترتفع فتُصبح في اليوم التالي 25°C ؛ وبناءً على ذلك أجب عما يأتي
   a. كم يبلغ ارتفاع درجة الحرارة اليوم التالي بوحدة الكلفن؟
   b. كم يبلغ ارتفاع درجة الحرارة بوحدة الفهرنهايت؟

10. هل دُوّنَت درجة الحرارة في كل من الحالات الآتية بشكل صحيح (هل هي مُمكنة فيزيائيًا ويُستخدم فيها التدوين الصحيح)، أم أنها غير صحيحة؟ فسّر إجابتك.
   a. -722.1°F
   b. -45 K
   c. 230.0°C
   d. 293°K

11. يوضح الشكل (**الشكل 4-24**) توزيع الجزيئات لنفس المادة عند درجتي حرارة مختلفتين. أجب عن الأسئلة الأتية:
   a. أي الشكلين له درجة حرارة أعلى.
   b. حدد إتجاه تدفق الحرارة بين الشكلين.
   c. متى يحدث الإتزان الحراري بين الجسمين؟



الشكل 4-24

الدرس4-2: السعة الحراريّة النوعيّة والحرارة الكامنة النوعيّة

12. منذ أكثرمن قرن مضى، إعتاد الناس استخدام زُجاجات الماء الساخن في تدفئة ملابسهم قبل التسلّق. لماذا لم يستخدموا الأجسام الفلزّية الساخنة المماثلة في الكتلة بدلًا من ذلك؟

13. كيف تُفسّر السعة الحراريّة النوعيّة للفلزّات أنها الأنسب للاستخدام في أواني الطهي؟

14. لماذا تثبت قيمة درجة الحرارة عندما تتغيّر حالة المادة؟

15. وضع أحد الطلاب 2 kg من الماء الذي تبلغ درجة حرارته 20°C في الموقد [السعّة الحراريّة للماء $c = 4184\ J/kg\ °C$]. يزوّد الموقد الماء بطاقة حراريّة مقدارها 502,080 J ما درجة الحرارة القُصوى التي سيبلغها الماء نتيجة تسخينه بهذه الطاقة؟

16. أضاف أحد الطلاب 502,050 J من الطاقة إلى كميّة من الماء [السعّة الحراريّة للماء 4184 J/kg °C] بتسخينه من درجة حرارة 20°C إلى درجة حرارة 60°C. ما كتلة هذه الكمية من الماء؟

17. هل يمكنك حساب السعة الحراريّة النوعيّة باستخدام ورقة ألومنيوم من المطبخ؟

a. اكتب الخطوات و الإجراءات المناسبة التي سوف تتبعها.

b. هل سيُعطي هذا الإجراء إجابة مضبوطة؟ قدّم إجابتك في الحالتَين.

18. كيف تُساعد الحرارة الكامنة لانصهار الماء في تلطيف درجة حرارة الهواء المُحيط بمسطح مائي كبير، كالبُحيرات، والأنهار، والبِرَك المائية، والبحار؟

19. الجدول التالي يوضح السعة الحرارية النوعية لثلاث مواد افتراضية تم استخدام كتل متساوية من المواد الثلاث عند نفس درجة الحرارة (حرارة الغرفة). تم تسخين المواد الثلاث في نفس الوقت بمصدر لهب متماثل، أجب عن الأسئلة الأتية:

المادة	(A)	(B)	(C)
السعة الحرارية النوعية J/Kg °C	2000	900	1200

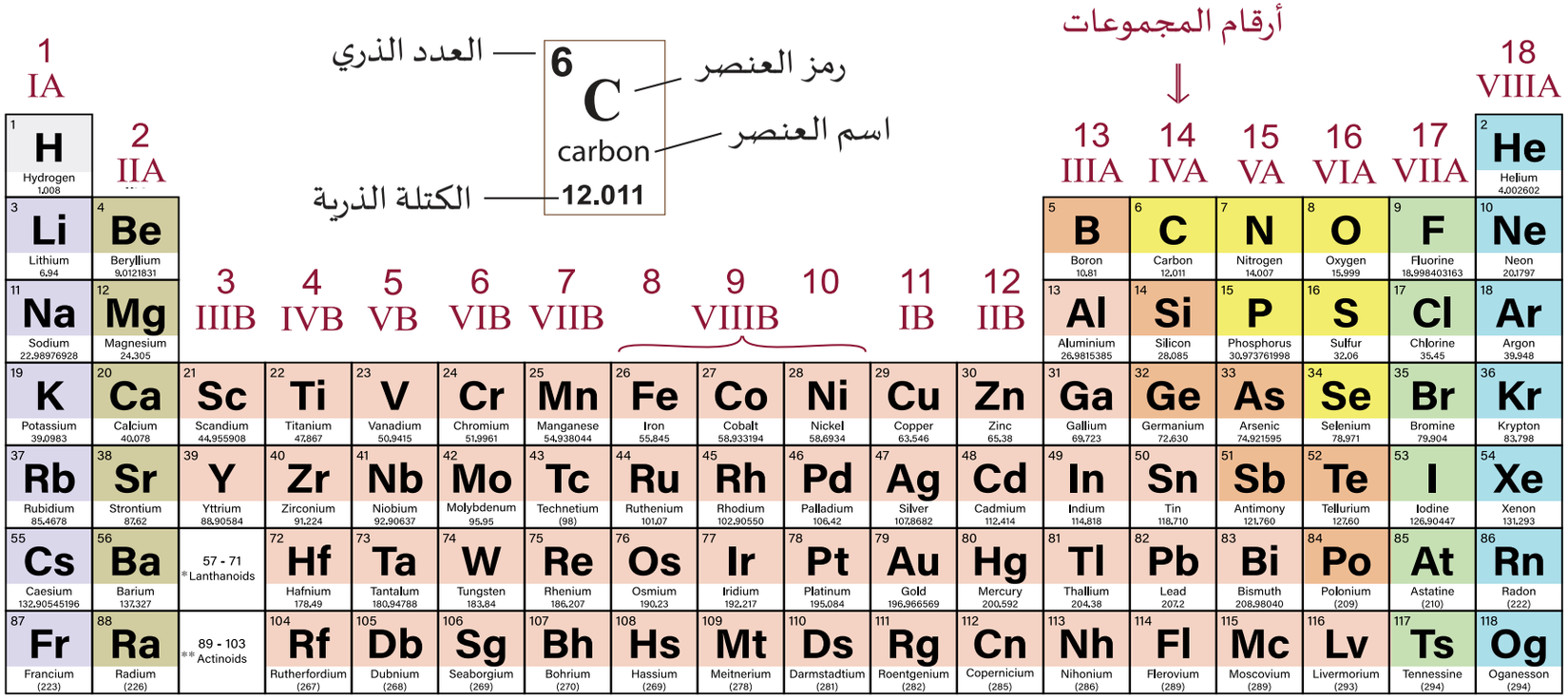
a. بعد مرور 5 min من التسخين أي المواد ترتفع درجة حرارته أعلى. فسر اختيارك.

b. أي المواد تحتاج إلى وقت أقل للوصول إلى درجة الحرارة نفسها، فسر اختيارك.

c. أي المواد يمتلك محتوى حراري أكبر عند الوصول لنفس درجة الحرارة، فسر اختيارك.

d. ما مقدار الطاقة الحرارية اللزمة لرفع درجة حرارة 0.4 Kg من المادة B من 20 °C إلى 80 °C؟

الجدول الدوري الحديث للعناصر



الشكر والتقدير

جميع الرسوم الفنية الواردة في هذا العمل صمَّمتها شركة تطوير العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في الولايات المتحدة الأميركية. وهي وحدها تملك الحق القانوني لإجازة استخدام تلك الرسوم.

يشكر المؤلفون والناشرون المصادر الآتية على السماح لهم باستخدام ملكياتهم الفكرية كما أنهم ممتنون لهم لموافقتهم على نشر الصور.

Illustration: Muhammad Farouk/Shutterstock; Photo: DnD-Production/Shutterstock; 3D image: FXartist/Shutterstock; Illustration: Alexander Sergeevich/Shutterstock; Stamp art: spatuletail/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Illustration: Designua/Shutterstock; Photo: Rabbitmindphoto/Shutterstcock; Illustration: Andrey Suslov/Shutterstock; Illustration: zffoto/Shutterstock; Photo: Ken Stocker/Shutterstock; Photo: Kobkit Chamchod/ Shutterstock 1218821710; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Photo: Nobuhiro Asada/ Shutterstock; Photo: AjayTvm/Shutterstock; 3D Image: ktsdesign/Shutterstock; Photo: Abdelrahman Hassanein/ Shutterstock; 3D image: KateStudio/Shutterstock; Photo illustration: adike/Shutterstock; 3D image: Giovanni Cancemi/ Shutterstock; 3D Illustration: Axel_Kock/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design 3D Illustration: Image Craft/Shutterstock; Photo: ThePowerPlant/Shutterstock; Photo: pogonici/Shutterstock; Photo Ton Photographer 7824/Shutterstock; Illustration: elenabsl/Shutterstock; Photo: David Evison/Shutterstock; Photo: Augustine Bin Jumat/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Illustration: Muhammad Farouk/Shutterstock 1800616687, DnD-Production/Shutterstock 278922299, 3D image: VFXartist/Shutterstock 1483410965, illustration: Alexander Sergeevich/Shutterstock 1230374893, Stamp art: spatuletail/Shutterstock 1812900445, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design, Illustration: Designua/Shutterstock 1472540423, photo: Rabbitmindphoto/Shutterstcok 1487654072, Illustration: Andrey Suslov/Shutterstock 589410938, Illustration: zffoto/Shutterstock 389695105, Photo: Ken Stocker/Shutterstock 1082226821, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design , Photo: Nobuhiro Asada/Shutterstock, 144455530, Photo: AjayTvm/Shutterstock 757231510, 3D Image: ktsdesign/Shutterstock 430949605, Photo: Abdelrahman Hassanein/Shutterstock 1230989149, 3D image: KateStudio/Shutterstock 1159868263, Photo illustration: adike/Shutterstock 1036533352, 3D image: Giovanni Cancemi/Shutterstock 76423743, 3D Illustration: Axel_Kock/Shutterstock 1625661736, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design, 3D Illustration: Image Craft/Shutterstock 1466789552, ThePowerPlant/Shutterstock 1652355403, Photo: pogonici/Shutterstock 262939175, Photo Ton Photographer 7824/Shutterstock 1074125777, Illustration: elenabsl/Shutterstock 1567621081, Photo: David Evison/Shutterstock 77061922, Photo: Augustine Bin Jumat/Shutterstock71913914, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design

Martyn F. Chillmaid / Science Photo Library, Janaka Dharmasena / Shutterstock, Nasky/ Shutterstock, adike/ Shutterstock, Richard Peterson/ Shutterstock, stihii/ Shutterstock, NoPainNoGain/ Shutterstock, Teguh Mujiono/ Shutterstock, Improvisor/ Shutterstock, Jose Luis Calvo/ Shutterstock, Rattiya Thongdumhyu/ Shutterstock, Peter Hermes Furian/ Shutterstock, Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock, VectorMine/ Shutterstock, bsd/ Shutterstock, Blamb/ Shutterstock, MikeMartin / Shutterstock, Photographee.eu/ Shutterstock, Jason Boyce/ Shutterstock, Maridav, Eugene Onischenko/ Shutterstock, CI Photos/ Shutterstock, Sergey Nivens, Vasyl Shulga/ Shutterstock, Sea Wave, Tanya Sid/ Shutterstock, belushi, / Shutterstock,Birger Olovson, Dionisvera/ Shutterstock

1.28 sportpoint / Shutterstock,ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock, Catalin Grigoriu/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, LightField Studios/Shutterstock, Iotan/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Pawel Graczyk/Shutterstock, Studio BKK/Shutterstock, Kateryna Kon/Shutterstock, GraphicsRF/Shutterstock, nayef hammouri/Shutterstock, adike/Shutterstock, Maridav/Shutterstock, Lukas Budinsky , Jacob Lund/Shutterstock, iPreech Studio/Shutterstock, ChiccoDodiFC/Shutterstock, Blazej Lyjak/Shutterstock, design36/Shutterstock, udaix/ Shutterstock, Animashka, electra/Shutterstock, Viktoria_P/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, Emre Terim, Aksanaku/Shutterstock, Blamb/Shutterstock, Tefi/Shutterstock, icsnaps/Shutterstock, Artemida-psy/ Shutterstock, OLESHKO GANNA/ Shutterstock Aninna/Shutterstock, Public Domain/Shutterstock, Public domain/ Shutterstock, Juan Gaertner/Shutterstock, Andrey_Popov/Shutterstock, iambasic_Studio/Shutterstock, Sirirat/ Shutterstock, ibreakstock/Shutterstock, Belish, Arthur Didyk/Shutterstock, Yenyu Shih, Eugene Onischenko/ Shutterstock, Robert Przybysz/Shutterstock, matimix/Shutterstock, Alex Kravtsov/Shutterstock,Babka/Shutterstock, Makalex69/Shutterstock, illustrator graphic/Shutterstock, OSTILL is Franck Camhi, Eugene Onischenko, /Shutterstock, Sergey Nivens/Shutterstock, Alan Freed/Shutterstock, Microgen/Shutterstock,Alfredo Ottonello/Shutterstock, Dmitrydesign/Shutterstock, ZouZou (jumping/Shutterstock, alphaspirit/Shutterstock, George Rudy/Shutterstock, Kati Finell/Shutterstock, haeryung stock images/Shutterstock, sportpoint/Shutterstock, Gwoeli/Shutterstock, Fauad A. Saad/Shutterstock, Oksana Volina/Shutterstock, VectorMine/Shutterstock, sportoakimirka/Shutterstock, Sergii Chemov/ homydesign/ Ivan Sm/Shutterstock, vectorfusionart/Shutterstock, Inspiring/Shutterstock, courtyardpix/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, Toa55/ Digital Storm/Shutterstock, David Prahi/ mezzotint/ brizmaker/ Shutterstock, Fauad A. Saad/Shutterstock, yanik88/ sportpoint/ Andrea Izzotti/Shutterstock, sezer66/ Thomas C. Altman sportpoint/Shutterstock, Mauricio Graiki/Shutterstock, Swapan Photography/ Shawn Hampel/ cloki/ Dan Thornberg/Shutterstock, Georgios Kollidas/Shutterstock, Lia Koltyrina/Shutterstock, matsabe/Shutterstock, Ksenia Raykova/Shutterstock, Bill McKelvie/Shutterstock, Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/Shutterstock, Imagesines/ Shutterstock, Diagram/Shutterstock, HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin//Shutterstock, Alex Kravtsov/ sirtravelalot/ Suzanna Tucker/Shutterstock, Graph/Shutterstock, Gwoeii/Shutterstock, Graph/ Oleksii Sidorov/Shutterstock, sizov/ LUKinMEDIA/Shutterstock, BUY THIS/Shutterstock, Stock image/Shutterstock, TLaoPhotography/Shutterstock, TASER/Shutterstock, Roger costa morera/Shutterstock, Preto Perola/ HomeArt/Shutterstock, topimages/ NDT/

KKulikov/Shutterstock, OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia Ljupco Smokovski/ Alexander Kirch/ Stefan Schurr/ Jonah_H/Shutterstock, Brocreative/ Motion Arts/ Dan Thornberg/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, faboi/ TASER/ faboi/Shutterstock, Miriam Doerr Martin Frommherz/ Bjoern Wylezich/Shutterstock, Inna Bigun/ Shutterstock, Steven_Mol/Shutterstock, goffkein.pro/Shutterstock, EugenePut/ RomanVX/Shutterstock, fotoliza/ Shutterstock, IDKFA/Shutterstock, Yosanon Y/ VarnakovR/Shutterstock, Rost9/ Tyler Boyes/ Dimarion/Shutterstock, Maridav/Shutterstock, Dmitry Markov152/Shutterstock, Rudenkois/Shutterstock, Patthana Nirangkul/Shutterstock, KpixMining/ Moon Light PhotoStudio//Shutterstock, -V-/ koya979/ amfroey/ Andrey Armyagov/Shutterstock, Billion Photos/Shutterstock, Christopher Boswell/ DenisVolkov/Shutterstock, Hein Nouwens/ Dragance137/Shutterstock, Everett Collection/ BrunoRosa/ sportspoint/Shutterstock, Dennis van de Water/Shutterstock, Michael Rolands/ Shutterstock,Thomas C. Altman/Altman Science marekuliasz/ Melinda Nagy/Shutterstock, Brostock/ Digital Storm/ Shutterstock, D.Pimborough/ SolidMaks/ Stanislaw Mikulski/Shutterstock, Wikipedia, Dainis Derics/Shutterstock, Doug Lemke/Shutterstock, dotshock/Shutterstock, Dmitry Yashkin/Shutterstock, Jose L. Stephens/Shutterstock, PCHT/Shutterstock, Chokniti Khongchum/Shutterstock, BlueRingMedia/Shutterstock, Quick Shot/ J_K/ Vibrant ImageStudio/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman ScienceStudioMolekuul/Shutterstock, OlegD/Shutterstock, Rudmer Zwerver/Shutterstock, Fouad A. Saad/ dioch/Shutterstock, Magcom/ StudioMolekuul/Shutterstock, Trooper2000/Shutterstock, kwanchai.c/ inewsfoto/ Chamille White/Shutterstock, Fotokostic/Shutterstock, LuckyStep/ Shutterstock, Prill/Shutterstock, Shine Nucha/ Toa55/ Idambies/Shutterstock, Chokniti Khongchum/ Perception 7/ Shutterstock, AlexLMX/Shutterstock, Iricat/ petrroudny43/ Yuriy Seleznev/Shutterstock,

Shaijo/Shutterstock, Patrick Salsbury/ Altman Science, BalLi8Tic/Shutterstock, losmandarinas/Shutterstock, Wlad74/Shutterstock, Dudarev Mikhail/Shutterstock, VectorMine/Shutterstock, Michael Stifter/Shutterstock, Tom Wang/Shutterstock, Everett Historical/Shutterstock, PhotoHouse/Shutterstock, Callipso/Shutterstock, alice-photo/ Shutterstock, udaix/Shutterstock, Designua/Shutterstock, magnetix/Shutterstock, enzozo/Shutterstock, Designua/ Shutterstock, Vshivkova/Shutterstock, ktsdesign/Shutterstock, angellodeco/Shutterstock, Billion Photos/Shutterstock, Ody_Stocker/Shutterstock, kanyanat wongsa/Shutterstock, Zita/Shutterstock, Aha-Soft/Shutterstock, Gorodenkoff/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, Katy Pack/ nevodka/Shutterstock, Rattiy Thongdumhyu/Shutterstock, Kateryna Kon/Shutterstock, Juan Gaertner/Shutterstock, Elena Pavlovich/ Shawn Hempel/Shutterstock, Spectral-Design/ Shutterstock, Katiekk/Shutterstock, Natali_Mis/Shutterstock, OSweetNature/Shutterstock, Soleil Nordic/Shutterstock, Dmitry Kalinovsky/ elenabsl/Shutterstock, Lorna Roberts/ THAIFINN/Shutterstock, DrimaFilm/Shutterstock, Mari-Leaf/Shutterstock, 3d_man/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Nathan Devery/Shutterstock, gritsalak karalak/ Shutterstock, Olga Rudyk/Shutterstock, petrroudny43/Shutterstock, Kapitosh/Shutterstock, Nate troyer/Shutterstock, machimorales/Shutterstock, acceptphoto/Shutterstock, Tomasz Klejdysz/Shutterstock, Kaentian Street/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Sawat Benyenngam/Shutterstock, JIANG HONGYAN/ Mvolodmyr/Shutterstock, Dr Morley Read/Shutterstock, symbiot/ sigit wiyono/ Linas T/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, Fourleaflover/ Shutterstock, igorstevanovic/ HEDADZI PE/CHAN/nexusby/Shutterstock, Panchenko Vladimir/Shutterstock,

Peter Hermes Furian/Shutterstock, Everett Historical/Shutterstock, OSweetNature/Shutterstock, Triff/Shutterstock, Fouad A. Saad/Shutterstock, KanKhem/Shutterstock, Cq photo juy/Shutterstock, CandMe/Shutterstock, dani3315/ vrx/ /Shutterstock, Mishakov Valery/ sivVector/Shutterstock, Efman/Shutterstock, Art-Perfect/Shutterstock, Negro Elkha/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Benson HE/ udaix/Shutterstock, Fouad A. Saad/Shutterstock, BetterPhoto/Shutterstock, Mega Pixel/Shutterstock, StudioMolekuul/ /Shutterstock, urfin/Shutterstock, kondr. konst/Shutterstock, suteelak phundang/ shltz/Shutterstock, Aonprom Photo/Shutterstock, Andrew Balcombe/ Don Mammoser/ Vladimir Gjorgiev/Shutterstock, Richard Whitcombe/Shutterstock, Chase Dekker/Shutterstock, paulynn/ Anna Hoychuk/ Dalibro/Shutterstock, Yana Gershanik/ Lalandrew/Shutterstock, Alaettin YILDIRIM/ Shutterstock, Matej Kastelic/Shutterstock, Poring Studio/Shutterstock, g_dasha/Shutterstock, Billion Photos/ Shutterstock, shtukicrew/Shutterstock, Amy Newton-McConnel/ Ongkan/Shutterstock, bonchan/Shutterstock, MITstudio/Shutterstock,

200dgr/Shutterstock, SpelaG91/ UlrikaArt/ Luis Echeverri Urrea/Shutterstock, Rich Carey/Shutterstock, Davdeka/ Shutterstock, Newman Studio/Shutterstock,

gstraub/Shutterstock; Jenny_Tr/Shutterstock; Fer Gregory/Shutterstock; Crystal-K/Shutterstock; 3Dsculptor/ Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; BeataGFX/Shutterstock; ZikG/Shutterstock; focal point/Shutterstock; u3d/ Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc ;Tuba Rehman/Shutterstock; Arpon Pongkasetkam/Shutterstock; JPC-PROD/Shutterstock; Lutsenko_Oleksandr/Shutterstock; gstraub/Shutterstock; ggw/Shutterstock; Kim Christensen/Shutterstock; Blue Lemon Photo Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; botazsolti/Shutterstock; Kriengsak tarasri/Shutterstock; David Plo Caviedes/Shutterstock, Toltemara/Shutterstock; sasha2109/Shutterstock; LeysanI/Shutterstock; ggw/Shutterstock; Ajamal/Shutterstock; helfei/Shutterstock; Fablok/Shutterstock; gogoiso/ Shutterstock; HAFIZULLAHYATIM/Shutterstock; ninikas/Shutterstock; Monkey Business Images/Shutterstock; public domain , Surasak_Photo/Shutterstock; White_Fox/Shutterstock; chemistrygod/Shutterstock; SUWIT NGAOKAEW/ Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific, Inc.; StudioMolekuul/Shutterstock; Rabbitmindphoto/Shutterstock; petrroudny43/Shutterstock; kesipun/Shutterstock; wellphoto/Shutterstock; Toa55/Shutterstock; PNOIARSA/ Shutterstock; ggw/Shutterstock; Rattiya Thongdumhyu/Shutterstock; Satienpong P/Shutterstock; DariaRen/ Shutterstock; tanewpix168/Shutterstock;