



سُلْطَنَةُ عُومَانِ
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيمِ



نَتَقَدَّمُ بِثِقَةٍ
Moving Forward
with Confidence

الكيمياء

كتاب الطالب

٩

الفصل الدراسي الأول
الطبعة التجريبية ١٤٤٥ هـ - ٢٠٢٣ م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS



سَلْطَنَةُ عُومَانِ
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيمِ

الكيمياء

كتاب الطالب



الفصل الدراسي الأول

الطبعة التجريبية ١٤٤٥هـ - ٢٠٢٣م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

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

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

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

الطبعة التجريبية ٢٠٢٠ م، طُبعت في سلطنة عُمان

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

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

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٣٠٢ / ٢٠١٩ واللجان المنبثقة عنه



جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم
ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزئاً أو ترجمته أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه الله ورعاه-



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيب الله ثراه-

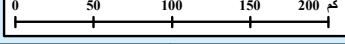
سلطنة عُمان

(المحافظات والولايات)



أنتجت بالهيئة الوطنية للمساحة، وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2022 م.
حقوق الطبع © محفوظة للهيئة الوطنية للمساحة، وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2022 م.
لا يعتد بهذه الخريطة من ناحية الحدود الدولية.

- طريق مرصوف
- طريق معبد
- الحدود الإدارية
- الحدود الدولية
- عاصمة
- ولاية
- ميناء
- مطار





النشيد الوطني



يا رَبَّنَا احْفَظْ لَنَا
وَالشَّعْبَ فِي الأَوْطَانِ
وَلْيَدُمُ مَوَئِدًا
جَلالَةَ السُّلْطَانِ
بِالأَعِزِّ والأَمَانِ
عاهلاً مُمَجِّداً

بِالنُّفوسِ يُفْتَدَى

يا عُمَانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبِيِّ
فَارْتَقِي هَامَ السَّمَاءِ
أَوْفِياءُ مِنْ كِرَامِ العَرَبِ
وَأَمَلِي الكَوْنِ الضِّياءِ

وَاسْعَدِي وَانْعَمِي بِالرِّخاءِ

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

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

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

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

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

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

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذا الكتاب xii

الوحدة الأولى طبيعة المادة

١-١ حالات المادة ١٥

٢-١ فصل المواد وتفتيتها ٢٦

الوحدة الثانية التركيب الذري

١-٢ الذرات والجزيئات ٣٩

٢-٢ تركيب الذرة ٤٢

٣-٢ ترتيب الإلكترونات في الذرات ٤٧

الوحدة الثالثة الجدول الدوري

١-٣ الجدول الدوري للعناصر: تصنيف العناصر ٥٢

٢-٣ دورية خصائص العناصر في الجدول الدوري ٥٨

الوحدة الرابعة الروابط الكيميائية

١-٤ الروابط الكيميائية وأهميتها ٦٢

٢-٤ الصيغ الكيميائية ٧١

٣-٤ البلورات ٧٧

الوحدة الخامسة معدّل سرعة التفاعل وتغيّرات الطاقة

١-٥ معدّل سرعة التفاعل الكيميائي ٨٢

٢-٥ العوامل المؤثرة في معدّل سرعة التفاعل ٨٥

٣-٥ تغيّرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية ٩٥

مصطلحات علمية ١٠٢

الجدول الدوري ١٠٤

سوف تتعلم من خلال هذا المقرر الكثير من الحقائق والمعلومات، كما ستكتسب مهارة التفكير مثل العلماء. وقد تمّت موازنة كتاب الطالب - الكيمياء للصف التاسع - وفق سلسلة كامبريدج للعلوم المتكاملة IGCSE.

تتضمّن وحدات كتاب الطالب البنود الآتية:

الأسئلة

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

الأنشطة

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

مُلخَص

وهو قائمة قصيرة تأتي في نهاية كل وحدة، وتحتوي على النقاط الرئيسية التي تمّت تغطيتها في الوحدة. وسوف تحتاج إلى معرفة المزيد من التفاصيل عن هذه النقاط من خلال الرجوع إلى موضوعات الوحدة. من المفيد أيضاً استخدام كتاب النشاط، الذي يُزوّدك بمجموعة من التمارين وأوراق العمل، تُساعدك على توظيف المعرفة التي اكتسبتها في تطوير مهاراتك في التعامل مع المعلومات وحل المشكلات، وكذلك صقل بعض مهاراتك العملية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

تتضمّن كل وحدة مجموعة من الأقسام تُحدّد الموضوعات الرئيسية التي تتناولها، وتساعدك على التنقّل خلالها.

الوحدة الأولى طبيعة المادّة The Nature of Matter

تُغطّي هذه الوحدة:

- حالات المادّة الثلاث وتغيّرات الحالة
- النموذج الجسيمي الحركي وتغيّرات المادّة
- الانتشار
- نقاوة المواد وأهميّتها
- فصل المواد وتنقيتها
- الترشيح
- التبلور
- التقطير
- كروماتوجرافيا الورق
- معالجة المياه

تذكّر مُربّعات تحتوي على نصائح موجّهة إلى الطلاب ليتجنّبوا المفاهيم الخاطئة الشائعة، وتقدّم إليهم الدعم للإجابة عن الأسئلة.

للوهة

مع أن الجسيمات في السائل تكون مُتقاربة جداً فهي تستطيع أن تتحرّك وتتجاوز بعضها بعضاً.

مصطلحات علمية
تحتوي المُربّعات على تعريفات واضحة للمُصطلحات العلمية الرئيسية في كل وحدة.

مصطلحات علمية

- المادّة Matter: أي شيء له كتلة ويشغل حيزاً من الفراغ. وللمادّة ثلاث حالات فيزيائية هي: الصلبة والسائلة والغازية.

نشاط

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

أسئلة

ترد في كل وحدة لتقييم معرفة الطلاب واستيعابهم.

أسئلة

- ٦-١ لخص الاختلافات بين حالات المادة الثلاث من حيث ترتيب جسيماتها وحركتها.
- ٧-١ أي الغازين ينتشر بسرعة أكبر: الأمونيا أم كلوريد الهيدروجين؟ صف باختصار تجربة تبيّن ذلك الاختلاف بطريقة عملية.
- ٨-١ ما الغاز ذو سرعة الانتشار الأكبر بين جميع الغازات؟

تحتوي الأطر الزرقاء على معلومات مهمة تعزّز نقطة رئيسية أو تتوسّع فيها.

تستخدم عملية التقطير التجزيئي Fractional distillation

لفصل مكوّنات أي محلول يحتوي على سوائل لها درجات غليان مختلفة. فالسائل ذو درجة الغليان الأدنى (الأكثر تطايراً) في المخلوط يتقطّر أولاً، أما السائل الذي يتم تقطيره في النهاية فهو ذو درجة غليان أعلى (الأقل تطايراً). ويمكن تكييف عملية التقطير التجزيئي بهدف استمراريتها، وهي تُستخدم صناعياً لفصل:

- مكوّنات النفط المختلفة.
- الغازات المختلفة من الهواء المسال.

نشاط ١-٢

اكتشاف تركيب الذرة

المهارات:

- يُعزّز مهارات البحث: مهارات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT)

تم اكتشاف طبيعة الجسيمات دون الذرية التي تكوّن الذرات جميعها ضمن مدّة زمنية قصيرة نسبياً من بداية القرن العشرين تقريباً.

تحقّق من هذه الفترة الزمنية الرئيسية في تاريخ العلوم باستخدام المكتبة ومصادر الإنترنت، ثم ابتكر عرضاً تقديمياً، أو ملصقاً يتحدّث عن الاكتشافات المهمة، والعلماء المشاركين، وأهمهم للبحث: ج.ج. طومسون، وإيرنست رذرفورد، وجيمس شادويك.

أسئلة

- ١ ما الذي كان لافتاً للانتباه في تركيب الذرة المقترح بتجارب جايجر - مارسدن؟
- ٢ ما الشيء المتعلّق بطبيعة النيوترون، الذي جعله آخر الجسيمات المكتشفة؟

يرد ملخص في نهاية كل وحدة ويتضمّن تلخيصاً للموضوعات الرئيسية.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- تحدث التفاعلات الكيميائية المختلفة عند معدّلات سرعة مختلفة إلى حد بعيد، ويمكن تغيير معدّل سرعة تفاعل معين عن طريق تغيير الظروف، بما فيها درجة الحرارة.
- تتم زيادة معدّل سرعة بعض التفاعلات باستخدام العامل الحفّاز.
- طاقة تنشيط التفاعل هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء هذا التفاعل.
- التغيّرات التي تزيد من تكرار عملية التصادم بين جسيمات المواد المتفاعلة تؤدي إلى زيادة معدّل سرعة التفاعل.
- تتضمن جميع التفاعلات الكيميائية على تغيّرات في الطاقة، وتطلق معظم التفاعلات الكيميائية طاقة حرارية نحو محيطها (تفاعلات طاردة للحرارة).
- تمتصّ بعض التفاعلات الكيميائية الطاقة الحرارية فتكون ماصة للحرارة.




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

أسئلة نهاية الوحدة

١ أكمل الجُمَل الآتية المُتعلّقة بالجدول الدوري، مُستخدِماً كلمات من القائمة أدناه:

الجدول الدوري	الإلكترونيات	فلزّات	المجموعة	اليمنى
عبارة عن قائمة تضمّ كل العناصر الكيميائية مُرتّبة وفقاً لزيادة أعدادها الذريّة. تقع العناصر الرئيسية ذات الخصائص المتشابهة في	نفسها. ويكون رقم المجموعة مُساوياً لعدد	الموجودة في مستوى الطاقة الخارجي للذرة.	مُعظّم العناصر عبارة عن
.....، وهي تشغل الجهة اليسرى والسفلى من الجدول الدوري.	تشغل اللافلزّات الجهة	والعليا من الجدول الدوري.		

قائمة روابط المواد الإثرائية لمادّة الكيمياء

رقم الترميز	QR Code	الرابط	النوع
55998871		https://home.moe.gov.om/Teachers	المصطلحات العلمية
55998894		https://home.moe.gov.om/Staff	أسئلة اختيار من متعدد
55998905		https://home.moe.gov.om/Company	الأنشطة الإثرائية



الوحدة الأولى

طبيعة المادّة

The Nature of Matter

تُغطّي هذه الوحدة:

- حالات المادّة الثلاث وتغيّرات الحالة
- النموذج الجسيمي الحركي وتغيّرات المادّة الانتشار
- نقاوة المواد وأهمّيّتها
- فصل المواد وتنقيتها
- الترشّيح
- التبلُّور
- التقطير
- كروماتوجرافيا الورق
- مُعالجة المياه

١-١ حالات المادّة

والكيمياء هي العلم الذي يهتمّ بدراسة سلوك المادّة، وكيفية تغيّرها من نوع إلى آخر. وإذا درسنا أيّ مادّة كيميائيّة، نجد أنها يمكن أن تتخذ ثلاثة أشكال مختلفة (حالات فيزيائية **Physical states**) بحسب الظروف الفيزيائية.

المادّة هي المُصطلح المُستخدَم لوصف كل الأشياء التي تُشكّل الكون. تتكوّن المادّة من جُسيمات، ولها أنواع مختلفة. وبصورة عامّة، تمتلك جميع المواد خاصّيتين مشتركتين هما: أنها تشغل حيّزاً (أي لها حجم)، ولها كتلة.

الانصهار والتجمد

يُطلق على درجة الحرارة التي تتحوّل عندها مادّة صلبة نقيّة إلى سائل، اسم درجة الانصهار **Melting point**. ويحدث هذا التحوّل دائماً عند وصول المادة النقية إلى درجة حرارة معيّنة، (الشكل ١-١). وعند درجة الحرارة نفسها، يحدث التحوّل المُعكس من الحالة السائلة إلى الصلبة، وتُسمّى عندئذ درجة التجمّد **Freezing point**. تكون درجتا الانصهار والتجمّد لأي مادة متماثلتين. فانصهار الماء النقي مثلاً وتجمّده، يحدثان عند درجة حرارة 0°C (الصورة ١-١).

لفلز الغاليوم درجة انصهار أعلى قليلاً من درجة حرارة الغرفة. لذلك، تجده ينصهر عند وضعه على راحة اليد، (الصورة ١-٢).



الصورة ١-١ قطعة جليد عائمة على بُحيرة. يكون الماء الصلب (الجليد) أقل كثافة من الماء السائل، فيطفو على سطح الماء. الماء هو إحدى المواد القليلة التي تكون في الحالة الصلبة أقل كثافة من الحالة السائلة

وتلك الحالات الثلاث للمادّة **States of matter**، هي: الصلبة **Solid** والسائلة **Liquid** والغازية **Gas**. وقد يؤدي تغيير درجة الحرارة أو الضغط، أو كليهما إلى تغيير حالة المادّة. تتميز حالات المادّة الثلاث بخصائص عامّة، بغض النظر عن ماهية المادّة الكيميائية، كما هو مبين ومُلخّص في (الجدول ١-١).

مصطلحات علمية

■ المادّة **Matter**: أي شيء له كتلة ويشغل حيزاً من الفراغ. وللمادّة ثلاث حالات فيزيائية هي: الصلبة والسائلة والغازية.

تختلف الحالات الفيزيائية الثلاث للمادّة في كيفية استجابتها لتغيّرات الضغط ودرجة الحرارة. فالحالات الثلاث تُظهر عموماً زيادةً في حجم المادّة (تمدّداً) عند ارتفاع درجة الحرارة، ونقصاً في حجمها (انكماشاً) عند انخفاض درجة الحرارة. ولكن في الحالتين، يكون التأثير في الغازات أكبر كثيراً من التأثير في المادّة الصلبة أو السائلة.

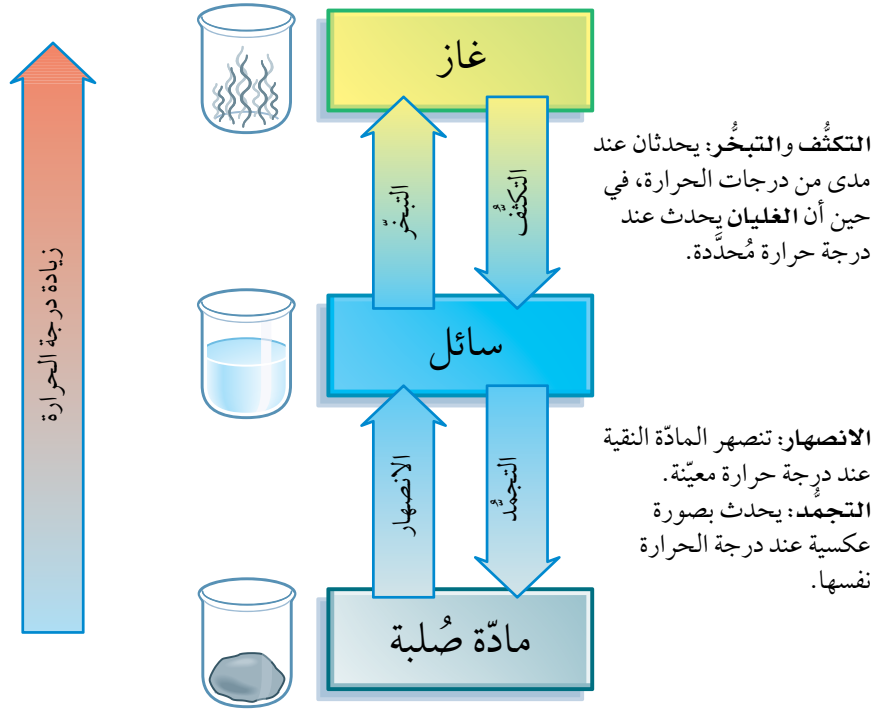
يمكن بسهولة تقليص حجم الغاز عند درجة حرارة ثابتة؛ وذلك بزيادة الضغط الواقع عليه. وفي حين أن ضغط الغازات يتمّ بكل سهولة، تُضغط السوائل بمقدار بسيط. أما المادّة الصلبة فلا تتأثر بتغيير الضغط.

التغيّرات في الحالة الفيزيائية

يُمكن للتغيّرات الكبيرة في الضغط ودرجة الحرارة أن تسبّب تغيّرات في حالات المادّة، تتعدّى الانكماش والتمدّد؛ كأن تؤدي إلى تغيير حالتها الفيزيائية. يبيّن (الشكل ١-١) التغيّرات بين حالات المادّة الثلاث، وهي تغيّرات تحدث برفع درجة حرارة المادّة أو خفضها عند الضغط الجوي العادي (1 atm).

التدفق	الشكل	الكثافة	الحجم	الحالة الفيزيائية
لا تتدفّق	لها شكل محدّد	مُرتفعة	لها حجم ثابت	الصلبة
تتدفّق عادةً بسهولة	ليس لها شكل مُحدّد، تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه	مُتوسطة إلى مُرتفعة	لها حجم ثابت	السائلة
تتدفّق بسهولة	ليس لها شكل مُحدّد، تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه	مُنخفضة	ليس لها حجم ثابت بل تنتشر لتملأ الوعاء الذي توضع فيه	الغازية

الجدول ١-١ التباين في خصائص حالات المادّة الثلاث



الشكل ١-١ التغيرات في الحالة الفيزيائية، وتأثير زيادة درجة الحرارة تحت الضغط الجوي العادي

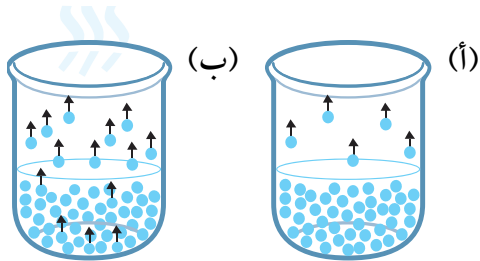
نطلق على عملية تحوُّل السوائل إلى غازات وفقاً لهذه الطريقة، اسم **التبخر Evaporation**. ويحدث التبخر عند سطح السائل. ويكون تبخر السائل أسرع إذا كانت مساحة السطح كبيرة، وإذا ارتفعت درجة حرارة السائل.

وعند درجة حرارة معيَّنة، يصبح السائل ساخناً إلى حدِّ يكفي لتكوُّن الغاز داخله، وليس فقط على سطحه (الشكل ٢-١). فتظهر فقاعات الغاز داخل السائل وتخرج على شكل بخار. وتُعرف تلك العملية بالـ **الغليان Boiling**. وهي تحدث لكل سائل نقي عند درجة حرارة مُحددة تُسمَّى **درجة الغليان Boiling point**. فالماء يتبخر نوعاً ما بسهولة

المادة النقية لها درجة انصهار ودرجة غليان مُحددة. فعند قياس هذه الدرجات يمكنك تحديد ما إذا كانت المادة نقية. وباستخدام البيانات يمكنك أيضاً تحديد نوع المادة.



الصورة ٢-١ فلزّ الغاليوم ينصهر على راحة اليد



الشكل ٢-١ الكرات الزرقاء تمثل جسيمات المادة في الحالتين السائلة والغازية.

(أ) عملية التبخر تحدث على سطح السائل فقط.
(ب) عملية الغليان تحدث داخل السائل وعلى سطحه.

التبخر والغليان والتكثف

إذا تُرك سطح السائل معرضاً للهواء، فإن جسيماته تتبخر. فيقع الماء يتبخر عند درجة حرارة الغرفة. وكذلك تجفّ البرك بعد توقف المطر!

تعدّ الذرّة أصغر جُسيم في المادة يمكن أن يوجد بشكل منفرد.

أما الجُزيئات، فهي جُسيمات المادة التي تشكّلت من اندماج ذرتين أو أكثر.

وتتّصف الأيونات بأنها جُسيمات تحمل شحنة كهربائية موجبة أو سالبة.

يُمثّل (الشكل ١-٣) ملخّصًا لتنظيم الجُسيمات في حالات المادة الثلاث، ويساعد على تفسير مختلف خصائصها الفيزيائية. فالجُسيمات في الغاز تكون مُتباعِدة جدًّا، في حين تكون مُتراصّة معًا في السائل أو في الحالة الصلبة. ويُعرّف الفراغ بين الجُسيمات باسم **المسافات بين-الجُزيئية (IMS) Intermolecular space**. ففي الغاز، تكون المسافات بين-الجُزيئية كبيرةً ويمكن تصغيرها بزيادة الضغط الخارجي على الغاز، لأن الغازات قابلة للانضغاط. لكن في السائل، تكون المسافات بين-الجُزيئية أصغر بكثير. وبالتالي تكون قابلية السوائل للانضغاط صغيرة جدًّا.

لماذا

مع أن الجُسيمات في السائل تكون مُتقاربة جدًّا إلا أنها تستطيع أن تتحرّك وتتجاوز بعضها بعضًا.

المبادئ الرئيسية للنموذج الجسيمي الحركي:

- تتكوّن المواد جميعها من جُسيمات بالغة الصغر (تحتوي المواد المختلفة على أنواع مختلفة من الجُسيمات، مثل الذرّات والجُزيئات والأيونات).
- تكون الجُسيمات في حركة دائمة (وكلما ارتفعت درجة الحرارة، ارتفع معها مُتوسّط طاقة الجُسيمات وبالتالي تزداد حركتها).
- تكون حُرية حركة الجُسيمات وترتيبها مختلفين بين حالات المادة الثلاث.
- ينتج ضغط الغاز عن اصطدام ذرّات الغاز أو جُزيئاته بجدران الوعاء الذي يحويه. فكلما كانت الاصطدامات بالجدران أكثر، كان الضغط أكبر.

وله درجة غليان مقدارها (100 °C). ويُعدّ سائلًا مُتطايرًا **Volatile** إلى حدّ ما. أما الإيثانول، الذي تبلغ درجة غليانه 78 °C، فهو أكثر تطايرًا **Volatility** من الماء؛ وبالتالي يتبخّر بسرعة أكبر.

■ السائل المُتطاير **Volatile** سائل يتبخّر بسهولة، وله درجة غليان منخفضة نسبيًا.

التكثف Condensation عملية مُعكّسة لعملية التبخّر، تحدث عادةً بالتبريد. وحيث إن الغازات هي أكثر حالات المادة تأثّرًا بتغيّرات الضغط، فإننا عند درجات الحرارة العادية نستطيع تكثيف بعض الغازات إلى سوائل بزيادة الضغط، دون الحاجة إلى التبريد.

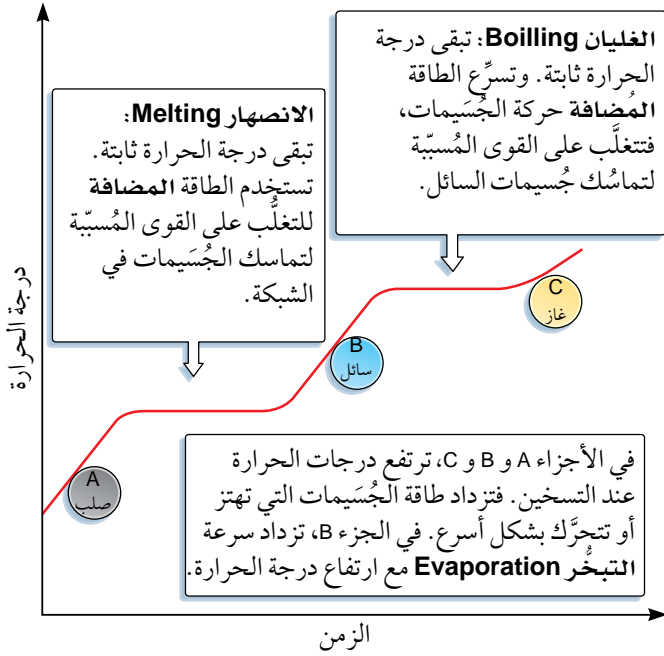
ويمكن أن تتغيّر درجة غليان السائل، إذا تغيّر الضغط المُحيط. ففي العادة، تُحدّد درجة الغليان في الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر (**الضغط الجوي أو الضغط القياسي Atmospheric pressure (1 atm) (or Standard pressure)**). فإذا انخفض مقدار الضغط المُحيط، تنخفض درجة الغليان. إذ تبلغ درجة غليان الماء عند الضغط القياسي 100 °C، وتنخفض عن ذلك في الجبال الشاهقة. بالمقابل، إذا زاد الضغط المُحيط، ترتفع درجة الغليان. ففي طنانجر الضغط التي تُستخدم لطهي الطعام، ترتفع درجة غليان الماء إلى ما يقارب 120 °C، فينضج الطعام بسرعة أكبر عند درجة الحرارة المُرتفعة هذه.

النموذج الجسيمي الحركي للمادة

تتكوّن جميع المواد من جُسيمات بالغة الصغر وهي تشكّل تركيب المواد في الحالات الثلاث. وقد استطاع النموذج الجسيمي الحركي للمادة وصف هذه الحالات، والتغيّرات التي تحدث فيما بينها استنادًا إلى مفهوم حركة الجُسيمات.

أنواع الجُسيمات

تتكوّن المادة من جُسيمات، نستطيع تخيلها على شكل كُرّات صغيرة. وتشمل هذه الجُسيمات ثلاثة أنواع أساسية وهي: الذرّات **Atoms** والجُزيئات **Molecules** والأيونات **Ions**.

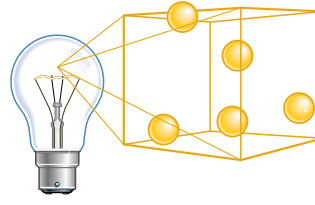


الشكل ١-٤: تغيرات الطاقة التي تحدث خلال عملية التسخين. وعند عكس التجربة، نحصل على منحنى التبريد، فتبقى درجة الحرارة ثابتة أثناء التكثيف والتجميد.

تأثير الشوائب على درجات الانصهار والغليان

يُعد ماء البحر ماء غير نقي. ويمكنك التأكد من ذلك إذا وضعت كمية منه في طبق تبخير، وسخّنت الطبق حتى يتبخّر الماء. ستلاحظ بقاء كمية من «الملح» في الطبق. وهذا يفسّر لماذا يتجمّد ماء البحر عند درجة حرارة أدنى من درجة تجمّد الماء النقي (0°C)، ويغلي عند درجة حرارة أعلى من درجة غليان الماء النقي (100°C). وتُظهر المواد الأخرى التي تحتوي على شوائب اختلافات مماثلة. فوجود الشوائب في المادة يجعل تحديد درجات انصهارها وغليانها بدقة غير ممكن. ذلك أنها تتصهر، أو تغلي أحياناً، ضمن مدى من درجات الحرارة، وليس عند درجة حرارة مُحدّدة.

- يؤدّي وجود شوائب في المادة إلى:
- خفض درجة انصهار المادة.
 - رفع درجة غليان المادة.

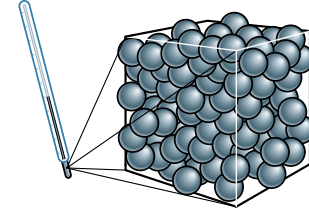


الغاز Gas

تكون الجسيمات في الغاز:
• غير مُنتظمة تماماً
• مُنتشرة بشكل مُتبادل جداً، مقارنة بالحالتين السائلة والصلبة
• تتحرك عشوائياً

عند التسخين، تتحرك الجسيمات بسرعة أكبر، وتمتلك بعض الجسيمات طاقة كافية للانفلات من السطح، فتحدث عملية التبخر. ومع ارتفاع درجة الحرارة، يزداد عدد الجسيمات التي تملك ما يكفي من الطاقة للانفلات. ويكون التبخر أسرع عند درجات الحرارة المُرتفعة، وعند درجة الغليان، تكون الجسيمات قد امتلكت طاقة كافية لكسر قوى التجاذب بينها، فتتحرك بسرعة كبيرة جداً، وينفصل بعضها عن بعض؛ وعندها يغلي السائل.

التبخر والغليان

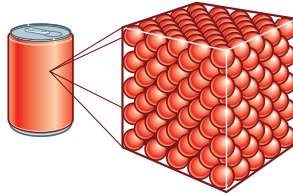


السائل Liquid

تكون الجسيمات في السائل:
• مُتراصة إلى حد ما
• في ترتيب غير منتظم
• قادرة أن تتحرك ويتجاوز بعضها بعضاً

عندما ترتفع درجة الحرارة، تكسب الجسيمات طاقة، وتهتز بقوة أكبر، بحيث تشغل حيزاً أكبر، ما يؤدي إلى تمدد المادة الصلبة. في النهاية، تمتلك الجسيمات طاقة كافية لكسر القوى التي تبقى جسيمات الشبكة متماسكة. عندئذ يمكن للجسيمات أن تتحرك؛ فتصهر المادة الصلبة.

الانصهار

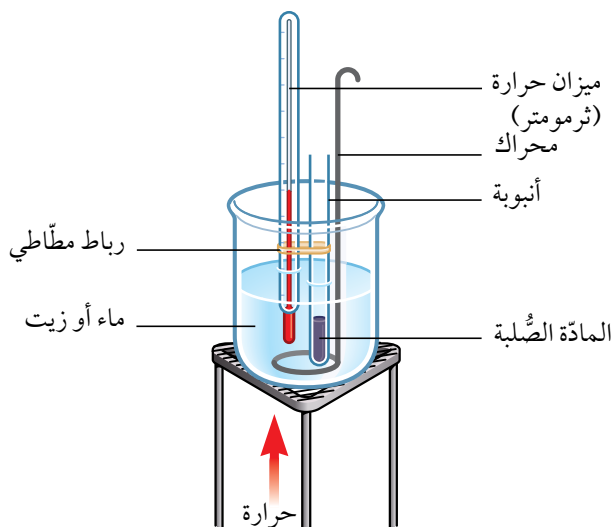


المادة الصلبة Solid

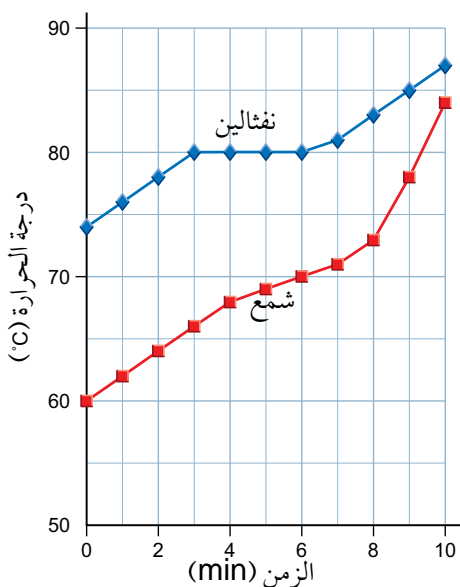
تكون الجسيمات في المادة الصلبة:
• مترابطة بقوة معاً
• في ترتيب منتظم أو شبكي
• غير قادرة على الحركة بحرية، ولكنها بسيطة تهتز في أماكنها الثابتة.

الشكل ٣-١: النموذج الجسيمي الحركي وتفسير التغيرات في الحالة الفيزيائية

وتُساعد الطريقة التي تترتب بها الجسيمات في حالات المادة الثلاث على تفسير التغيرات في درجة الحرارة، عندما يتم تسخين مادة أو تبريدها. ويُلخص (الشكل ١-٤) تغيرات الطاقة التي تحدث في المراحل المختلفة لتجربة منحنى التسخين.



الشكل ٥-١ جهاز قياس درجة انصهار المادة الصلبة. يُستخدم حمام مائي لقياس درجات الانصهار التي تقل عن 100°C ، ويُستخدم حمام من الزيت لقياس درجات الانصهار التي تزيد على 100°C



الشكل ٦-١ مُنحني تسخين النفثالين (مادة نقية)، ومُنحني تسخين الشمع (مخلوط من عدة مواد)

وتظهر التجارب الأنفة الحاجة إلى امتصاص طاقة حرارية لتحويل المادة الصلبة إلى مادة سائلة، والمادة السائلة إلى غاز. وفي المقابل يتم تحرير طاقة حرارية خلال العمليات العكسية.

لَقَدْ

أن للمادة النقية درجتَي انصهار وجليان مُحدَّدتين ودقيقتين. لكن مع وجود الشوائب تتغير كل من درجتَي الانصهار والجليان إلى مدى من درجات الحرارة في كل حالة.

مُنحنيات التبريد والتسخين

يمكننا استخدام جهاز قياس درجة الانصهار المبيّن في (الشكل ٥-١) من أجل تتبّع درجات حرارة عيّنة قبل الانصهار وبعده. ويمكن استخدام النتائج لرسم منحني التسخين، كما هو مبيّن في (الشكل ٦-١). يمكن أيضاً استخدام جهاز مُشابه لرصد التغيّر في درجات الحرارة ورسم منحني التبريد، لكن يجب وضع ميزان الحرارة (الثرموتر) داخل الأنبوبة التي تحتوي على المادة السائلة أو الغازية المُراد دراستها.

يُبيّن (الشكل ٦-١) كيف تتغيّر درجة الحرارة عند تسخين عيّنة نقية من مادة النفثالين الصلبة بشكل مطرد. فهي تنصهر عند درجة حرارة 80°C بالضبط. ويلاحظ أن درجة الحرارة تبقى ثابتة ولا تتغيّر أثناء عملية الانصهار، ثم تعود لترتفع بعد انصهار النفثالين كلياً. ويتضح أن منحني تسخين مادة نقية يبقى ثابتاً أثناء عملية الانصهار، في حين يتضح من منحني التسخين للشمع، الذي يتكوّن من مخلوط من المواد، أن الشمع ينصهر وفق مدى **Range** من درجات الحرارة.

يمكننا أن نستخدم الجهاز نفسه لتسخين سائل، حتى يصل إلى درجة جليانه. حيث تثبت درجة الحرارة أيضاً حتى يغلي السائل بكامله. ويمكن أنذاك تنفيذ العملية العكسية، بتبريد عيّنة من الغاز، حيث ينتج من ذلك منحني التبريد المبيّن في (الشكل ٧-١).

يكون منحني التبريد أفقياً للمادة النقية، عندما يتكثف الغاز إلى سائل، أو عندما يتجمّد السائل.

الطريقة

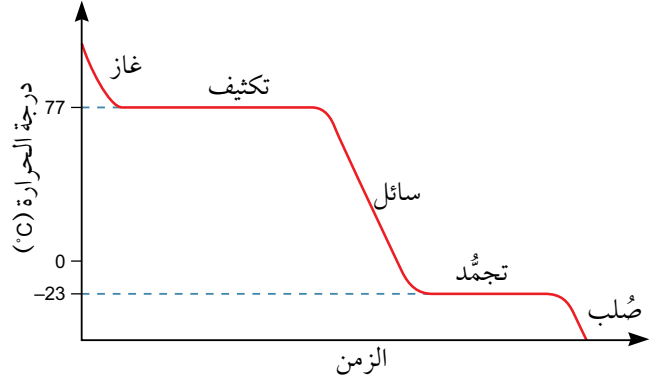
- ١ سَخِّن الماء في كأس زجاجية سعة (250 mL) لتحضير حمّام مائي. يجب أن يكون الماء عند درجة حرارة حوالي (90 °C).
- ٢ ضع أنبوتَي تسخين تحتوي كل منهما على عيّنة واحدة من المواد الصلبة، A و B في الحمّام المائي.
- ٣ عندما تتصهر المواد الصلبة، ضع ميزان حرارة (ترمومتراً) في كلتا الأنبوتين. يجب أن تتوفّر كمية كافية من السائل لغمر مستودع ميزان الحرارة.
- ٤ أخرج الأنبوتين من الحمّام المائي وضعهما في حامل الأنابيب لتفادي وقوعهما.
- ٥ قس درجة الحرارة في كل أنبوبة وسجّل قيمتها. شغل ساعة الإيقاف.
- ٦ قس درجة الحرارة في كل أنبوبة وسجّل قيمتها بعد كل دقيقة حتى تبلغ درجة الحرارة (35 °C).
- ٧ ارسم تمثيلاً بيانياً لمنحنى التبريد لكل من المادتين، A و B، بوضع الزمن على المحور السيني ودرجة الحرارة على المحور الصادي.

أسئلة

- ١ أي المادتين تُعتبر مادة نقيّة؟ فسّر إجابتك.
- ٢ كيف يمكنك تحسين إجراءاتك للحصول على نتائج أفضل.

أسئلة

- ١-١ ما نوع التغيّر الفيزيائي في كل من الحالات الآتية؟
 - أ. من السائلة إلى الصلبة.
 - ب. من السائلة إلى الغازية عند درجة حرارة مُحدّدة.
 - ج. من الغازية إلى السائلة.
- ٢-١ ما تأثير وجود الشوائب في سائل على درجة تجمّده؟
- ٣-١ ارسم منحنى التبريد للماء من (80 °C) إلى (-20 °C)، مُسجلاً ما يحدث في الأجزاء المختلفة من الرسم.
- ٤-١ ما المقصود بالمادة **المُتطايرة Volatile** عندما يتم استخدامها في الكيمياء؟
- ٥-١ رتّب السوائل الثلاثة الآتية وفق قابليتها للتطاير **Volatility**، من الأكثر إلى الأقل: الماء (درجة غليانه 100 °C)، حمض الإيثانويك (درجة غليانه 117.9 °C)، الإيثانول (درجة غليانه 78 °C).



الشكل ٧-١ منحنى تبريد مادة نقيّة. تبقى درجة الحرارة ثابتة أثناء تكثف الغاز، وكذلك أثناء تجمّد السائل. ولخفض درجة حرارة الحمام المائي إلى ما دون 0 °C يُستخدم مخلوط من الملح والجليد

أثناء انصهار المادة الصلبة (النقية)، أو غليان السائل النقي، تبقى درجة الحرارة ثابتة حتى تنتهي العملية كلياً. ويحدث الأمر نفسه في العمليات العكسية؛ أي لدى تكثف الغاز أو تجمّد السائل.

نشاط ١-١

رسم منحنى تبريد

المهارات:

- يُبيّن، بطريقة عملية، معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
 - يُنجز التجربة ويُسجّل الملاحظات، والقياسات والتقدير.
 - يُفسّر الملاحظات التجريبية والبيانات، وقيّمها.
- في هذه التجربة، سوف ترسم منحنيات تبريد لمادّتين مختلفتين A و B.
- ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).
 - ارتد معطف المختبر.
 - البس القفازين الواقيين عند الضرورة، أثناء إجراء هذه التجربة.

أنواع المخاليط

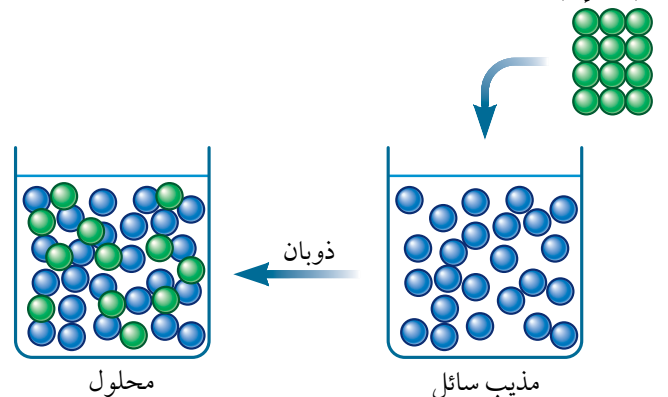
يُتَّصَف عالمنا بأنَّه معقَّد جدًّا؛ لما فيه من مواد نقية كثيرة جدًّا، ولتنوُّع طرائق اختلاطها معًا.

ونحن في حياتنا اليومية لا «نتعامل» غالبًا مع المواد النقية **Pure**. فالهواء الذي نتنفسه ليس مادة نقية، بل هو مخلوط من عدة مواد غازية. والماء الذي نشربه ليس نقيًا (أي ماءً مُقَطَّرًا) وإنما هو أيضًا مخلوط من العديد من المواد (الذائبة في الماء).

يتكوَّن كل مخلوط **Mixture** من مادَّتين نقيَّتين على الأقل، قد تكون أي منهما مادة صلبة أو سائلة أو غازية. وهنالك طرائق مُتنوِّعة يمكن أن تختلط بواسطتها الحالات الثلاث للمادة معًا. فعندما يكون اختلاط الحالات كاملًا تتشكَّل حالة مُفردة أو طور واحد (طبقة واحدة) «لا يمكنك أن ترى الحدود الفاصلة بينها». ويُستخدم مصطلح **المحلول Solution** لوصف هذا النوع من المخاليط.

فمثلًا، عندما يذوب ملح صلب في الماء السائل، ينتج مخلوط سائل، هو المحلول الملحي (الشكل ٨-١). ولمزيد من التوضيح فإن المادة الصلبة (أو السائلة أو الغازية) التي تذوب في السائل تُسمَّى **المذاب Solute**، والسائل الذي تذوب فيه هذه المادة يُسمَّى **المذيب Solvent**.

مادة صلبة
قابلة للإذابة



الشكل ٨-١ عندما تذوب مادة (المذاب) في مادة أخرى (المذيب)، فإن جسيمات المذاب تتوزع في المذيب بشكل كامل

المحاليل

تتعدَّد الطرائق التي تختلط فيها المواد ببعضها، ولكي نطلق على مخلوط مُعيَّن مُكوَّن من مادتين، اسم **محلول Solution** يجب أن تذوب إحدى المواد في المادة الأخرى.

ولعل أكثر أنواع المحاليل شهرة هي تلك المُكوَّنة من مادة صلبة مذابة في سائل. وجدير بالذكر أن ثلثي مساحة سطح الكرة الأرضية مُغطاة بمحاليل مُكوَّنة من أملاح مُتنوِّعة ذائبة في الماء، وتكون موزَّعة بشكل كامل في المذيب، فلا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. كما توجد مواد أخرى لا تكون صلبة وهي ذائبة في مياه البحار كغازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون اللذين يُعتبران من الغازات الضرورية للحياة في المحيطات.

وتوجد أيضًا محاليل مُكوَّنة من سائل مُذاب في سائل آخر ولكنها الأقل شيوعًا. فالكحول الطَّبِّي يختلط (يذوب) بشكل كامل مع الماء ولا ينفصل المخلوط (المحلول) إلى طبقات من الكحول والماء (حتى لو كانت نسبة الكحول مُرتفعة جدًّا). فالكحول والماء يمتزجان **Miscible** معًا بشكل كامل، ويكوَّنان محلولًا.

ذوبانية المواد الصلبة في السوائل

تُعدُّ المحاليل المُكوَّنة من مواد صلبة مُذابة في سائل أكثر أنواع المخاليط أهميَّة وشيوعًا.

من المعروف أن الماء هو المذيب الأكثر شيوعًا واستخدامًا، لكن توجد مذيبات سائلة أخرى مُهمَّة وهي المذيبات العضوية، مثل الإيثانول، والبروبانول (الأسيتون)، وثلاثي كلوروميثان (الكلوروفورم). وتكتسب أهميَّتها من أنها تستطيع في الغالب إذابة مواد لا تذوب في الماء. تُسمَّى المادة التي تذوب في مذيب بالمادة **الذائبة Soluble**، أما المادة التي لا تذوب فتُسمَّى بالمادة **غير الذائبة Insoluble**.

عندما نذيب مادة صلبة مثل كبريتات النحاس (II)، في كمِّيَّة ثابتة من الماء نحصل على محلول كبريتات النحاس (II)، وعند إضافة المزيد من المذاب يصبح المحلول أكثر تركيزًا. فالمحلول المُركَّز **Concentrated** يحتوي على كمِّيَّة

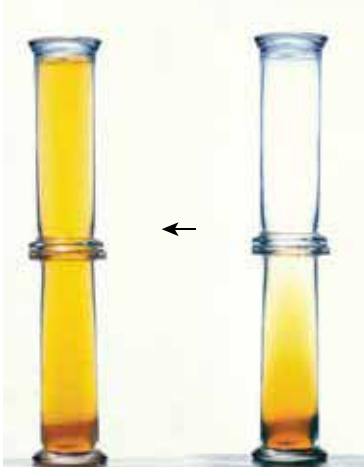


الصورة ١-٣ ذوبان برمنجنات البوتاسيوم وانتشارها في الماء

وتُعتبر عملية الانتشار في المحلول مهمة عندما يكون المذاب غازًا. وتكتسب هذه العملية أهمية خاصة في التنفُّس ذلك أن عملية الانتشار تُسهِّم في حركة الأكسجين من الرئتين نحو الدم، وفي حركة ثاني أكسيد الكربون من الدم نحو الرئتين.

انتشار الغازات

إذا وضعنا في وعاء زجاجي بضع نقاط من سائل البروم وأحكامنا تغطيته سوف يمتلئ بغاز بني اللون، بعد زمن قصير. ذلك أن البروم يتبخَّر بسهولة، ويملأ غازه الوعاء الذي يحتوي عليه كليًا (الصورة ١-٤). وهكذا نلاحظ أن الغازات تنتشر لتملأ الفراغ المُتاح لها كليًا. وتكتسب عملية الانتشار أهمية في أنها تتيح لنا «الإحساس» بالعالم من حولنا. فهذه العملية هي التي تنقل الروائح إلينا، سواء أكانت محببة أم مؤذية.



الصورة ١-٤ ينتشر (يتوزع) بخار البروم في الوعاء بأكمله ليملأ الفراغ بشكل تام

كبيرة (نسبة مُرتفعة) من المذاب. أما المحلول المُخفَّف Dilute فيحتوي على كمية ضئيلة (نسبة مُنخفضة) منه. ويُعرف تركيز المحلول Concentration بأنه كمية المذاب الموجودة في حجم مُحدَّد من المحلول. ويبلغ هذا الحجم عادة 1 L.

وعند الاستمرار في إضافة المزيد من المادة الصلبة، سنصل إلى حدٍّ، تتوقف فيه المادة عن الذوبان عند درجة حرارة معيَّنة؛ ونحصل عندئذ على ما يُسمَّى بالمحلول المُشبَّع Saturated solution. ويُعرف تركيز المذاب في محلول مشبَّع بـذوبانية Solubility ذلك المُذاب عند درجة حرارة مُعيَّنة.

ولإذابة المزيد من المادة الصلبة، يجب رفع درجة حرارة المحلول. وعند تبريد هذا المحلول، فإنه قد يحتفظ بكمية قليلة من المذاب عند درجة حرارة أدنى، في حين أن بعضًا منه يتبلور.

مصطلحات علمية

- المحلول Solution مخلوط من مادتين، هما:
 - المُذاب Solute: المادة التي تذوب.
 - المُذيب Solvent: السائل الذي تذوب فيه المادة المُذابة.

الانتشار في الموائع

تُساعدنا فكرة أن الموائع (السوائل والغازات) مكوَّنة من جُسيمات مُتحرِّكة على تفسير عملية انتشارها Diffusion.

عند وضع بلّورات برمنجنات البوتاسيوم في قعر طبق يحتوي على الماء، ثم يُترك فترة من الزمن، نلاحظ في بداية الأمر ذوبان المادة الصلبة في الماء ليصبح لون الماء الذي يُحيط بالبلورات أرجوانيًا (الصورة ١-٣)، حيث تتحرَّك الجُسيمات من سطح البلورات إلى داخل الماء. وفي النهاية تذوب البلورات كليًا ويصبح لون المحلول كله أرجوانيًا، لأن جُسيمات المادة الصلبة توزَّعت بشكل مُتجانس في الماء، وهذا التوزُّع يُمثل عملية الانتشار.

لغة

أن الفكرة الأساسية من عملية الانتشار هي أن الجسيمات تنتشر لتملأ الفراغ المُتاح لها.

يُشتق من النموذج الجسيمي للمادة نقطتان مهمتان تتعلقان بموضوع الانتشار، وهما:

- تتحرك الجسيمات الثقيلة ببطء مقارنة بالجسيمات الأخف، عند درجة الحرارة نفسها. وتنتشر الجزيئات الكبيرة ببطء أكثر من الجزيئات الأصغر.
- يزداد متوسط سرعة الجسيمات مع ارتفاع درجة الحرارة.

نشاط ٢-١

استقصاء الانتشار - تطبيق عملي

المهارات:

- يبين، بطريقة عملية، معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- يُنجز التجربة ويُسجل الملاحظات، والقياسات والتقدير.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات، ويُقيّمها.

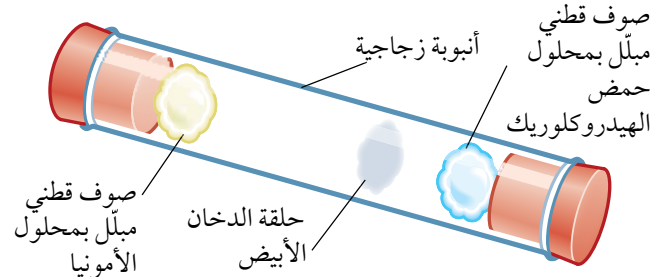
أولاً: انتشار الغازات

تعد هذه التجربة تطبيقاً عملياً لانتشار الغازات، حيث تلتقي جزيئات الأمونيا وكلوريد الهيدروجين في أنبوبة زجاجية طويلة، فتتفاعل وتنتج حلقة دخان (أبيض).

ويبين هذا النشاط كيفية تتبع حركة الغازات باستخدام الكواشف التي توضع على طول الأنبوبة. ويمكن إجراء القياسات لتقدير سرعة انتشار كل من الغازين.

- ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).
- ارتد معطف المختبر.
- البس القفازين الواقيين عند الضرورة، أثناء إجراء هذه التجربة.
- يُسبب حمض الهيدروكلوريك والأمونيا المركّزان التآكل ويطلقان أبخرة ضارة؛ ويُسببان حروقاً جلدية.
- نفض العرض التوضيحي في خزانة طرد الغازات أو في مختبر ذي تهوئة جيدة.

لا تنتشر الغازات جميعها بالسرعة نفسها. ويظهر تفاوت سرعة الانتشار في التجربة التي يبيّنها الشكل (٩-١)، والتي توضّح كيف تتفاعل أبخرة كل من الأمونيا وحمض الهيدروكلوريك عندما يوضعان معاً، فتنتج «حلقة دخان أبيض» من كلوريد الأمونيوم. وكما يتّضح من الشكل (٩-١) فإن حلقة الدخان الأبيض لا تتمركز في منتصف الأنبوبة بل تكون أقرب إلى الطرف الذي يحتوي على حمض الهيدروكلوريك؛ ذلك لأن جزيئات الأمونيا أخفّ من جزيئات الحمض (جزيئات كلوريد الهيدروجين) فتنتشر بسرعة أكبر.



الشكل ٩-١ تنتشر أبخرة كل من الأمونيا وحمض الهيدروكلوريك بسرعات متفاوتة

مصطلحات علمية

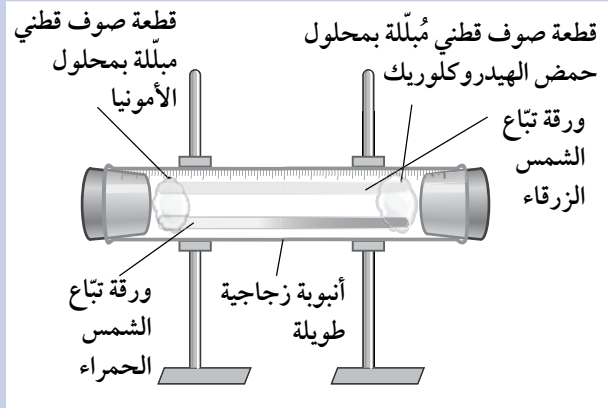
- الانتشار Diffusion: هو انتقال الموائع من منطقة ذات تركيز مرتفع باتجاه منطقة ذات تركيز منخفض نتيجة لحركة جسيماتها العشوائية، مما يؤدي في النهاية إلى تجانس تركيز تلك الجسيمات في كامل المخلوط.

- يحدث الانتشار عندما تختلط المواد المختلفة نتيجة حركات جسيماتها العشوائية. وفي النهاية تنتشر الجسيمات بالتساوي أي يكون تركيزها هو نفسه طوال الوقت.

- لا تحدث عملية الانتشار في المواد الصلبة.
- تكون عملية الانتشار في المواد السائلة أبطأ بكثير مما هي عليه في الغازات.

نشاط ٢-١

الطريقة



ملاحظة: توضع أوراق تباع الشمس الحمراء والزرقاء عند جهتي الأنبوبة المتقابلتين وعلى امتدادها.

- ١ ادفع أحد طرفي ورقة تباع الشمس الحمراء برأس قلم وثبت الورقة في مكانها باستخدام القلم.
- ٢ أفلت ورقة تباع الشمس الموصولة بالقلم داخل الأنبوبة الزجاجية. كرر هذه الخطوة مع ورقة تباع الشمس الزرقاء.
- ٣ ثبت ورقتي تباع الشمس داخل الأنبوبة الزجاجية باستخدام شريط لاصق، بحيث تكونان متقابلتين داخل الأنبوبة.
- ٤ بلل أوراق تباع الشمس بإمالة الأنبوبة وإمرار قطرات من الماء المقطر من قارورة الغسيل.
- ٥ ثبت قطعتين من الصوف القطني على الطرف الداخلي للسدادتين باستخدام الشريط اللاصق.
- ٦ ضع بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك المركّز على قطعة الصوف القطني عند إحدى الجهتين مستخدماً القطارة، وبعث قطرات من محلول الأمونيا المركّز على قطعة الصوف القطني المتبّبة على الجهة الأخرى باستخدام قطارة أخرى.
- ٧ ادفع بسرعة السدادتين المتقابلتين داخل الأنبوبة، وتأكد من وضعهما في مكانيهما بالتزامن.
- ٨ راقب ما يحدث لمدة 10-15 دقيقة.

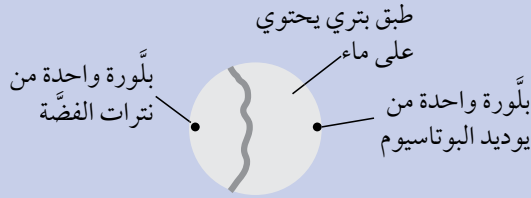
أسئلة

- ١ سجّل مشاهداتك.
- ٢ ارسم التجربة ووضّح على الرسم موقع تكوّن حلقة الدخان.
- ٣ فسّر تكوّن حلقة الدخان الأبيض مع كتابة معادلة التفاعل الكيميائي اللفظية.
- ٤ ما الاستنتاجات التي يمكنك التوصل إليها حول معدّل انتشار الغازين؟

ثانياً: الانتشار في السوائل

توضّح هذه التجربة الانتشار في سائل. يظهر الانتشار من خلال تكوين راسب نتيجة لانتشار الأيونات.

الطريقة



- ١ ضع طبق بتري على ورقة بيضاء. املاه بماء مقطّر.
- ٢ ضع بوساطة الملقط بلورة من نترات الفضة عند أحد جوانب طبق بتري وضع بلورة من يوديد البوتاسيوم عند الجانب المقابل.
- ٣ لاحظ ما يحدث عندما تبدأ البلورتان بالذوبان.

أسئلة

- ١ سجّل مشاهداتك.
- ٢ ما الناتج الذي يتكوّن خلال هذه التجربة؟
- ٣ اكتب معادلة التفاعل الكيميائي اللفظية لتوضّح التغيّر الذي حدث.
- ٤ ما العوامل التي تتحكّم بموقع تكوّن المادة الصلبة في طبق بتري؟
- ٥ لماذا لا تتكوّن المادة الصلبة في منتصف طبق بتري؟

أسئلة

٦-١ لخص الاختلافات بين حالات المادة الثلاث من حيث ترتيب جسيماتها وحركتها.

٧-١ أي الغازين ينتشر بسرعة أكبر: الأمونيا أم كلوريد الهيدروجين؟ صف باختصار تجربة تبيّن ذلك الاختلاف بطريقة عملية.

٨-١ ما الغاز ذو سرعة الانتشار الأكبر بين جميع الغازات؟

بمعظم الناس، ولكنها تُسبب لبعض الأطفال فرطاً في النشاط وبعض أشكال الحساسية، مثل الربو. ورغم توفر التنظيم والمراقبة الحكومية على تلك المواد، فإن على الأفراد أن يتعاملوا معها بحذر، وأن يعرفوا مدى تأثير بعض الأطعمة عليهم.

وتُعدّ الكروماتوجرافيا من الاختبارات التي تُستخدم للتحقق من نقاوة المادة. وسيتمّ التوسّع في دراسة كروماتوجرافيا الورق في الصفحات الآتية.

٢-١ فصل المواد وتنقيتها

لفهم العالم المادي من حولنا، نحتاج إلى طرائق فصل فيزيائي للمخاليط المتنوعة والكثيرة التي تصادفنا. تتوفر لنا تقنيات فيزيائية كثيرة لإجراء عمليات الفصل الضرورية (الجدول ٢-١). وهذه العمليات تعتمد على الاختلاف في الخصائص الفيزيائية للمواد الموجودة في المخلوط.

المخلوط	طريقة الفصل
مادة صلبة + مادة صلبة (مخلوط مسحوق)	استخدام الطرائق التي تعتمد على الاختلاف في الخصائص، مثلاً: الكثافة، الذوبانية، المغناطيسية
مُعلّق مادة صلبة في سائل	ترشيح
محلول مادة صلبة في سائل	للحصول على المادة الصلبة: استخدام التبخير (التبلور) وللحصول على السائل، استخدام التقطير
سائلان اثنان (أو أكثر) مخلوطان معاً (قابلان للمزج)	تقطير تجزيئي
محلول مُكوّن من مادّتين مُختلفتين (أو أكثر) ذائبتين في سائل	كروماتوجرافيا

الجدول ٢-١ فصل أنواع مختلفة من المخاليط

نقاوة المواد وماهيّتها

ربما كان قياس درجات الانصهار والغليان من أكثر الاختبارات المُستخدمة عموماً لفحص نقاوة Purity المواد. وكما رأينا سابقاً، فإن الشوائب تخفض درجة انصهار المادة، وترتفع درجة غليانها. ويمكنها أيضاً أن تجعل درجات الحرارة تلك أقلّ دقة. وقد تمّ قياس درجة حرارة الكثير من المواد المتنوعة وبالتالي بات ممكناً التعرف إلى ماهية Identity مادة غير معروفة من خلال البحث في تلك القيم المقيسة لمواد نقية ومعروفة.

تكتسب عملية التنقية أهمية بالغة في الكثير من مجالات الصناعات الكيميائية، فالعقاقير Drugs الطبية يجب أن تكون عند أعلى درجة من النقاوة؛ وذلك لأن وجود أي مواد مُلوّنة فيها، حتى وإن كانت بكميات ضئيلة جداً، قد تكون له آثار جانبية ضارة. كما أن الأطعمة والأشربة المُصنّعة التي نتناولها قد تحتوي على مواد ذات تأثير سلبي على بعض الأشخاص، ومن بينها مُلوّنات الطعام Food coloring التي تُضاف إلى الأطعمة والأشربة لتحسين مظهرها.

وبشكل عام تخضع مُلوّنات الطعام لرقابة شديدة، حيث وُضعت قوائم لرموز الملوّنات المسموح بها، ابتداءً بالملوّن الذي يحمل الرمز E100 وانتهاءً بالملوّن E180. وجرى مؤخراً حظر الكثير من الملوّنات التي كانت إضافتها مسموحة من قبل. حيث تبيّن أن هناك أشخاصاً يتضررون حتى من بعض الملوّنات المسموحة. وعلى سبيل المثال، لا الحصر، المادة الملوّنة الصفراء المُسمّاة تارترازين (E102) الموجودة في الكثير من المشروبات، والصلصات، والحلويات، والوجبات الخفيفة، فرغم أنها غير ضارة

فهذه العملية تُعتبر مُزدوجة الفائدة لإمكانية الحصول على طبقتين في عملية واحدة. إذ تجمع المادة غير الذائبة في هيئة بقايا راسبة **Residue** على ورقة الترشيح، ويتم جمع السائل في هيئة رُشاحة **Filtrate**. ويمكن أيضاً تسريع عملية الترشيح باستخدام مضخة شفط، تشفط السائل عبر ورقة الترشيح في قمع بخنر ودورق (الشكل ١-١٠) ((ب)). تتنوع الطرائق التي تُستخدم للترشيح في الصناعة. ويعد استخدام المرشحات الرملية لمعالجة المياه وجعلها صالحة للاستخدامات المنزلية من أكثر الطرائق فائدة وفعالية.

فصل مخاليط المواد الصلبة

تعتمد عملية فصل مادة صلبة عن مخلوط مواد صلبة على خصائص المادة الصلبة المراد تنقيتها. فمن الضروري وجود اختلاف في إحدى الخصائص الفيزيائية. فقد تعتمد عمليات الفصل على اختلافات في الكثافة، أو على الخصائص المغناطيسية (فصل المواد الحديدية عن مواد فلزية أخرى في ساحة الخردة، مثلاً). وفي المُختبر، يكون من المُفيد والضروري عادة طحن المخلوط وتحويله إلى مسحوق قبل البدء بأي محاولة للفصل. وتعتمد أكثر الطرائق أهمية لفصل هذا النوع من المخاليط اعتماداً كبيراً على الاختلاف في الذوبانية.

عمليات الفصل التي تعتمد على الاختلاف في الذوبانية

توجد طريقة فعّالة ومفيدة لفصل مادة صلبة قابلة للذوبان عن مخلوط من مواد صلبة، وهذه خطواتها: أولاً يُطحن المخلوط ويُحوّل إلى مسحوق، ثم يضاف مذيب سائل مناسب. فيُذيب مادة واحدة من المواد الصلبة الموجودة في المخلوط، دون المواد الأخرى. وغالباً ما يكون الماء هو المذيب. لكن سوائل أخرى قد تكون مفيدة أيضاً. بعد ذلك يتم تسخين المذيب مع المخلوط وتحريكه. ومن ثمّ ترشيح المخلوط الساخن (الشكل ١-١٠). الأمر الذي يؤدي إلى ترك المواد غير الذائبة على هيئة بقايا على ورقة الترشيح،

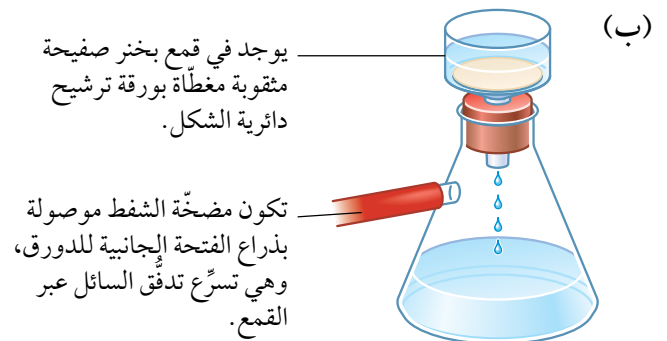
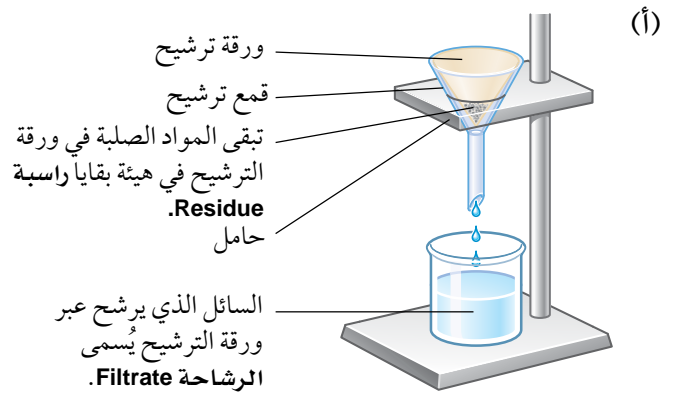
تعتمد فاعلية طريقة الفصل لمخلوط ما على:

- نوع المخلوط
- المادة المراد استخلاصها من المخلوط

فصل المواد الصلبة غير الذائبة عن السوائل

يُعتبر فصل مُكوّنات هذا النوع من المخاليط هو الأسهل. فغالباً ما يكفي ترك مُعلّق المادة الصلبة الموجودة في السائل يستقرّ حتى تتحقّق عملية الفصل، خاصة عندما تكون حُبيبات المادة الصلبة كبيرة بشكل كاف. وبمجرّد ترسّب المادة الصلبة في قعر الوعاء، يُسكب السائل بعناية، في عملية تُسمّى الترويق **Decanting**.

ويُعدّ الترشيح **Filtration** الطريقة الفعّالة والمُفيدة عموماً لفصل المواد الصلبة غير الذائبة عن السوائل (الشكل ١-١٠).



الشكل ١-١٠ تفصل عملية الترشيح مادة صلبة غير ذائبة عن السائل



لنؤد

تجنّب استخدام اللهب عندما يكون المُذيب قابلاً للاشتعال. وعضواً عنه، استخدم جهاز تسخين كهربائياً، وحمّاماً زيتياً أو مائياً.

حيث يمكن تجفيفها. أما المواد الذائبة، فستكون موجودة في الرُشاحة. ويمكن الحصول بعد ذلك على بلورات جافة بواسطة عمليتي التبخير والتبلور **Crystallisation**.

نشاط ٣-١

فصل مخلوط ملح الطعام والرمل

المهارات:

- يبيّن، بطريقة عملية، معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).

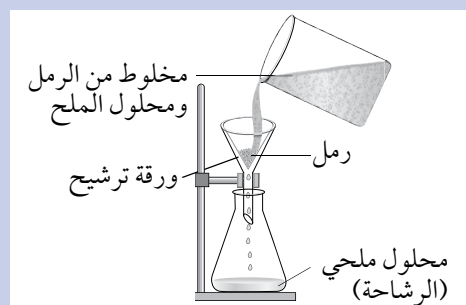
يهدف هذا النشاط إلى فصل مخلوط من ملح الطعام والرمل. تعتمد هذه الطريقة على الاختلاف في ذوبانية المادتين الصّلبتين وتقنية الترشيح. يجب عليك في نهاية النشاط الحصول على كل من الملح والرمل كمادّتين صّلبتين مُنفصلتين.

⚠️ ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).

• ارتدِ معطف المختبر.

• البس القفازين الواقيين عند الضرورة، أثناء إجراء هذه التجربة.

الطريقة



١ ضع مقدار خمس ملاعق من مخلوط الملح والرمل في كأس زجاجية. وأضف إلى المخلوط 50 mL من الماء المُقطر.

٢ ضع الكأس على الحامل ثلاثي الأرجل فوق الشبكة المعدنية. سخّن المزيج برفق مع التحريك باستخدام الساق الزجاجية.

٣ أوقف التسخين عندما يُصبح المحلول على وشك الغليان. أطفئ موقد بنزن. واستمر في التحريك لمدة دقيقة واحدة، ثم اترك محتويات الكأس لتبرد.

للحصول على رمل جاف ونظيف:

- ٤ اطو ورقة الترشيح وضعها في قمع الترشيح، فوق الدورق المخروطي كما هو مبين في الرسم التخطيطي.
- ٥ عندما تبرد الكأس التي تحتوي على المخلوط، قم بترشيح المخلوط، واجمع الرشاحة في الدورق المخروطي.
- ٦ أزل قمع الترشيح وضعه على الدورق المخروطي الآخر.

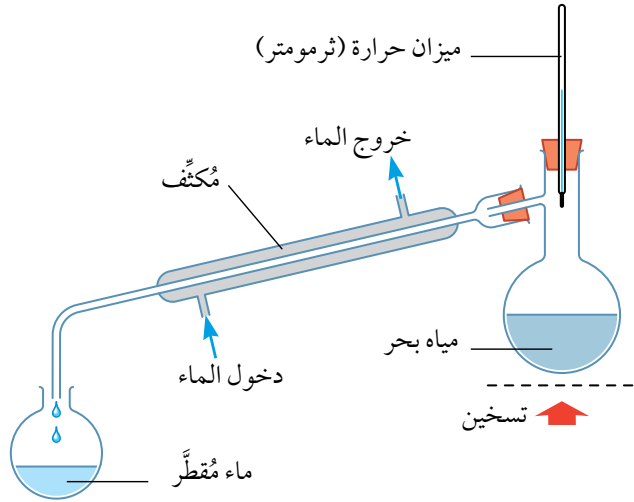
للحصول على بلورات الملح:

- ٧ اغسل الرمل الموجود على الورقة في قمع الترشيح بالماء المُقطر.
- ٨ ضع ورقة الترشيح وعليها الرمل بشكل مفتوح على منديل ورقي حتى تجف.
- ٩ اسكب الرشاحة في حوض التبخير وسخنها بشدّة. استمر في التسخين حتى يتبخّر معظم الماء (حوالي ثلثي الكمية). انتبه: لا تسخن بشدّة كبيرة كي لا «يفيض» السائل من حوض التبخير.
- ١٠ أوقف التسخين ودع المحلول المُركّز يبرد ببطء حتى تتشكّل بلورات الملح.
- ١١ رشّح البلورات وجفّفها بوضعها بين ورقتي ترشيح.

أسئلة

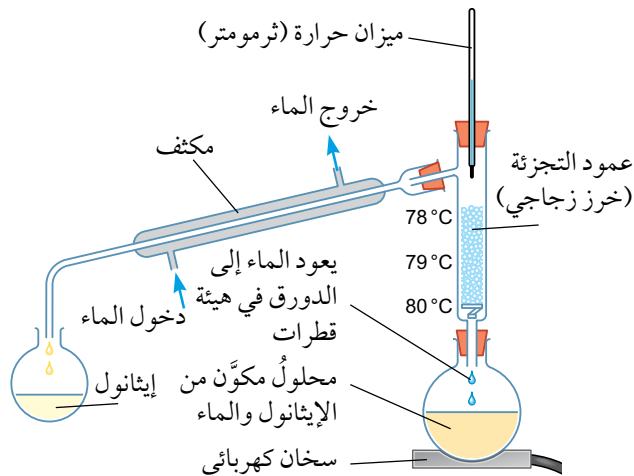
- ١ ما الاسم الكيميائي لملح الطعام؟
- ٢ يمكن لأملاح أخرى، مثل كبريتات الماغنيسيوم أن توجد كشوائب في ملح الطعام. هل تعتبر طريقة الفصل المُستخدمة هنا كفيلاً بإزالة هذا النوع من الشوائب؟ فسّر إجابتك.
- ٣ ما الطريقة التي يمكنك استخدامها لمعرفة إن كانت عينة الملح التي تملكها نقيّة أم لا؟

من المادة الصلبة الذائبة، فيتبخّر بكل سهولة في دورق التقطير، ويتكثف خلال مروره عبر مكثف مُبرّد بالماء، ثم يتم جمعه كسائل مُقطّر Distillate (الشكل ١-١٢).



الشكل ١-١٢ عملية تقطير مياه البحر

وتعتمد عملية فصل محلول من سائلين ممتزجين معاً (أو أكثر) على تباين درجات غليان تلك السوائل. إلا أن درجات الغليان في هذه الحالة تكون أكثر تقارباً من الحالة السابقة، التي يتكوّن فيها المحلول من مادة صلبة ذائبة في سائل، ولهذا يجب استخدام عملية التقطير التجزيئي Fractional distillation (الشكل ١-١٣). ففي هذه العملية، يغلي السائل الأكثر تطايراً ويتقطّر من المخلوّط أولاً. أما السائل الأقلّ تطايراً فإنه يغلي أخيراً.

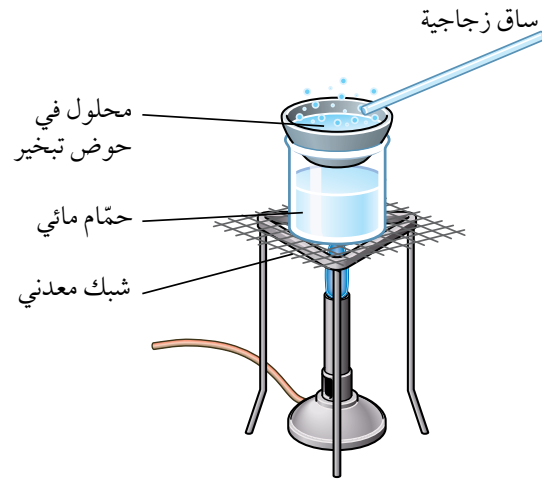


الشكل ١-١٣ عملية فصل مخلوط مُكوّن من الإيثانول (كحول) والماء باستخدام عملية التقطير التجزيئي

فصل المحاليل

غالبًا ما يكون فصل هذا النوع من المخاليل مُعقّدًا بعض الشيء؛ لعدم وجود طرائق فصل فيزيائية مباشرة، خصوصًا وأن المخلوّط الأصلي مُتجانس تمامًا. وتعتمد طرائق الفصل عادة على خصائص الذوبانية، أو على الاختلاف في درجات الغليان (أو التطاير).

يمكن إجراء عملية فصل مادة صلبة عن محلول سائل باستخدام عملية التبخير، أو التبلور. ينتج عن عملية التبخير مسحوق فقط. في حين ينتج عن عملية التبلور بلّورات جيدة. تبدأ كلتا العمليتين بتبخير السائل. ولكن إذا كنا نريد الحصول على بلّورات، يتم إيقاف عملية التبخر عندما يصبح المحلول مُركّزًا بشكل كافٍ. أثناء عملية التبخير نغمس ساقًا زجاجية داخل المحلول من وقت إلى آخر. عندما نلاحظ تكوّن بلّورات صغيرة على الساق الزجاجية نطفئ الموقد ونبعد المحلول عن الحُمّام المائي ونضعه جانبًا كي يبرد ببطء. ثم تُفصل البلّورات المتكوّنة بواسطة الترشيح، وأخيرًا تُجفّف. يبيّن الشكل (١-١١) كيف يمكن إجراء هذه الطريقة بشكل آمن.



الشكل ١-١١ طريقة التبلور

لكن إذا أردنا الحصول على السائل فيجب استخدام عملية التقطير Distillation، التي تعتمد على أن درجة غليان السائل التي تكون في العادة أدنى بكثير من درجة غليان المادة الصلبة الذائبة؛ ويكون السائل، بالتالي، أكثر تطايرًا

نشاط ١-٤ (إثرائي)

تقطير المخاليط

المهارات:

- يُبيّن، بطريقة عملية، معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- ينجز التجربة ويُسجّل الملاحظات، والقياسات والتقدير.

في هذه التجربة، سيتم فصل عدّة مخاليط باستخدام أنواع مختلفة من أجهزة التقطير، بما فيها جهاز التقطير المجهرى.

يمكن فصل مادتين مختلفتين (مواد صلبة و/أو سائلة) أو عدّة مواد موجودة في محلول باستخدام الكروماتوجرافيا (الاستشراب) **Chromatography**. ورغم أن هناك أنواعاً عديدة من الكروماتوجرافيا، فإنها جميعها تتّبع المبادئ الأساسية نفسها. ويمكن أن تكون كروماتوجرافيا الورق الشكل الأبسط الذي يمكن إعداده، وهو مفيد جداً وفعال، إذا أردنا تحليل المواد الموجودة في محلول ما. تستطيع الكروماتوجرافيا مثلاً، أن تكشف لنا إن كان المحلول ملوّثاً أو لا. وهذه مسألة في غاية الأهمية؛ لأن تلوث الغذاء ومياه الشرب، مثلاً يشكل خطراً على صحتنا.

توضع عادة نقطة (بقعة صغيرة) من محلول مُركّز للمواد المراد فصل مكوناتها على خط مرسوم بقلم رصاص قريباً من الحافة السفلية لورقة الكروماتوجرافيا. تُغمس بعد ذلك الحافة السفلية للورقة في المذيب. ويجب الانتباه إلى أن يكون مستوى المذيب أدنى من خط وضع العيّنة. يُبيّن الشكل (١٤-١) كيفية إجراء هذه العملية، ويمكن تكرار تقنية الفصل والتحليل هذه أكثر من مرة، ويمكن استخدام الورقة الواحدة نفسها لتحليل أكثر من عيّنة في الوقت نفسه.

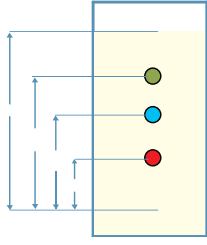
فمثلاً يغلي الإيثانول، عند درجة حرارة 78°C ، في حين يغلي الماء عند درجة حرارة 100°C . وعندما يتم تسخين مخلوط مُكوّن من هذين السائلين، تدخل أبخرة الإيثانول والماء إلى عمود التجزئة **Fractionating column**، حيث يوفر الخرز الزجاجي الموجود في العمود مساحة سطحية كبيرة لعملية التكتّف. وتحدث عمليتا التبخر والتكتّف عدّة مرات مع تصاعد الأبخرة عبر العمود. ويمرّ الإيثانول عبر المُكثّف أولاً عندما تتجاوز درجة حرارة العمود درجة غليانه. أما الماء فإنه يتكتّف في العمود ويتدفّق عائداً إلى الدورق؛ لأن درجة حرارة العمود أدنى من درجة غليانه 100°C .

ترتفع درجة الحرارة على ميزان الحرارة عندما يرتفع البخار الساخن ويصل إلى أعلى العمود. بمجرد وصول درجة الحرارة إلى 78°C ، يبدأ الإيثانول الذي يتبخر بالتكتّف ويتدفق إلى أسفل المُكثّف ليتم جمعه. وبينما يحدث هذا، تظل درجة الحرارة عند 78°C ، وهي نقطة غليان الإيثانول. بمجرد تقطير كل الإيثانول، ترتفع درجة الحرارة إلى 100°C ، حيث يتبخر الماء ويرتفع بخاره إلى أعلى العمود. عند 100°C ، تظل درجة الحرارة ثابتة مرة أخرى حيث يبدأ بخار الماء في التكتّف، فيتمّ تقطير الماء. ومن خلال مراقبة درجة الحرارة بعناية، يمكن جمع كل من السائلين (الجزئين المُكوّنين **Fractions**) بشكل منفصل عن الآخر.

تُستخدم عملية التقطير التجزيئي **Fractional distillation**

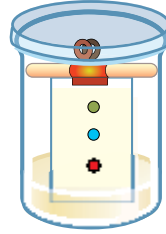
لفصل مُكوّنات أي محلول يحتوي على سوائل لها درجات غليان مختلفة. فالسائل ذو درجة الغليان الأدنى (الأكثر تطايراً) في المخلوط يتقطر أولاً، أما السائل الذي يتم تقطيره في النهاية فهو ذو درجة الغليان الأعلى (الأقل تطايراً). ويمكن تكييف عملية التقطير التجزيئي بهدف استمراريتها، وهي تُستخدم صناعياً لفصل:

- مُكوّنات النفط المختلفة.
- الغازات المختلفة من الهواء المسال.



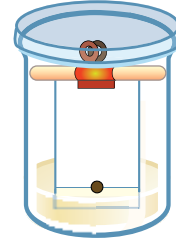
المرحلة 3

- تكتمل عملية فصل المخلوطة.
- تتوزع المكونات المختلفة بشكل متسلسل على طول الورقة، بشكل يشبه العدائين في سباق الجري.



المرحلة 2

- يتحرك المذيب نحو الأعلى عبر الورقة، حاملاً معه المكونات المختلفة على طول الورقة وبسرعات مختلفة.
- تزال الورقة قبل وصول المذيب إلى الطرف الأعلى من الورقة.



المرحلة 1

- توضع نقطة صغيرة من المحلول، ثم تترك لتجف.
- يتم تعريف هذه النقطة الأصلية بالرمز (A).
- توضع ورقة الكروماتوجرافيا في المذيب.
- يبدأ المذيب بالتحرك نحو الأعلى عبر الورقة بواسطة الخاصية الشعرية.

الشكل ١-١٤ المراحل المختلفة لإجراء كروماتوجرافيا الورق، حيث يتم فصل مكونات العينة أثناء تحركها نحو أعلى الورقة

المواد، وطبيعة المذيب. تسمح لنا هذه التقنية بمقارنة مادة غير معروفة بأخرى معروفة. فإذا قطعت مادتان المسافة نفسها خلال التجربة نفسها، فهناك احتمال أن تكونا من المادة نفسها.

تعدّ كروماتوجرافيا الورق طريقة جيدة لفصل المواد الملونة المخلوطة معاً في محلول. أثناء الكروماتوجرافيا تمتصّ الورقة المذيب الذي يتحرك نحو الأعلى فوق بقعة المخلوطة؛ فتتحرك المواد المختلفة نحو الأعلى أيضاً. وتتحرك المواد بسرعات مختلفة فتقطع مسافات مختلفة وفقاً لطبيعة تلك

نشاط ١-٥

استقصاء ملونات الطعام بواسطة الكروماتوجرافيا

المهارات:

- يُبين، بطريقة عملية، معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- يُخطط للتجارب ولعمليات الاستقصاء.
- ينجز التجربة ويسجل الملاحظات، والقياسات والتقدير.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويُقيّمها.
- يقيم الطرائق، ويقترح التحسينات المُحتملة.

تتضمن هذه التجربة فحص بعض ملونات الطعام باستخدام كروماتوجرافيا الورق؛ والهدف منها الكشف عن هذه الملونات إن كانت نقية أو أنها مخلوطة من عدة صبغات. ذلك أن ملونات الطعام هذه تُستخدم في صنع أطعمة، مثل الكعك؛ وقد سُمح باستخدام مجموعة واسعة من هذه الملونات وهي متوفرة بسهولة. بعض هذه الملونات تحتوي

على:

- أصفر غروب الشمس (E110)
- تارترازين (E102) - أصفر
- قرمزي (E120) - أحمر
- إيريثروزين (E127) - زهري
- أزرق لامع (E133)

في هذه التجربة، ستستخدم صبغة صفراء تُسمى التارترازين مع ثلاثة ملونات أخرى. لذلك ستكون قادراً على معرفة إن كانت الملونات الثلاثة الأخرى تحتوي على التارترازين. وهذه مسألة مهمة لأن بعض الناس يظهرون حساسية تجاه التارترازين وعليهم تجنبها. ويمكن أيضاً استخدام الطريقة نفسها لدراسة مخاليط وصبغات أخرى.

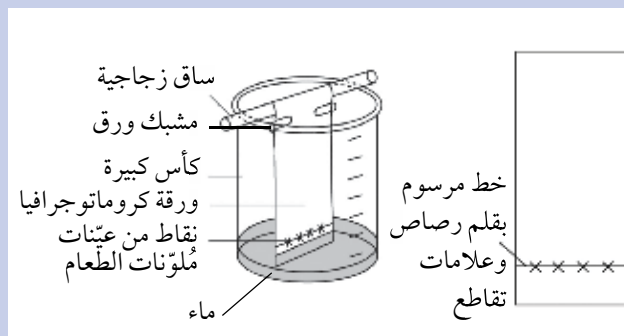
⚠️ • ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).

• ارتد معطف المختبر.

• البس القفازين الواقيين عند الضرورة، أثناء إجراء هذه التجربة.

نشاط ٥-١

الطريقة



- ٦ علق ورقة الكروماتوجرافيا في الكأس حتى تُغمَس في الماء، شرط أن تبقى النقطة الملوّنة فوق مستوى الماء.
- ٧ دع الماء يتحرّك نحو الأعلى على طول الورقة، حتى يصل تقريباً إلى طرفها الأعلى (مباشرة عند أسفل مشابك الورق).
- ٨ أخرج الورقة وحدد (بقلم رصاص) خط وصول الماء، ثم علق الورقة حتى تجف.
- ٩ عندما تجف الورقة قس المسافة التي قطعتها النقطة المختلفة، وتلك التي قطعتها جبهة المذيب.
- ١٠ كرر التجربة باستخدام مُذيبات مختلفة كالإيثانول أو مخلوط الإيثانول/الماء

النتائج

- ١ سجّل مُشاهداتك.
- ٢ ارسم ورقة الكروماتوجرافيا الناتجة.
- ٣ اكتب تعليقاً على تركيب مُلوّنة الطعام التي درستها.
- ٤ هل يغيّر استبدال المذيب بمذيب آخر، نتائج الكروماتوجرافيا، وقيم R_f ؟
- ٥ احسب قيم R_f لبعض النقاط.
- ٦ أعد جدولاً لعرض النتائج.

أسئلة

- ١ لماذا يجب رسم الخط أسفل الورقة بقلم رصاص؟
- ٢ ماذا سيحدث إذا تجاوز مستوى المذيب أعلى مستوى النقط منذ بداية العملية؟
- ٣ لماذا يجب ألا يُترك المذيب يصل إلى الطرف العلوي للورقة؟

- ١ خذ قطعة من ورق الكروماتوجرافيا. ارسم خطاً بقلم رصاص يبعد 1 cm من الحافة السفلية لورقة الكروماتوجرافيا، وضع أربع علامات تقاطع أو x على الخط كما هو مبين، وارمز إلى كل صبغة برمز مُعيّن.
- ٢ ضع نقطة من عيّنة التارترازين وارمز إليها بالرمز A ثم ضع نقطاً صغيرة من الملوّنة على العلامات التي وضعتها، مستخدماً أنابيب زجاجية شعرية. استخدم أنبوبة شعرية جديدة لكل عيّنة، ولا تسمح للنقط بأن تنتشر كثيراً.
- ٣ دع النقط لتجف.
- ٤ ثبت ورقة الكروماتوجرافيا حول الساق الزجاجية بواسطة مشابك الورق، بحيث يلامس طرف الورقة فقط قعر الكأس عندما تضع الساق الزجاجية عند أعلى الكأس، كما هو مبين.
- ٥ أخرج الورقة وأضف الماء إلى الكأس بارتفاع حوالي (0.5 cm).

وتتم عملية فصل المواد بحسب قابليتها للذوبان في المذيب. فعندما يتحرّك المذيب نحو الأعلى على طول الورقة، تتحرّك المواد وتبدأ بالانفصال. فالمواد الأكثر ذوباناً تتحرّك أسرع نحو الأعلى على طول الورقة، أما المادة غير الذائبة فسوف تبقى عند نقطة الأصل. ويتم إيقاف عملية حركة المذيب مباشرة قبل أن تصل جبهة المذيب **Solvent front** إلى أعلى قمة الورقة.

يستخدم الكثير من المذيبات المختلفة في الكروماتوجرافيا، مثل الماء، والمذيبات العضوية (مذيبات تحتوي على الكربون) مثل الإيثانول، ومحلول حمض الإيثانويك، والبروبانول (الأسيتون). وتعدّ المذيبات العضوية مُفيدة وفعّالة؛ لأنها تُذيب الكثير من المواد التي لا تذوب عادة في الماء. وعند استخدام مذيب عضوي، يجب استخدام حوض زجاجي بغطاء، لتفادي تبخر المذيب العضوي.

حيث أصبح ممكناً استخدام الكروماتوجرافيا أيضاً لفصل وتحديد هوية المواد غير الملونة، إذ تتم معالجة الورقة بعامل تحديد الموقع بعد إجراء عملية الكروماتوجرافيا، فيتفاعل هذا العامل مع العينات لإنتاج بقع ملونة.

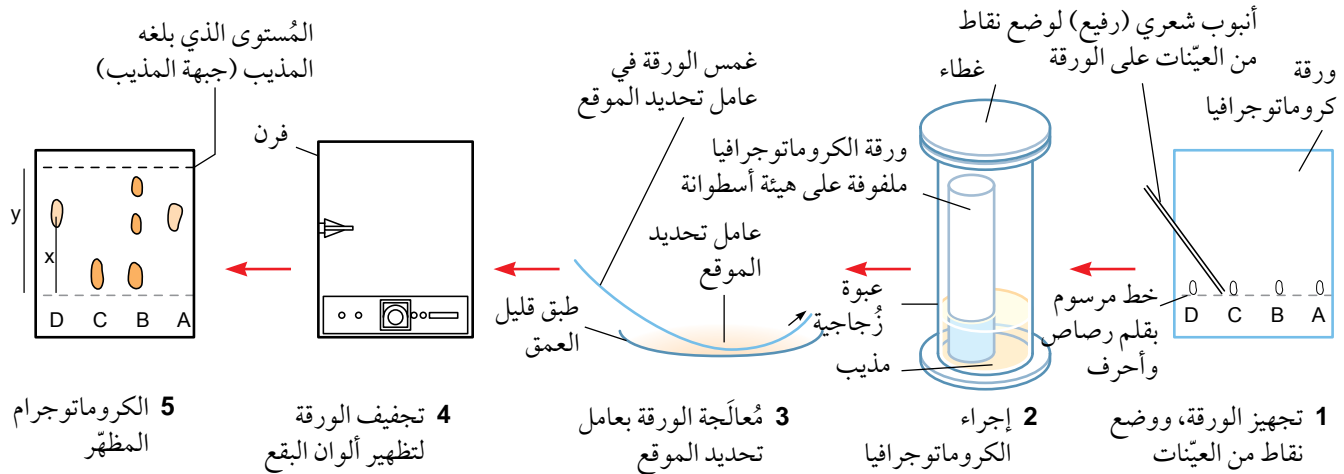
وقد أثبتت الكروماتوجرافيا فائدتها وفعاليتها في تحليل الجزيئات ذات الأهمية البيولوجية، مثل السكريات، والأحماض الأمينية، والقواعد النيوكليوتيدية. ونستطيع، أحياناً، أن نرى جزيئات بعض المواد، كالأحماض الأمينية، عندما توضع ورقة الكروماتوجرام Chromatogram تحت مصباح للأشعة فوق البنفسجية.

وتقاس المسافة التي قطعها نقطة مُحدّدة، ثم تقارن بالمسافة التي قطعها جبهة المُذيب، وتسمّى نسبة هاتين المسافتين مُعامل التّأخر أو قيمة R_f Value، وتُستخدم هذه القيمة لتحديد هوية المادة:

$$R_f = \frac{\text{المسافة التي قطعتها المادة}}{\text{المسافة التي قطعها جبهة المُذيب}} = \frac{x}{y}$$

كانت كروماتوجرافيا الورق في الأصل تُستخدم لفصل محاليل المواد الملونة (الصبغات والملونات)، والتي كان يمكن رؤيتها عندما تتحرّك نحو الأعلى على طول الورقة.

ومع ذلك، فقد زادت فائدة الكروماتوجرافيا كثيراً باستخدام عوامل تحديد الموقع Locating agents (الشكل ١-١٥)؛



الشكل ١-١٥ كروماتوجرافيا تستخدم عامل تحديد الموقع لكشف مواقع البقع على الورقة. يمكن رش عامل تحديد الموقع على الورقة بشكل مباشر

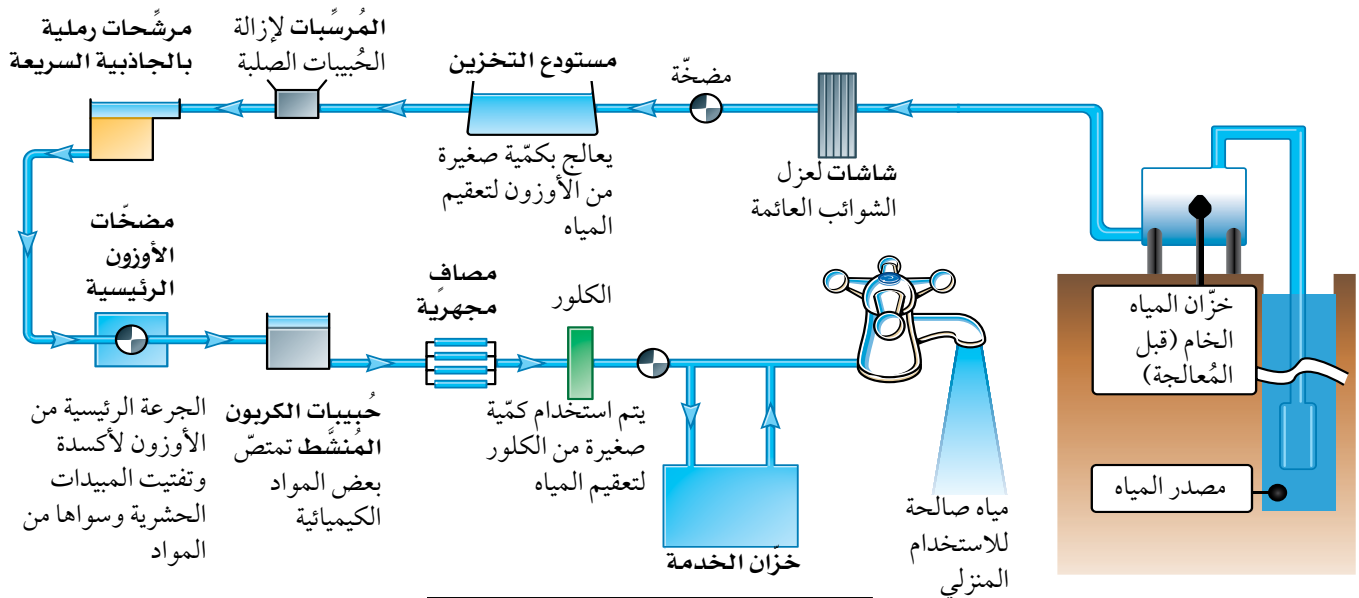
معالجة المياه

يتكوّن الماء النقي من جزيئات الماء فقط، ويتم تحضيره بتقطير المياه العادية. ففي عملية التقطير، يتم غلي الماء الذي يتحوّل إلى بخار، ثمّ يكتف ليحوّل إلى ماء نقي. غير أن هذه العملية مكلفة ولا تُستخدم عادة للحصول على ماء الشرب.

ونحن نستخدم كلمة «نقي» في حياتنا اليومية، لوصف كل مادة لم تتم إضافة أي شيء إليها. لذلك تعدّ المياه المُعبأة في عبوات، ومياه الصنابير، نقية في لغتنا اليومية. أما العلماء فيرون أن تلك المياه محاليل تحوي الماء (النقي) فيها كمُذيب، بالإضافة إلى مواد أخرى غير جزيئات الماء.

أسئلة

- ٩-١ كيف تتمكّن من فصل:
 - أ. الماء عن مياه البحر؟
 - ب. الإيثانول عن مخلوط من إيثانول وماء؟
 - ج. بلورات السكر عن محلول السكر؟
- ١٠-١ ما نوع المواد التي صُمّمت الكروماتوجرافيا لفصلها؟
- ١١-١ كيف يمكننا الآن التوسّع في استخدام الكروماتوجرافيا لفصل المواد غير الملونة؟
- ١٢-١ عرّف مصطلح قيمة R_f المُتعلّق بالكروماتوجرافيا.

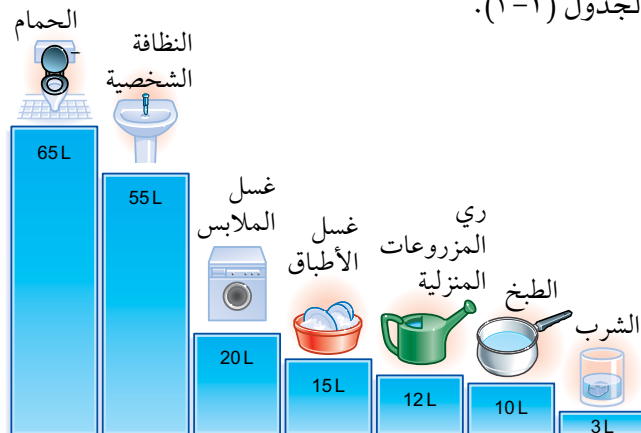


يمكن معالجة المياه السطحية والمياه الجوفية لتكون صالحة للاستخدام المنزلي

الشكل ١٦-١ مراحل تنقية المياه للإمدادات المنزلية والصناعية

العكسي). وتتسم عملية تحلية المياه بالأهمية خصوصاً في سلطنة عمان لعدم وفرة المياه العذبة.

ولا تقتصر حاجتنا للمياه على الاستخدام المنزلي، كما هو مبين في الشكل (١٧-١)، بل تتعداه إلى الصناعة والزراعة، حيث تُستخدم المياه بكميات كبيرة. ففي الصناعة، يُستخدم معظمها كمذيب لمواد أخرى، أو لتبريد التفاعلات الكيميائية (بهدف إبطائها أو إيقافها)، أو لنقل الحرارة من جزء من المصنع إلى جزء آخر. أما الزراعة فتحتاج إلى كميات كبيرة من المياه لري المزروعات وخاصة في المناطق ذات المناخ الجاف، كما هو مبين في الجدول (١-٣).



الشكل ١٧-١ متوسط الاستهلاك اليومي من المياه في الاستخدامات المنزلية للشخص الواحد في إحدى الدول

ومع أن المياه ضرورية للحياة، إلا أنها قد تحمل كثيراً من الأمراض وتقلها. فالمياه الملوثة تقتل ملايين البشر سنوياً. لذا لا بد من معالجة مياه الشرب لكي تكون آمنة للاستخدام. والأهم من ذلك هو معالجة المياه الملوثة (مثل مياه الصرف الصحي).

تحتوي مياه الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية على أملاح ذائبة، وحبيبات صغيرة وصلبة، وبكتيريا. وقد صممت عملية تنقية المياه لإزالة الحبيبات الصلبة والبكتيريا. وذلك عن طريق ترشيح المياه لإزالة الحبيبات الصلبة، وإضافة الكلور إلى المياه لقتل أي بكتيريا يمكن أن تسبب الأمراض. يبين الشكل (١٦-١) عملية حديثة لمعالجة المياه. وهي تختلف عن عملية المعالجة البسيطة في استخدامها الأوزون لإزالة المبيدات الحشرية وبعض المواد الأخرى الذائبة، والتي يمكن أن تسبب مشكلات صحية. ومع ذلك فإن الماء لا يصبح نقياً تماماً، بل تظل به بعض المواد الصلبة الذائبة، التي قد يكون بعضها مفيداً للصحة، مثل أملاح الكالسيوم، وبعضها الآخر مضرًا بها، مثل الأسمدة النيتروجينية.

تقوم بعض دول العالم، بتحويل مياه البحر إلى مياه صالحة للشرب، عبر تحليتها **Desalination** (إزالة ملوحتها). وتجري هذه العملية باستخدام التقطير، أو بتمرير المياه عبر أغشية خاصة باستخدام ضغط مرتفع (التناضح

أسئلة

- ١٣-١ لماذا يتم ترشيح المياه قبل عمليات المعالجة الأخرى؟
 ١٤-١ لماذا يُضاف الكلور إلى المياه؟
 ١٥-١ لماذا تُعدّ عملية تقطير مياه البحر طريقة مُكلفة للحصول على مياه الشرب؟

استخدام المياه	الاستخدام الكلي للمياه
زراعة	83%
صناعة	7%
استهلاك شخصي	10%

الجدول ١-٣ الاستخدامات الرئيسية للمياه في سلطنة عمان. تستهلك الزراعة مياهاً أكثر بكثير من الاستخدامات الأخرى مُجمعة

نشاط ٦-١

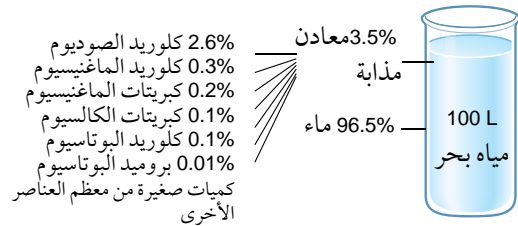
المواد الكيميائية في مياه البحر

المهارات:

- يُبيّن معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها أتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- يُنجز التجربة ويُسجّل الملاحظات، والقياسات والتقدير.
- يُفسّر الملاحظات التجريبية والبيانات، ويُقيّمها.

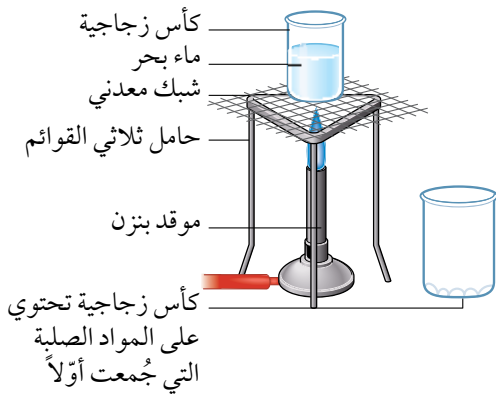
- ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).
- ارتد معطف المختبر.
- البس القفازين الواقيين عند الضرورة، أثناء إجراء هذه التجربة.
- توخّ الحديقة والحذر في أثناء التعامل مع الأدوات والمحاليل الساخنة.

يتكوّن البحر بشكل رئيسي من الماء، ولكنه يحتوي على الكثير من المواد الأخرى أيضاً. ويُعدّ كلوريد الصوديوم، أو ملح الطعام، المادة الأكثر شيوعاً في مياه البحر. وهو يحتوي على مواد أخرى، مثل كلوريد الماغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم وكبريتات الماغنيسيوم، وكميات ضئيلة من أيونات الفلزّات، مثل النحاس والحديد.



تم تصميم هذه التجربة لتوضيح أن ماء البحر يحتوي على مخلوط من أملاح مختلفة.

الطريقة



- 1 ضع (200 mL) من ماء البحر في كأس زجاجية سعته (250 mL).
- 2 سخّن الماء حتى يبلغ درجة الغليان.
- 3 أوقف التسخين عندما يبقى حوالي (60-70 mL) من السائل. خلال عملية التبخر هذه، ستترسّب مواد صلبة.
- 4 دع الكأس يبرد لكي تترسّب أي مواد صلبة في قعرها.
- 5 اسكب السائل الصافي في كأس زجاجية سعته (100 mL)، تاركاً المواد الصلبة في الكأس الأولى.
- 6 أضف بضع نقاط من حمض الهيدروكلوريك المُخفّف إلى المواد الصلبة التي بقيت في الكأس الأولى، ولاحظ ما يحدث.
- 7 ضع الكأس الزجاجية ذات سعة (100 mL) على الحامل الثلاثي والشبك المعدني، ثم سخّن السائل حتى تظهر مواد صلبة أخرى، وهو ما سيحدث عندما يبقى حوالي (30-40 mL) من السائل.

نشاط ٦-١

- ٨ رشح السائل بعناية في دورق مخروطي.
 - ٩ اغسل الكأس الزجاجية ذات سعة (100 mL)، واسكب فيها السائل المرشح.
 - ١٠ اغل السائل مرّة أخرى حتى لا يبقى فيه شيء تقريباً.
 - ١١ دعه يبرد، ثم سجّل ما تلاحظه.
- أسئلة**
- ١ ما الدليل على أن ماء البحر محلول يحوي مخلوطاً من الأملاح؟
 - ٢ ما الغاز الذي يمكن أن يكون قد انطلق عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى المواد الصلبة التي تم جمعها أولاً؟
 - ٣ علام تدل طبيعة هذا الغاز بخصوص هوية تلك المواد الصلبة؟
 - ٤ ابحث في الإنترنت عن معلومات حول ذوبانية كلوريد الصوديوم وكبريتات الكالسيوم في الماء، (وهما مركبان شائعان موجودان في مياه البحر). استخدم هذه المعلومات لتوقع الهوية المحتملة للمادة الصلبة النهائية التي بقيت عند انتهاء تجربتك.

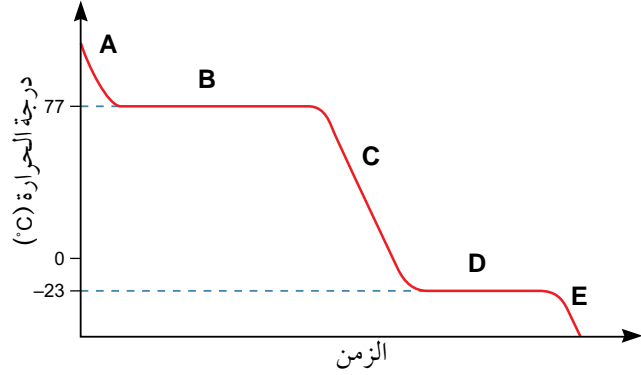
ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- هناك ثلاث حالات فيزيائية مختلفة يمكن أن توجد عليها المادة.
- يمكن أن تحدث التغيرات في حالة المادة بتغير ظروف درجة الحرارة، أو الضغط، أو كليهما معاً.
- يصف النموذج الجسيمي الحركي فكرة أن جسيمات المادة تكون في حركة مُستمرة، وأن طبيعة حركة تلك الجسيمات وكميتها تختلفان في المادة الصلبة عمّا هما في السائل أو في الغاز.
- التغير في الحالة الفيزيائية يتضمّن امتصاصاً للطاقة أو تحريراً لها، وأن درجة حرارة المادة تبقى ثابتة أثناء حدوث هذا التغير.
- المواد النقية تملك درجات انصهار وجليان دقيقة، حيث تؤخذ دقة تلك الدرجات كدليل على درجة نقاوة المادة.
- يمكن استخدام طرائق الفصل المختلفة، مثل الترشيح، والتقطير، والكروماتوجرافيا، لتنقية مادة من مخلوط.
- وجود مشكلة رئيسية في بعض أنحاء العالم من عدم توفر المياه النقية العذبة.
- كيفية معالجة المياه لتكون مناسبة للاستخدام المنزلي والصناعي.

أسئلة نهاية الوحدة

١ يُبيّن الشكل أدناه منحنى التبريد لمادة ما .



أ. اكتب الرمز الذي يصف:

١. المادة عندما تكون صلبة.

٢. تكثف المادة.

٣. المادة عندما تكون غازًا.

ب. استنتج درجة غليان المادة.

ج. هل هذه المادة نقية أم مخلوط؟ فسّر إجابتك.

٢ تبلغ درجة انصهار البروم -7.2°C ، ودرجة غليانه 58.8°C .

أ. استنتج الحالة الفيزيائية للبروم عند درجة حرارة الغرفة (25°C).

ب. صف النموذج الجُسيمي لتوضيح تركيب البروم الموجود في المجمّد، عند درجة حرارة مقدارها -18°C .

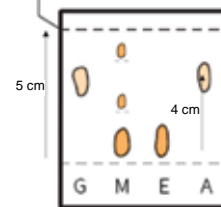
ج. ما هو التغيّر في الحالة الفيزيائية للبروم لدى إخراجه من المجمّد، حيث ترتفع درجة حرارته لتبلغ درجة حرارة الغرفة (25°C)؟

د. لماذا تم تصنيف التغيّر في الحالة بأنه تغيّر فيزيائي؟

هـ. تمّ وضع البروم السائل في قعر دورق مغلّق، ثمّ سُخّن بلطف. فسّر ما يحدث للبروم.

٣ يمكن استخدام الكروماتوجرافيا لفصل الصبغات الموجودة في ملوّنات الأطعمة، ويبيّن الشكل أدناه ورقة الكروماتوجرام الناتجة عن أربعة ملوّنات أطعمة مختلفة.

(جبهة المذيب)



أ. اكتب رمز ملوّن الطعام الذي يحتوي على صبغة واحدة فقط.

ب. اكتب رمز ملوّن الطعام الذي يحتوي على ثلاث صبغات.

ج. اكتب صيغة حساب مُعامل التأخر، أو قيمة R_f .

د. احسب قيمة R_f للمادة A.

٤ يمكن فصل المخاليط بطرق فيزيائية. اقترح طريقة مُثلى للحصول على كل من:

أ. الغازات من الهواء الجوي.

ب. بلّورات كلوريد الصوديوم من محلول كلوريد الصوديوم.

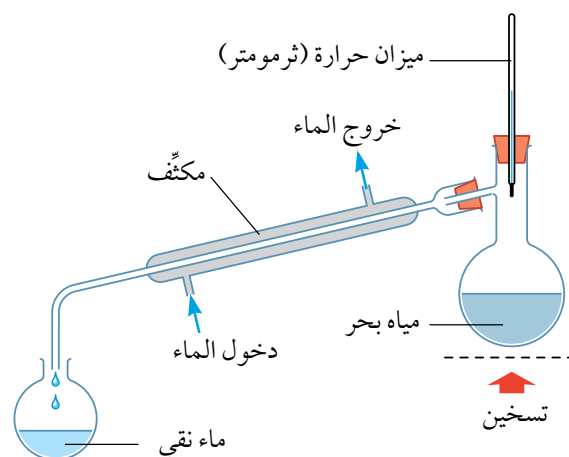
ج. ماء مقطر من مياه البحر.

د. ملح غير ذائب من محلول.

٥ الماء ضروري للحياة.

أ. صنّف الماء النقي: هل هو عنصر أم مُركّب أم مخلوط؟

ب. بيّن الشكل أدناه تركيب جهاز التقطير اللازم للحصول على ماء نقي من مياه البحر.



اكتب درجة الحرارة الموجودة على ميزان الحرارة (الثرمومتر).

ج. استخدم النموذج الجُسيمي لتشرح كيف تختلف مياه البحر عن الماء النقي من حيث تكوين كل منهما.

د. اذكر العمليتين الرئيسيتين المستخدمتين للحصول على مياه الشرب من مياه البحر.

هـ. فسّر اختلاف درجة غليان الماء النقي عن درجة غليان مياه الشرب.



الوحدة الثانية

التركيب الذري Atomic Structure

تغطي هذه الوحدة:

- الذرات والجزيئات والأيونات
- العناصر والمركبات
- التركيب الذري والجسيمات المكونة للذرة
- العدد الذري والعدد الكتلي
- النظائر
- ترتيب الإلكترونات في الذرات

١-٢ الذرات والجزيئات

العناصر والمركبات

في حين تسهم العناصر الأخرى جميعها بنسبة 1% فقط من المجموع الكلي لتلك الكتلة. وجدير بالذكر أن ثمانية عناصر فقط تُشكّل أكثر من 98% من كتلة القشرة الأرضية. فالسيليكون والأكسجين، المكوّنان لمادة السيليكات في الصخور، يُشكّلان تقريباً ثلاثة أرباع القشرة الأرضية. وبخصوص الكائنات الحيّة فإن بضعة عناصر مُحدّدة

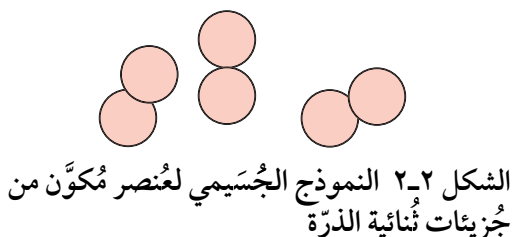
يلخّص الشكل (٢-١) ما نعرفه حتى الآن عن المادّة باستخدام مصطلحات بسيطة. فالعناصر هي «اللبّات البنائية» التي يتكوّن منها كل شيء في الكون. ويُعرف حالياً أكثر من 100 عنصر (منها حوالي 94) عنصراً طبيعياً، كما سنرى لاحقاً)، يُعتبر عنصرا الهيدروجين (نسبته 92%) والهيليوم (نسبته 7%)، المكوّنين الأساسيين لكتلة الكون،

الجسيمات التي تتكوّن المُركّبات **Compounds** مثل الماء، وثاني أكسيد الكربون، والميثان. حيث تتكوّن جزيئات تلك المُركّبات من ذرّات عناصر **Elements** مختلفة مُرتبطة معاً كيميائياً، إذ يتكوّن جُزيء الماء من ذرّتي هيدروجين مرتبّتين بذرة أكسجين واحدة، وتكون صيغته H_2O . ويتكوّن الميثان (CH_4) من ذرة كربون واحدة مرتبطة بأربع ذرّات هيدروجين. ويتكوّن جُزيء كلوريد الهيدروجين (HCl) من ذرة هيدروجين وذرة كلور مُرتبّتين معاً.

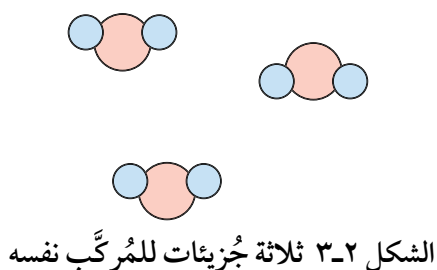
تصنيف المادة

يمكن استخدام النموذج الجسيمي لتمثيل أنواع مختلفة من المادة. فذرّات العنصر الواحد مُتماثلة تماماً. ويوجد في الطبيعة 94 عنصراً نادراً جداً، جميعها مُدرّجة في الجدول الدوري للعناصر (كما سنرى في الوحدة الثالثة).

تتشكّل الجزيئات من أكثر من ذرة واحدة، وتكون تلك الذرّات مترابطة بروابط تساهمية. فإذا ارتبطت ذرّات عنصر واحد لتكوّن الجُزيء، يكون الجُزيء هو العنصر (الشكل ٢-٢).



وعندما يرتبط أكثر من عنصر كيميائياً فإن المادة المُتكوّنة تُسمّى مُركّباً (الشكل ٣-٢). وحدها التفاعلات الكيميائية تستطيع أن تفصل الذرّات الموجودة في مُركّب.

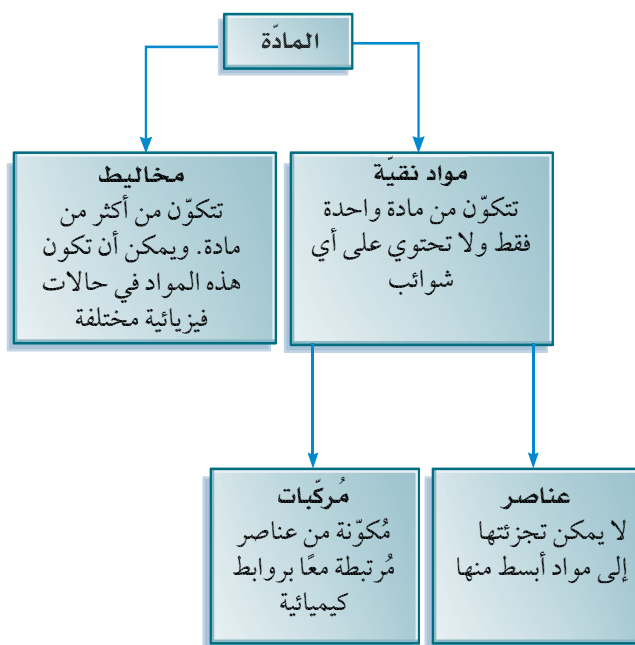


تُشكّل المُركّبات المُعقّدة الموجودة في الكائن الحي. فعلى سبيل المثال، تتكوّن كتلة جسم الإنسان من 65% أكسجين، و18% كربون، و10% هيدروجين، و3% نيتروجين، و1.5% كالسيوم، و2.5% عناصر أخرى.

مصطلحات علمية

هناك نوعان من المواد النقية **Pure substances**، وهما العناصر، والمُركّبات:

- العنصر **Element**: مادة لا يمكن تجزئتها كيميائياً إلى مواد أبسط منها.
- المُركّب **Compound**: مادة مُكوّنة من عنصريّن، أو عدّة عناصر، مُترابطة كيميائياً.



الشكل ١-٢ خريطة مفاهيم لأنواع المادة المختلفة

الذرّات والجزيئات

تتكون بعض العناصر الغازية من جزيئات، وليس من ذرّات مُنفصلة. وهذا ينطبق على كل من الهيدروجين (H_2)، والنيتروجين (N_2)، والأكسجين (O_2)، وسواها من العناصر. وقد قدّم العالم دالتون فكرة الجزيئات لتفسير

يحدث تفاعل التفكك أيضًا عن طريق الكهرباء. ذلك أن بعض المواد التي لا توصل الكهرباء وهي في الحالة الصلبة، تصبح موصلة للكهرباء عندما تكون على هيئة مصهور أو محلول. ومع مرور التيار الكهربائي، تتفكك تلك المواد إلى مواد أبسط. فمركب بروميد الرصاص (II) مثلاً هو مسحوق أبيض قابل للانصهار. وعندما يمر تيار كهربائي عبر مصهوره، يتكون فلز فضي-رمادي (هو الرصاص)، وغاز بني اللون (البروم). وكلتا المادتين الناتجتين لا يمكن تجزئتهما (كيميائياً) إلى مواد أخرى أبسط منهما.

وبخلاف هذا النوع من التفاعل، يُطلق اسم التكوين Formation عندما تتشكل مادة نتيجة اندماج مادتين أو أكثر. فإذا تمّ مثلاً إسقاط قطعة من الماغنيسيوم المشتعل داخل أنبوبة زجاجية تحتوي على غاز الأكسجين، تزداد شدة (سطوع) اللهب الأبيض اللامع. وعندما يكتمل تفاعل الاحتراق، يبقى رمد أبيض اللون (أكسيد الماغنيسيوم). (الصورة ٢-٢).

أكسيد الماغنيسيوم → الأكسجين + الماغنيسيوم

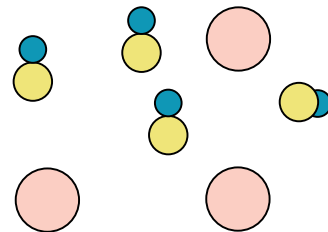


الصورة ٢-٢ يُنتج احتراق الماغنيسيوم لهباً أبيض ساطعاً

في التفاعل الكيميائي Chemical reaction:

- تتكون مادة أو مواد كيميائية جديدة.
- لا يكون سهلاً إرجاع المادة إلى حالتها الأصلية.
- قد يكون التغير ماصاً للحرارة أو طارداً للحرارة.

يحتوي المخلوط على أكثر من مادة واحدة، بحيث لا تكون ذرات هذه المواد مترابطة كيميائياً (الشكل ٢-٤). ويمكن للمخاليط أن تتكون من عناصر، أو من مركبات، أو من كليهما. ويمكن استخدام تقنيات الفصل الفيزيائية لاستخلاص كل مكون من مكونات المخلوط.



الشكل ٢-٤ مثال يُبين مخلوطاً مكوناً من عنصر واحد ومركب واحد

التغيرات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية

يمكن للمواد الكيميائية أن تختلط معاً بطرائق متنوعة، كما يمكنها أن تتفاعل كيميائياً. ففي التغير الكيميائي (أو التفاعل الكيميائي Chemical reaction)، يمكن لمادة أن تتحول إلى مادة أخرى. ومن الأمثلة على ذلك مركب كربونات النحاس (II) الذي يكون صلباً أخضر، ولكنه يتغير بالتسخين، ويتحول إلى مسحوق أسود (الصورة ٢-١)، مُنتجاً غاز ثاني أكسيد الكربون. يطلق على هذا النوع من التفاعلات الكيميائية، الذي يتجزأ خلاله المركب ليشكل مادتين أو أكثر اسم التفكك Decomposition.

→ كربونات النحاس (II)

ثاني أكسيد الكربون + أكسيد النحاس (II)



الصورة ٢-١ تسخين مركب كربونات النحاس (II)

لكننا نستطيع استعادة بلورات السكر مرّة أخرى عندما نقوم بتبخير الماء. لكن عند حرق السكر فإنه يتحد مع الأكسجين ويتحوّل إلى مادة جديدة لا يمكن إعادتها إلى حالتها الأصلية، وعندها نقول إن هذا التغيّر تغيّر كيميائيّ.

أسئلة

١-٢ ما المقصود بالعُنصر؟

٢-٢ ما المقصود بالمُرْكَب؟

٢-٢ تركيب الذرّة

التركيب الذريّ

كيف ترتبط الذرّات معاً لتكوّن الجزيئات؟ ما الذي يجعل ذرّات معيّنة أكثر استعداداً للترابط؟ لم ترتبط ذرّات الهيدروجين ثنائياً، في حين تبقى ذرّات الهيليوم مفردة؟ للإجابة عن أسئلة كهذه، نحن بحاجة للرجوع إلى تركيب الذرّات.

اعتقد العالم دالتون Dalton بأن الذرّة هي جسيمات صلبة وغير قابلة للتجزئة. ولكن الأبحاث التي أُجريت بعد ذلك بيّنت أن الذرّات تتكوّن من جسيمات دون ذرية متنوّعة. فقد اكتشف العالم طومسون Thomson الإلكترون عام (1897م). بعد ذلك اكتشف العالم رذرفورد البروتون عام (1913م) وأُجريت في مختبره مجموعة تجارب بيّنت أن الذرّة فضاء فارغ، انطلقت منها فرضية رذرفورد بأن الذرّة في معظمها حيز فارغ تشغله وتتحرك فيه إلكترونات تحمل شحنة سالبة، وهي تحيط بنواة صغيرة جداً تحمل شحنة موجبة.

وتقع النواة Nucleus في مركز الذرّة، وهي تحتوي تقريباً على معظم كتلة الذرّة. وبحلول العام (1932م)، مع اكتشاف النيوترون، تبين للعلماء أن الذرّات مُكوّنة من ثلاثة جسيمات دون ذرية Sub-atomic particles، هي البروتونات Protons، والنيوترونات Neutrons، والإلكترونات Electrons. وكلها ذات طبيعة كونيّة، بمعنى أن الذرّات جميعها مُكوّنة منها. وتبقى الذرّة الجسيم الأصغر الذي يُظهر الخصائص المميزة لعنصر مُحدّد.

ومن الأمثلة الأخرى على تفاعلات التكوين تغيّر مخلوط من مسحوق الحديد والكبريت، إذ تُطحن المادتان الصلبتان جيداً ثم تُخلطان معاً، ثم يُسخّن المخلوط باستخدام موقد بنزن. ويستمرّ مخلوط التفاعل في التوهّج حتى بعد إزالة موقد بنزن، وهو ما يشير إلى تحرير للطاقة. وبانتهاء التفاعل تنتج مادة سوداء صلبة لامغناطيسية، هي كبريتيد الحديد (II)، والتي لا يمكننا إعادة تجزئتها بسهولة إلى حديد وكبريت. ويوضّح هذا المثال بعض الاختلافات المهمّة بين المخلوط (مسحوق كل من الحديد والكبريت)، والمُرْكَب (الناتج النهائي للتفاعل). يُبيّن الجدول (١-٢) الاختلافات العامة بين مخلوط من المواد وتكوين مُركّب جديد.

عندما يتكوّن المخلوط ...	عندما يتكون المُرْكَب ...
تكون المواد ببساطة ممزوجة معاً؛ ولا يحدث تفاعل بينها	تتفاعل المواد معاً كيميائياً لتشكل مُركباً جديداً
يمكن أن تتغيّر نسب وجود المواد في المخلوط	تكون النسب التي تتحد بها العناصر في المُرْكَب هي نفسها دائماً
لا تتغيّر خصائص المواد الموجودة فيه	تختلف خصائص المُرْكَب الجديد عن خصائص العناصر المُكوّنة له
يمكن فصل المواد الموجودة في المخلوط بطرائق فيزيائية، مثل الترشيح، أو التقطير، أو الجذب المغناطيسي	لا يمكن فصل المُرْكَب إلى عناصره المُكوّنة له بالطرائق الفيزيائية البسيطة (تفكيك)

الجدول ١-٢ الاختلاف بين المخاليط والمُرْكَبات النقية

تتباين الخصائص المُميّزة للتغيّر الكيميائي عن الخصائص التي يميّز بها التغيّر الفيزيائي البسيط كالانصهار، أو الذوبان. ففي التغيّر الفيزيائي Physical change لا تتغيّر ماهيّة المواد المعنيّة، ويمكن إعادتها بسهولة إلى حالتها الأصلية باستخدام بعض العمليات الفيزيائية، كال تبريد أو التسخين. فالسكر مثلاً يذوب في الماء،

تمتلك البروتونات والنيوترونات الكتلة نفسها تقريباً، في حين أن الإلكترونات لا تكاد تمتلك عملياً أي كتلة مقارنةً بكتلة النواة. لذا يمكننا القول إن كتلة الذرة تتركز في النواة (تمثل كتلة الإلكترون $\frac{1}{1836}$ من كتلة البروتون أو $\frac{1}{1840}$ من كتلة النيوترون). أما الميزة المهمة الأخرى لهذه الجسيمات، فهي شحناتها الكهربائية، إذ تمتلك البروتونات والإلكترونات شحنات متساوية، ولكنها متعاكسة، في حين تكون النيوترونات متعادلة كهربائياً (لا تمتلك أي شحنة). أُدرجت خصائص هذه الجسيمات دون الذرية الثلاثة في الجدول (٢-٢).

الموقع في الذرة	الشحنة النسبية	الكتلة النسبية	الجسيم دون الذري
داخل النواة	+1	1	البروتون
داخل النواة	0	1	النيوترون
خارج النواة	-1	$\frac{1}{1836}$ (ضئيلة)	الإلكترون

الجدول ٢-٢ خصائص الجسيمات دون الذرية

نشاط ١-٢

اكتشاف تركيب الذرة

المهارات:

- يُعزّز مهارات البحث: مهارات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT)

تم اكتشاف طبيعة الجسيمات دون الذرية التي تكوّن الذرات جميعها ضمن مدة زمنية قصيرة نسبياً من بداية القرن العشرين تقريباً.

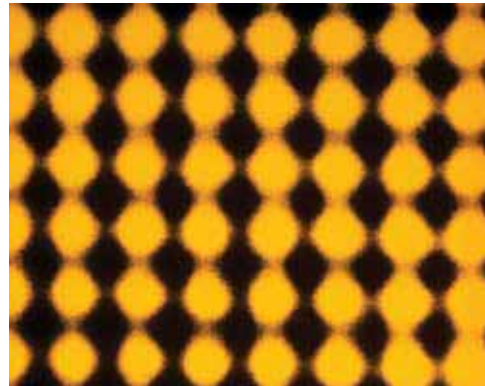
تحقق من هذه الفترة الزمنية الرئيسية في تاريخ العلوم باستخدام المكتبة ومصادر الإنترنت، ثم ابتكر عرضاً تقديمياً، أو ملصقاً يتحدث عن الاكتشافات المهمة، والعلماء المشاركين، وأهمهم للبحث: ج.ج. طومسون، وإيرنست رذرفورد، وجيمس شادويك.

أسئلة

- ١ ما الذي كان لافتاً للانتباه في تركيب الذرة المقترح بتجارب جايجر - مارسدن؟
- ٢ ما الشيء المتعلق بطبيعة النيوترون، الذي جعله آخر الجسيمات المكتشفة؟

قياس حجم الذرات

تكون الذرات صغيرة بشكل مُدهش. ومع ذلك فقد أتاحت لنا الأجهزة البحثية الحديثة، مثل مجهر المسح النفقي (STM)، رؤية ذرات مفردة في تركيب كيميائي باستخدام تكبير مقداره 100 مليون مرة، كما يمكن إظهار نمط التراص للذرات المكوّنة لسبيكة ما (مثل الذهب) كما يتضح في الصورة (٢-٣).



الصورة ٢-٣ نمط التراص للذرات المكوّنة لسبيكة الذهب

فالذرة الواحدة صغيرة جداً إلى درجة لا يمكن قياس كتلتها على ميزان. ولكن يمكن مقارنة كتلتي ذرتين باستخدام مطياف الكتلة Mass spectrometer الذي استُخدم (أو اختير) فيه أحد نظائر عنصر الكربون كميّار، حيث تتم مقارنة كتل ذرات كل العناصر الأخرى بكتلة ذرة هذا الكربون. وهذه المقاربة تقضي إلى سلسلة من قيم الكتلة الذرية النسبية Relative atomic mass للعناصر. وقد أُعطي نظير الكربون هذا كتلة ذرية نسبية مقدارها 12.00، وهو يُمثّل كما يأتي: الكربون-12. وهذه الكتلة تساوي 12 مرة كتلة ذرة الهيدروجين-1 الذي يعتبر أخف ذرة على الإطلاق. وتساوي كتلة ذرة الكالسيوم، 40 مرة كتلة ذرة الهيدروجين.

الجسيمات دون الذرية

علمت أن الذرة في معظمها حيّز فارغ. ولتتمكّن من تصوّر حجم النواة مقارنة بحجم الذرة، تخيل الذرة بحجم ملعب كرة قدم، ويكون حجم النواة (في مركز الذرة) بحجم حبة بازلاء.

العدد الذري والعدد الكتلي

ذكرنا قبل قليل أن ذرة الهيدروجين هي الذرة الوحيدة التي تحتوي على بروتون واحد في نواتها. ووحدها ذرة الهيليوم تحتوي على بروتونين اثنين في نواتها. وفي المقابل تتفرد ذرة الذهب باحتوائها على 79 بروتوناً. نستنتج من ذلك أن عدد البروتونات الموجودة في نواة أي ذرة هو الذي يُحدّد ماهية العنصر. يُطلق على هذا العدد المهمّ اسم **العدد الذري Atomic number**، ويرمز له بـ **(Z)**.

وبالإضافة إلى البروتونات التي تُشكّل جزءاً من كتلة النواة، تُسهم النيوترونات أيضاً في الكتلة الكلية. وبما أن لكل من البروتون والنيوترون الكتلة نفسها (تقريباً)، فإن كتلة ذرة معيّنة تعتمد على العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات الموجودة في نواتها. يُسمّى هذا العدد **العدد الكتلي Mass number**، ويرمز له بـ **(A)**.

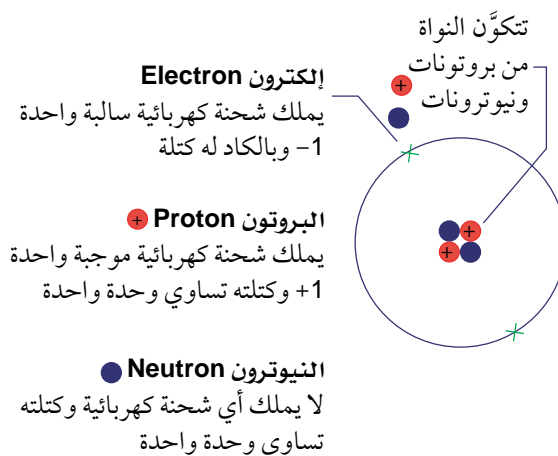
يمكن كتابة العدد الذري Z ، والعدد الكتلي A لذرة عنصر ما إلى جانب رمز ذلك العنصر. وبشكل عام يكون على الشكل الآتي: A_ZX . يكون رمز ذرة الليثيوم مثلاً ${}^7_3\text{Li}$ ، وتكون رموز كل من الكربون، والأكسجين، واليورانيوم على التوالي: ${}^{12}_6\text{C}$ ، ${}^{16}_8\text{O}$ ، ${}^{238}_{92}\text{U}$.

وهكذا عندما يكون هذان العدان المهمّان لأيّ ذرة معلومين، يصبح بالإمكان التعرف إلى تركيب تلك الذرة من الجسيمات دون الذرية.

يبيّن الجدول (٢-٣) عدد البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات الموجودة في بعض الذرات المختلفة.

تكون الذرة المفردة متعادلة كهربائياً (أي إنها لا تملك أي شحنة كهربائية)، وهذا يعني أن أعداد البروتونات والإلكترونات في أي ذرة يجب أن تكون متساوية. وبمعنى آخر، تكون الشحنة الموجبة الكلية للنواة (شحنة البروتونات) متعادلة مع الشحنة السالبة الكلية للإلكترونات التي تدور حول تلك النواة. تعتبر ذرة الهيدروجين* الذرة الأبسط بين الذرات الأخرى، لأنها تملك بروتوناً واحداً وإلكتروناً واحداً، وهي الذرة الوحيدة التي لا تملك نيوترونات؛ (وهذا يصح فقط في حالة النظير الأول للهيدروجين: النظير الرئيسي).

أما الذرة الأبسط التالية، فهي ذرة الهيليوم*، وهي تملك بروتونين ونيوترونين داخل نواتها، وإلكترونين يدوران حول نواتها (الشكل ٢-٥).



الشكل ٢-٥ تركيب ذرة الهيليوم

تليهما ذرة الليثيوم*، التي تملك ثلاثة بروتونات، وأربعة نيوترونات، وثلاثة إلكترونات. ومع إضافة المزيد من البروتونات والإلكترونات، يصبح التركيب الذري أكثر تعقيداً وسوف يزيد عدد النيوترونات اللازم لكي تبقى النواة متماسكة، مع زيادة الحجم الذري. وهكذا، فإن ذرة الذهب* تتكوّن من 79 بروتوناً (p+)، و118 نيوتروناً (n⁰)، و79 إلكترونات (e⁻).

* هذه ذرات نظائر للعناصر المذكورة؛ فالنظائر تتباين بعدد النيوترونات في نواتها

للمعلّم

أن بإمكانك استخدام جدولك الدوري في الامتحان للحصول على معلومات حول الأعداد الذرية والكتلية لأيّ ذرة. فالماغنيسيوم مثلاً هو العنصر الثاني عشر الموجود في الجدول الدوري، لذا يجب أن يكون لدى كل من ذراته 12 بروتوناً، و12 إلكترونات.

خارج النواة الإلكترونات	داخل النواة		العدد الكتلي، A	العدد الذري، Z	الرمز	الذرة
	النيوترونات (A - Z)	البروتونات (Z)				
1	0	1	1	1	H	الهيدروجين
2	2	2	4	2	He	الهيليوم
3	4	3	7	3	Li	الليثيوم
4	5	4	9	4	Be	البريليوم
6	6	6	12	6	C	الكربون
8	8	8	16	8	O	الأكسجين
11	12	11	23	11	Na	الصوديوم
20	20	20	40	20	Ca	الكالسيوم
79	118	79	197	79	Au	الذهب
92	146	92	238	92	U	اليورانيوم

ملاحظة: التراكيب التي يظهرها الجدول هي لنظائر معينة للعناصر المذكورة في هذا الجدول.

الجدول ٢-٣ تركيب بعض الذرات

النظائر

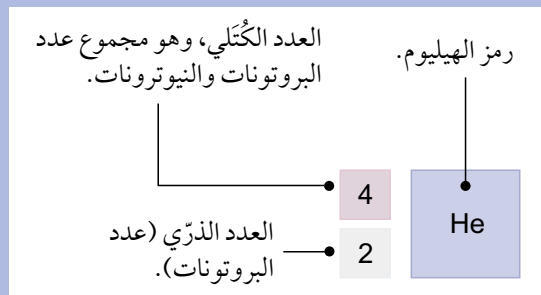
جاءت قياسات الأعداد الكتلية لبعض العناصر، التي استُخدم فيها مطياف الكتلة، مُحيرة بعض الشيء. فقد تبين أن العينات النقية لعناصر، مثل الكربون والكلور وسواهما تحتوي على ذرات لها كتل مختلفة، مع العلم أنها تحتوي على العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات. عُرِي سبب الاختلاف في هذه الكتل إلى الأعداد المختلفة من النيوترونات في نواها. يُطلق على مثل تلك الذرات تسمية **النظائر Isotopes**.

تمتلك نظائر أي عنصر كيميائي الخصائص الكيميائية نفسها، لأنها تحتوي على العدد نفسه من الإلكترونات. فعدد الإلكترونات في العنصر هو الذي يحدّد الطريقة التي تكوّن بها الذرة الروابط، وكيفية تفاعلها مع الذرات الأخرى. ومع ذلك فإن بعض الخصائص الفيزيائية للنظائر تكون مختلفة. فمع اختلاف كتل الذرات، تختلف كذلك بعض الخصائص الأخرى، مثل الكثافة وسُرعة الانتشار. يُبين مطياف الكتلة الحديث أن معظم العناصر تملك العديد من النظائر المختلفة الموجودة طبيعياً. أما بعض النظائر الأخرى، مثل التريتيوم، وهو واحد من نظائر الهيدروجين (الجدول ٢-٤)، فيمكن إنتاجها صناعياً.

لاحظ أن القواعد يتم تطبيقها حتى على الذرات الأكبر والأكثر تعقيداً والموجودة بشكل طبيعي، أو المُصنَّعة بالمختبرات.

لدينا المعلومات الآتية:

- العدد الذري (Z) = عدد البروتونات الموجودة في النواة
- العدد الكتلي (A) = عدد البروتونات + عدد النيوترونات



المعادلتان الآتيتان مُفيدتان جداً، وهما:

- عدد الإلكترونات = عدد البروتونات
- عدد النيوترونات = (العدد الذري) - عدد البروتونات

$$\text{العدد الكتلي (A) - العدد الذري (Z) = عدد النيوترونات}$$

للملاحظة

أن اختلاف عدد النيوترونات الموجودة في نوى الذرات هو سبب الاختلاف بين النظائر، مع أن هذه الذرات يكون لديها العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات.

مصطلحات علمية

■ **النظائر Isotopes:** ذرات للعنصر نفسه، تملك العدد الذري نفسه، لكنها تختلف في العدد الكتلي.

أسئلة

٣-٢ كم عدد كل من البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات الموجودة في ذرة الفوسفور، التي يبلغ عددها الذري 15، وعددها الكتلي 31؟

٤-٢ ما الكتل النسبية لكل من النيوترون والإلكترون، علمًا أن البروتون يملك كتلة تساوي 1؟

٥-٢ ما الفرق بين ذرة الكلور-35، وذرة الكلور-37، من حيث التركيب دون الذري؟

يُبيّن كلٌّ من التريتيوم والكربون-14 اختلافًا آخر في الخصائص الفيزيائية التي يمكن أن تحدث بين النظائر، ذلك أنهما نظيران مُشعّان. ويُسهّم عدم التوازن بين النيوترونات والبروتونات الموجودة في نواة كل منهما في جعلهما غير مُستقرّين؛ فتتشطر نواتهما تلقائيًا (وهذا يتم من دون توفر أي طاقة خارجية)، مُطلقتين أنواعًا مُحدّدة من الإشعاع. يُسمّى هذا النوع من النظائر **بالنظائر المُشعّة Radioisotopes**.

- تملك نظائر العنصر العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات، لكنها تملك أعداد نيوترونات مختلفة في نواها.
- تمتلك نظائر العنصر الخصائص الكيميائية نفسها، لأنها تمتلك التركيب الإلكتروني نفسه؛ فالإلكترونات مُستوى الطاقة الخارجي هي التي تتحكم بالتغيرات الكيميائية.
- تمتلك نظائر العنصر خصائص فيزيائية مختلفة قليلًا لأن لها كتلاً مختلفة.
- تكون نوى بعض النظائر غير مستقرّة؛ وهي **النظائر المُشعّة Radioisotopes**، التي تبعث منها أشكال متنوعة من الإشعاع.

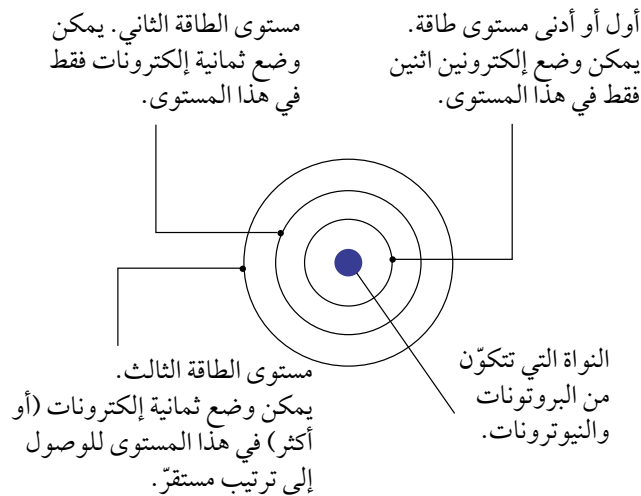
العنصر	النظائر (نسبة وجودها في الطبيعة)	الإلكترونات	البروتونات	النيوترونات
الهيدروجين	هيدروجين ^1_1H (99.9%)	1	1	0
	ديتيريوم ^2_1H (0.01%)	1	1	1
	تريتيوم ^3_1H (0)	1	1	2
الكربون	كربون $^{12}_6\text{C}$ (98.9%)	6	6	6
	كربون $^{13}_6\text{C}$ (1.1%)	6	6	7
	كربون $^{14}_6\text{C}$ (0) (قليل جدًا)	6	6	8
النيون	نيون $^{20}_{10}\text{Ne}$ (90.48%)	10	10	10
	نيون $^{21}_{10}\text{Ne}$ (0.27%)	10	10	11
	نيون $^{22}_{10}\text{Ne}$ (9.25%)	10	10	12
الكلور	كلور $^{35}_{17}\text{Cl}$ (75%)	17	17	18
	كلور $^{37}_{17}\text{Cl}$ (25%)	17	17	20

(١) ذرات التريتيوم، والكربون-14 هي نظائر مُشعّة؛ لأن نواها غير مُستقرّة.

الجدول ٤-٢ أمثلة على نظائر بعض العناصر



الصورة ٢-٤ الشفق القطبي، أو الأضواء الشمالية، كما تُرى من فنلندا



الشكل ٢-٦ نموذج بور لترتيب الإلكترونات في الذرة

لقد تمكّن العلم من توفير أدلّة تدعم ترتيب الإلكترونات في الذرات. ويبيّن الجدول ٢-٥ عدد الإلكترونات وترتيبها للعناصر العشرين الأولى في الجدول الدوري.

يوضح الشكل ٢-٧ التركيب الإلكتروني لذرة الكربون التي تُعدّ من أكثر أنواع الذرات استخداماً في الطبيعة. تُعدّ دراسة ترتيب الإلكترونات في الذرة أمراً قيماً ومفيداً. فهي تبدأ بتفسير الأنماط في خصائص العناصر، التي تمثّل الأساس في بناء الجدول الدوري. وهو ما سستم مناقشته في الوحدة الثالثة.

٣-٢ ترتيب الإلكترونات في الذرات

يُعدّ الشفق القطبي (الصورة ٢-٤) عرضاً مدهشاً يُرى في السماء في أقصى شمال الكرة الأرضية (وهناك ظاهرة مشابهة، وهي الشفق الأسترالي، الذي يحدث في أقصى الجنوب). تحدث هذه الظاهرة بسبب الإشعاع القادم من الشمس، والذي يُحرّك الإلكترونات في ذرات الغازات الموجودة في الغلاف الجوي. يمكن في المختبر إنتاج تأثيرات لونية مشابهة بطريقة بسيطة، وذلك عند تسخين مُركّبات بعض الفلزّات باستخدام موقد بنزن. ويمكن أيضاً مشاهدة تلك الألوان في عروض الألعاب النارية. فهي تنتج من حركة الإلكترونات الموجودة في الذرة، والتي تنتقل بين مُستويات طاقة **Energy levels** مختلفة.

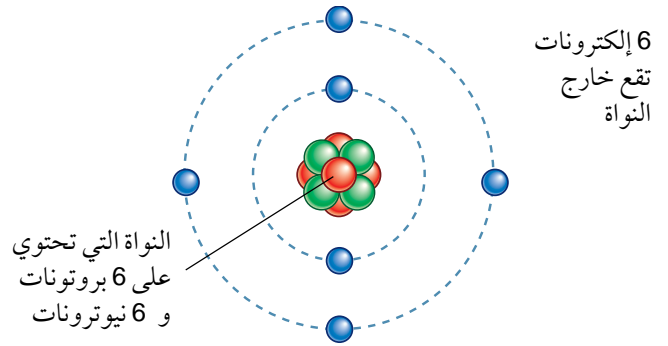
في العام 1913 م، طوّر العالم نيلز بور، نظرية تُفسّر كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرات. وقد أسهمت تلك النظرية في تفسير كيفية ظهور الألوان المُشار إليها أعلاه.

يمكن تقديم نسخة مُبسّطة عن نظرية بور **Bohr's theory** لترتيب الإلكترونات في الذرة على النحو الموجز الآتي (انظر الشكل ٢-٦ أيضاً):

- تتحرّك الإلكترونات في مدارات حول النواة المركزية للذرة.
- تُسمّى مدارات الإلكترونات مُستويات طاقة، وهي تمتلك طاقات مختلفة.
- تمتلك مُستويات الطاقة البعيدة عن النواة طاقات أعلى.
- يتمّ ملء مُستويات الطاقة بالإلكترونات بدءاً بالمستوى ذي الطاقة الدنيا (الأقرب إلى النواة).
- يمكن لمُستوى الطاقة الأوّل أن يستوعب إلكترونين اثنين فقط.
- يمكن لمُستوى الطاقة الثاني والمُستويات التي تليه أن تستوعب ثمانية إلكترونات (أو أكثر) لتصل إلى الترتيب المُستقرّ للإلكترونات (كما في الغازات النبيلة).

لغة

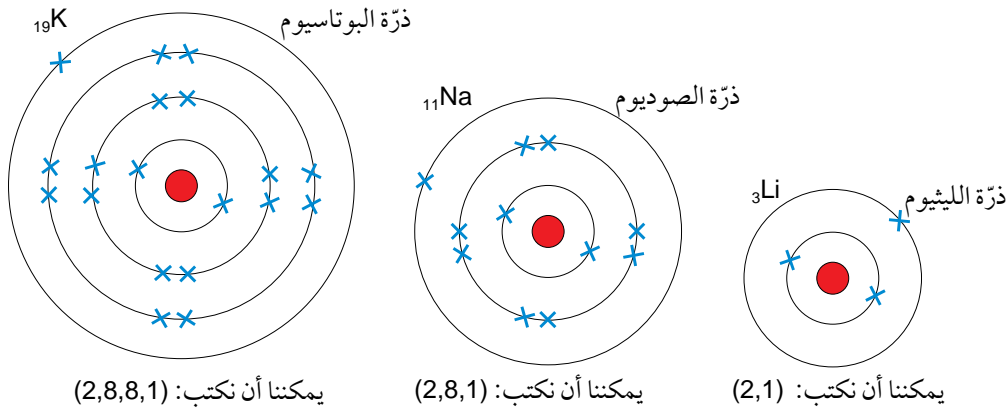
كيف تُحدّد التركيب الإلكتروني للعناصر العشرين الأولى، وكيف تُرسم حلقات (مستويات الطاقة) كما هو مبين في الشكل (٢-٨). وتذكر أيضاً أن بإمكانك إعطاء ترتيب الإلكترونات أو التركيب الإلكتروني بشكل مُبسّط مُستخدماً الأعداد: مثل (4، 8، 2) لذرة السيليكون.



الشكل ٢-٧ ذرة الكربون-12. قد تكون ذرات عنصر الكربون الأكثر استخداماً في الطبيعة

العناصر	الرمز	العدد الذري Z	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	التركيب الإلكتروني
الهيدروجين	H	1	●				1
الهيليوم	He	2	●●				2
الليثيوم	Li	3	●●	●			2,1
البريليوم	Be	4	●●	●●			2,2
البورون	B	5	●●	●●●			2,3
الكربون	C	6	●●	●●●●			2,4
النيتروجين	N	7	●●	●●●●●			2,5
الأكسجين	O	8	●●	●●●●●●			2,6
الفلور	F	9	●●	●●●●●●●			2,7
النيون	Ne	10	●●	●●●●●●●●			2,8
الصوديوم	Na	11	●●	●●●●●●●●	●		2,8,1
الماغنيسيوم	Mg	12	●●	●●●●●●●●	●●		2,8,2
الألمنيوم	Al	13	●●	●●●●●●●●	●●●		2,8,3
السيليكون	Si	14	●●	●●●●●●●●	●●●●		2,8,4
الفوسفور	P	15	●●	●●●●●●●●	●●●●●		2,8,5
الكبريت	S	16	●●	●●●●●●●●	●●●●●●		2,8,6
الكلور	Cl	17	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●		2,8,7
الأرغون	Ar	18	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●		2,8,8
البوتاسيوم	K	19	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●	2,8,8,1
الكالسيوم	Ca	20	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●	2,8,8,2

الجدول ٢-٥ التركيب الإلكتروني للعناصر العشرين الأولى من الجدول الدوري



الشكل ٨-٢ طرائق مختلفة لتوضيح التركيب الإلكتروني

أسئلة

٨-٢ ما عدد الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية لكل من ذرتي الغازين النيون: الأرجون والنيون؟

٩-٢ الكربون-12 والكربون-14 نظيران مختلفان للكربون. ما عدد الإلكترونات الموجودة في ذرة كل نظير منهما؟

٦-٢ ما العدد الأقصى للإلكترونات الذي يمكن أن يملأ مستويي الطاقة الأول والثاني للذرة؟

٧-٢ اكتب التركيب الإلكتروني لذرة الكالسيوم، التي عددها الذري يساوي 20.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- يمكن أن تكون المواد الكيميائية النقية، إما عناصر وإما مركبات.
- العناصر هي وحدات البناء الأساسية للعالم المادي، ولا يمكن تجزئتها كيميائياً إلى أي شيء أبسط منها.
- المركبات تتكوّن من عنصرين أو أكثر، وتكون هذه العناصر مترابطة كيميائياً. وتكون خصائص المركبات مختلفة تماماً عن خصائص العناصر التي تشكلت منها.
- كل عنصر يتكوّن من ذرات، والذرات يمكن أن ترتبط معاً لتكوّن جزيئات، إما لعنصر وإما لمركب.
- ذرات العناصر تتكوّن من جسيمات دون ذرية، وهي البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات.
- تمتلك البروتونات والإلكترونات شحنات كهربائية متعاكسة، في حين أن النيوترونات لا تمتلك أي شحنة كهربائية.
- توجد البروتونات والنيوترونات معاً في النواة المركزية لأي ذرة، أما الإلكترونات فتدور حول النواة في مستويات طاقة مختلفة.
- عدد البروتونات الموجودة في الذرة يُعرف بأنه العدد الذري (Z) للعنصر.
- العدد الكتلي (A) يُعرف بأنه العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات الموجودة في أي ذرة.
- يمكن أن يكون للعنصر الواحد عدّة نظائر، تختلف فيما بينها فقط في عدد النيوترونات الموجودة في نواها.
- ترتب الإلكترونات الموجودة في الذرات في مستويات طاقة مختلفة، وتقع مستويات الطاقة هذه على مسافات مختلفة من نواة الذرة.
- يمكن لمستوى الطاقة أن يستوعب عدداً محدداً من الإلكترونات، ويبدأ ملء الإلكترونات في المستويات الأقرب إلى النواة أولاً.

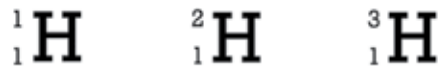
أسئلة نهاية الوحدة

١ أكمل الجُمْل الآتية التي تتعلّق بالتركيب الذريّ مُستخدماً الكلمات الواردة في القائمة الآتية:

كتلة ذرية نسبية	النواة	الإلكترونات
الذرة	النيوترونات	الجسيم

الذرة هي الأصغر الذي يمكن أن يوجد بمفرده، ومركز يسمّى النواة التي تحتوي على البروتونات و.....، حيث يمتلك كل بروتون وكل نيوترون مقدارها 1، لذلك تكون معظم كتلة الذرة في، أمّا ذات الشحنة السالبة فإنّها تدور في مدارات حول النواة، تُسمّى مستويات الطاقة.

٢ يبيّن الشكل أدناه رموز ثلاثة نظائر لعنصر الهيدروجين.



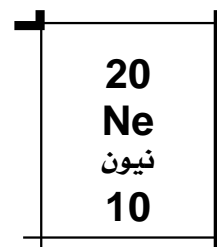
هيدروجين-1 (بروتوم) هيدروجين-2 (ديتريوم) هيدروجين-3 (تريتيوم)

- أ. اكتب عدد البروتونات الموجودة في البروتيوم.
 ب. اكتب التركيب الإلكتروني للديتريوم.
 ج. صف نواة التريتيوم.
 د. قارن بين خصائص النظائر الثلاثة للهيدروجين.

٣ الصوديوم فلزّ يمتلك العدد الذريّ $Z = 11$ ، والعدد الكتليّ $A = 23$.

- أ. اكتب رمز عنصر الصوديوم.
 ب. ما التركيب الإلكتروني لذرة الصوديوم؟
 ج. فسّر لماذا لا تمتلك ذرة الصوديوم شحنة كهربائية كلية.

٤ يمثّل الشكل أدناه النظير الأوّل لعنصر النيون.



- أ. احسب عدد النيوترونات الموجودة في نواة النيون-20.
 ب. اكتب التركيب الإلكتروني لعنصر النيون.
 ج. النيون عنصر. عرّف المقصود بمصطلح «العنصر».
 د. لماذا يعدّ النيون عنصراً غير نشط؟
 هـ. صف تركيب عيّنة من النيون عند درجة حرارة الغرفة، وحركتها.
 و. قارن معدّل انتشار كل من النيون والهيليوم، وفسّر الفرق بينهما.

٥

تملك ذرّة الهيليوم-5، جسيمات ذات شحنة في داخلها، هي:

بروتونان شحنتهما $2+$ وإلكترونان شحنتهما -2 .

أ. ما قيمة الشحنة الكليّة لذرّة الهيليوم؟

ب. تملك ذرّة الهيليوم-5، بالإضافة إلى البروتونات والإلكترونات، عدداً من النيوترونات. أين توجد هذه النيوترونات؟
وكم يبلغ عددها؟

ج. تساوي كتلة كل من البروتون والنيوترون وحدة (ذريّة) واحدة، والإلكترون لا كتلة له (تقريباً). فما قيمة الكتلة الذريّة النسبية لذرّة الهيليوم-5؟



الوحدة الثالثة

الجدول الدوري Periodic Table

تُغطّي هذه الوحدة:

- المجموعات والدورات في الجدول الدوري
- الفلزّات واللافلزّات في الجدول الدوري للعناصر
- التركيب الإلكتروني والجدول الدوري
- تدرُّج الصفة الفلزيّة واللافلزيّة

١-٣ الجدول الدوري للعناصر - تصنيف العناصر

الروسي مندليف Mendeleev عام 1869م، وبالاستفادة من المعلومات المتاحة له في ذلك الوقت، نموذجًا للجدول الدوري مُعتمداً على الكُتلة الذريّة للعناصر. وقد عُزي نجاح الجدول الدوري لمندليف إلى تركه فراغات لعناصر مُحتملة

اعتُبرت عملية بناء الجدول الدوري Periodic Table الحديث للعناصر إنجازاً علمياً رئيسياً. وبالرغم من الجهود الكثيرة التي بُذلت لترتيب العناصر وتصنيفها، إلا أن ذلك ظل محدوداً وغير دقيق إلى أن قدّم العالم



الصورة ٣-١ تمثال مندليف وجدوله الدوري الأول منحوت على جدار مبنى جامعة بطرسبرج في روسيا

لم تكن مُكتشفة بعد (الصورة ٣-١)، ولعدم مُحاولته توزيع العناصر وفق أنماط مُعيّنة، لأنه لم يكن يمتلك دليلاً يُثبت ذلك التوزيع.

لقد اعتمد تصميم الجدول الدوري الحديث بنسخته النهائية على أعمال مندليف، حيث أُضيفت لاحقاً مجموعة من العناصر لم تكن مُكتشفة آنذاك. ورتّبت العناصر وفقاً لزيادة أعدادها الذرية في صفوف أفقية تُسمّى بالدورات **Periods** وأعمدة رأسية تُسمّى بالمجموعات **Groups**.

المجموعات والدورات في الجدول الدوري

يتّضح من الشكل (٣-١) أن الجدول الدوري يتألف من 7 دورات، تتألف الدورة الأولى من عنصري الهيدروجين والهيليوم، أما الدورة الثانية فتتكوّن من ثمانية عناصر تبدأ بالليثيوم وتنتهي بالنيون. ونلاحظ أن العدد الذري للعنصر يزداد بمقدار 1 عن العنصر الذي يسبقه.

وتم أيضاً تقسيم العناصر في الجدول الدوري إلى 8 مجموعات رئيسية (الشكل ٣-١). فقد رُتبت العناصر على شكل مجموعات رئيسية من 1 إلى VIII بحيث تمتلك عناصر المجموعة الواحدة خصائص كيميائية وفيزيائية مُتشابهة.

تكتسب بعض المجموعات الرئيسية أسماء خاصة. فالمجموعة I التي تضم أكثر الفلزّات نشاطاً تُسمّى بمجموعة الفلزّات القلوية. أمّا المجموعة VII فتسمّى بمجموعة الهالوجينات وتضمّ أكثر اللافلزّات نشاطاً كيميائياً. أضف إلى ذلك أن الغازات النبيلة الموجودة في المجموعة VIII تُعدّ عناصر غير نشطة كيميائياً.

وتتوسّط الجدول مجموعة من العناصر الفرعية تقع بين المجموعتين II وIII وتضمّ مجموعة من العناصر الفلزّية تُسمّى بالعناصر الانتقالية أو الفلزّات الانتقالية، حيث يبدأ ظهورها في الدورة الرابعة وهي تضم عدداً من الفلزّات المُهمّة كالحديد والنحاس والخصائص.

مصطلحات علمية

- **الجدول الدوري Periodic table:** هو الجدول الذي نُظمت فيه العناصر الكيميائية وفقاً لزيادة العدد الذري والترتيب الإلكتروني.
- **الدورة Period:** صفّ في الجدول الدوري يحتوي على عناصر مُرتّبة وفقاً لزيادة أعدادها الذرية.
- **المجموعة Group:** عمود في الجدول الدوري يحتوي على عناصر لها خصائص كيميائية مُتماثلة.

المفتاح

a = العدد الذري
X = الرمز
b = الكتلة الذرية النسبية

المجموعات I II III IV V VI VII VIII

الدورة 1	المجموعة I		المجموعات II-VIII															
الدورة 2	3 Li ليثيوم	4 Be بريليوم																
الدورة 3	11 Na صوديوم	12 Mg ماغنيسيوم																
الدورة 4	19 K بوتاسيوم	20 Ca كالسيوم	21 Sc سكانديوم	22 Ti تيتانيوم	23 V فناديوم	24 Cr كروم	25 Mn منغنيز	26 Fe حديد	27 Co كوبالت	28 Ni نيكل	29 Cu نحاس	30 Zn زنك	31 Ga غاليوم	32 Ge جيرمانيوم	33 As زرنيخ	34 Se سيلينيوم	35 Br بروم	36 Kr كربون
الدورة 5	37 Rb روبيديوم	38 Sr سترونشيوم	39 Y يتريوم	40 Zr زركونيوم	41 Nb نيوبيوم	42 Mo موليبدينوم	43 Tc تكنيشيوم	44 Ru روثينيوم	45 Rh روديوم	46 Pd بالاديوم	47 Ag فضة	48 Cd كادميوم	49 In إنديوم	50 Sn قصدير	51 Sb أنتيمون	52 Te تيلوريوم	53 I يود	54 Xe زينون
الدورة 6	55 Cs سيزيوم	56 Ba باريوم	57-71 La to Lu لانثانوم سيريوم برازيديميوم نيوديميوم بروميثيوم ساماريوم أوروبيوم غادولينيوم تيربيوم ديسبروسيوم هولميوم إيريوم ثوليم إيتربيوم لوتيتيوم	72 Hf هافنيوم	73 Ta تانتالوم	74 W تنگستن	75 Re رينيوم	76 Os أوزميوم	77 Ir إرديوم	78 Pt بلاتين	79 Au ذهب	80 Hg زئبق	81 Tl ثاليوم	82 Pb رصاص	83 Bi بيزموث	84 Po بولونيوم	85 At أستاتين	86 Rn رادون
الدورة 7	87 Fr فرانسيوم	88 Ra راديوم	89-103 Ac to Lr أكتينيوم ثوريوم بروتكتينيوم يورانيوم نبتونيوم بلوتونيوم أميرسيوم كوريوم بيركليوم كاليفورنيوم إينشتاينيوم فيرميوم مانديليفيوم نوبليوم															

57 La لانثانوم 139	58 Ce سيريوم 140	59 Pr برازيديميوم 141	60 Nd نيوديميوم 144	61 Pm بروميثيوم 145	62 Sm ساماريوم 150	63 Eu أوروبيوم 152	64 Gd غادولينيوم 157	65 Tb تيربيوم 159	66 Dy ديسبروسيوم 163	67 Ho هولميوم 165	68 Er إيريوم 167	69 Tm ثوليم 169	70 Yb إيتربيوم 173	71 Lu لوتيتيوم 175
89 Ac أكتينيوم	90 Th ثوريوم	91 Pa بروتكتينيوم	92 U يورانيوم	93 Np نبتونيوم	94 Pu بلوتونيوم	95 Am أميرسيوم	96 Cm كوريوم	97 Bk بيركليوم	98 Cf كاليفورنيوم	99 Es إينشتاينيوم	100 Fm فيرميوم	101 Md مانديليفيوم	102 No نوبليوم	103 Lr لاورنسيوم

تُعرف العناصر التي تنتمي إلى المجموعات من I إلى VIII بأنها عناصر المجموعات الرئيسية Main-group elements.

■ الفلزّات النشطة Reactive metals: الفلزّات الفقيرة 'Poor' metals ■ الالافلزّات Non-metals: وتتضمّن المجموعة VII: الهالوجينات

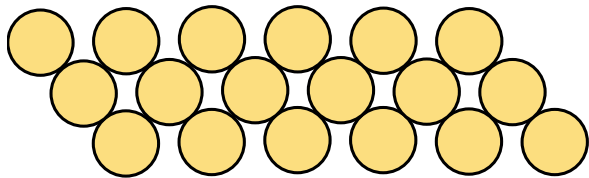
■ العناصر الانتقالية Transition elements: فلزّات صلدة وقوية وكثيفة

■ أشباه الفلزّات Metalloids: وتتضمّن أشباه الغازات النبيلة Noble gases: ذات نشاط شبه معدوم

الشكل ١-٣ الجدول الدوري بأجزائه الرئيسية (تُعطى قيم الكتل الذرية النسبية للعناصر مقربة إلى أقرب عدد صحيح باستثناء الكلور)

الفلزّات والالافلزّات

يوجد في الطبيعة 94 عنصراً، بعضها نادر جداً كالفرانسيوم، العنصر الذي لم يُشاهد من قبل. كما أن بعض الفلزّات المُشعّة، كالنبتونيوم والبلوتونيوم، والتي يتم إنتاجها صناعياً بكميات كبيرة جداً، توجد في الطبيعة بكميات ضئيلة جداً. ويمكن تصنيف معظم العناصر (70 عنصراً) على أنها فلزّات. وهي عبارة عن مجموعة من العناصر ذات تركيب مُتماسك وتمتلك خصائص فيزيائية مُتماثلة.



الشكل ٢-٣ النموذج الجسيمي لعنصر فلزيّ يوضح تراص ذرات الفلزّ في ترتيب مُنتظم

تشغل الفلزّات الجهة اليسرى والوسطى من الجدول الدوري. وتُتصف بأنها صلبة عند درجة حرارة الغرفة (باستثناء الزئبق)، وهي مرنة (قابلة للتشكيل وقابلة



عُنصر الكربون في شكلين مختلفين: الجرافيت والماس



عَيِّنة من عنصر الألومنيوم المُستخدم في صناعة الطائرات والكابلات الكهربائية



عُنصر الذهب مضغوط في سبائك



عَيِّنة من عنصر الكبريت، تستخدم لصنع حمض الكبريتيك الذي هو أساس العديد من المواد الكيميائية، مثل الأصباغ والمبيدات الحشرية

الصورة ٢-٣ صور لعناصر فلزية ولافلزية

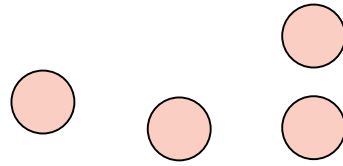
خصائص تجمع بين الفلزّات واللافلزّات، وتُعرف تلك العناصر باسم أشباه الفلزّات (Metalloids، Semi-metals).

يحتوي الجدول الدوري على ثمانية عناصر شبه فلزية، تتميز بامتلاكها خصائص مُشتركة مع الفلزّات كالصلابة واللمعان، كما تتشابه مع اللافلزّات في أنها هشّة وغير موصّلة للحرارة لكنها تُعدّ من أشباه الموصّلات للكهرباء. ويُعتبر عنصر السيليكون من أهم أشباه الفلزّات المعروفة في الوقت الراهن. وهو يدخل في صناعة الكثير من الرقائق الإلكترونية التي تُستخدم في العديد من الصناعات بما في ذلك السيّارات والبناء والطاقة والإلكترونيات (الصورة ٣-٣). ويوضّح الجدول (١-٣) مقارنة بين الخصائص الفيزيائية للفلزّات واللافلزّات.



الصورة ٣-٣ عَيِّنة لعنصر السيليكون، الذي يعدّ المادة الأساسية لصناعة أشباه الموصّلات

أمّا اللافلزّات فتقع في أعلى يمين الجدول الدوري، وهي موادّ عازلة (باستثناء الكربون في شكل جرافيت) وتكون غالباً ذات درجات انصهار وغلّيان منخفضة. وتُظهر العناصر اللافلزية مدى أوسع من الخصائص ما يعكس الاختلافات الكبيرة في أنواع التراكيب البنائية التي تُكوّنها. يُبيّن الشكل (٣-٣) النموذج الجُسيمي لغاز أحاديّ الذرّة.



الشكل ٣-٣ النموذج الجُسيمي لغاز أحاديّ الذرّة (غاز نبيل) وهو عنصر لافلزيّ جسيماته مُتباعدة

يُتيح الجدول الدوري معرفة موقع كلّ من الفلزّات Metals واللافلزّات Non-metals. فنلاحظ وجود خطّ مُتدرّج سميك يفصل بين الفلزّات واللافلزّات كما يظهر في الشكل (٣-١). وهذا يمثّل أحد الاستخدامات المُهمّة للجدول الدوري. فحتّى لو لم نشاهد مُطلقاً أي عَيِّنة من عنصر الهافنيوم Hf، مثلاً، فإن نظرة سريعة نلقينا على الجدول الدوري تكشف لنا أنه فلزّ، وسنكون أيضاً قادرين على تخمين بعض من خصائصه.

وإذا أمعنّت النظر في الشكل (٣-١) تلاحظ أن موادّ كالفولاذ، والبرونز، والنحاس الأصفر (الصّففر) لم تُدرج في الجدول الدوري، رُغم أننا نطلق عليها اسم فلزّات في حياتنا اليومية، وتتشارك في خصائصها مع الفلزّات. وسبب ذلك أنها ليست عناصر نقية، بل هي في الحقيقة سبائك (alloys)، تتكوّن من خليط من عنصرين فلزيّين أو أكثر تدخل أحياناً في تركيب السبائك عناصر لافلزية، كالكربون الذي نجده في الصلب والفولاذ)، وغالباً ما تُصنّع لأغراض مُحدّدة. وتوضّح الصورة (٣-٢) مجموعة صور لعناصر فلزية ولافلزية.

يبدو أن الانتقال من الخصائص الفلزية إلى الخصائص اللافلزية للعناصر ليس فجائياً بالشكل الحادّ والقاطع الذي يُظهره الخطّ المتدرّج السميك المرسوم بين قسمي الجدول الدوري. حيث تُظهر العناصر القريبة من هذا الخطّ المتدرّج

اللافلزات	الفلزات
صُلْبَة Solids أو غازية (باستثناء البروم الذي يكون سائلاً) عند درجة حرارة الغرفة. درجات انصهارها وجليانها في العادة مُنخفضة.	صُلْبَة Solids عادة (باستثناء الزئبق الذي يكون سائلاً) عند درجة حرارة الغرفة. درجات انصهارها وجليانها في العادة مُرتفعة.
معظم اللافلزات طرية (ليّنة) أكثر من الفلزات (باستثناء الماس فهو صلد جداً)، وغالباً ما تكون كثافتها مُنخفضة.	صلدة وكثيفة في العادة.
رديئة التوصيل للكهرباء (باستثناء الجرافيت، وهو من الأشكال التآصلية للكربون التي ستدرسها لاحقاً)، وتميل إلى أن تكون موادّ عازلة.	موصلة جيّدة للكهرباء. (1)
رديئة التوصيل للحرارة بشكل عام.	موصلة جيّدة للحرارة.
معظمها هشّ عندما يكون في الحالة الصلبة.	يمكن تشكيلها بالطرق (قابلة للطرق Malleable). ويمكن سحبها في هيئة أسلاك (قابلة للسحب Ductile).
ألوانها مختلفة. غالباً ما تمتلك سطحاً باهتاً عندما تكون في الحالة الصلبة.	لونها رمادي (باستثناء الذهب والنحاس). ويمكن صقلها (فتصبح لماعة).
ليست رنانة.	يصدر عنها في العادة صوت رنين لدى طرقها (أي إنها رنانة Sonorous)

(1) يُعتمد التوصيل الكهربائي عادة كأبسط اختبار لتصنيف مادة ما أنها فلزية أم لا.

الجدول ١-٣ مقارنة بين الخصائص الفيزيائية للفلزات واللافلزات

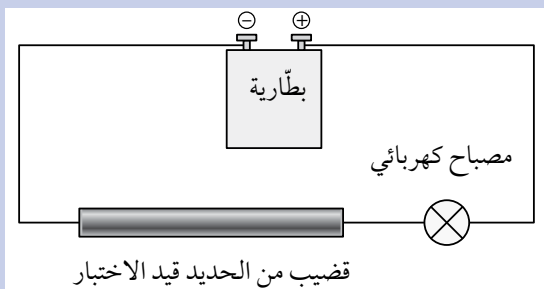
نشاط ١-٣

اختبار الفلزات واللافلزات

المهارات

- يُبين بطريقة عملية المعرفة المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
 - يُخطّط للتجارب والاستقصاءات.
 - يُنجز التجربة ويُسجل الملاحظات والقياسات والتقدير.
 - يُناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويُقيّمها.
- يُعدّ التوصيل الكهربائي الاختبار الرئيسي للتمييز بين الفلزات واللافلزات. يتم تركيب دائرة كهربائية بسيطة باستخدام مصباح كهربائي أو مقياس شدة التيار الكهربائي (الأميتر). ويتم توفير الطاقة بواسطة بطاريات. افحص مجموعة من العناصر الصلبة تتضمن الماغنيسيوم والخارصين والقصدير والحديد والكبريت والجرافيت.

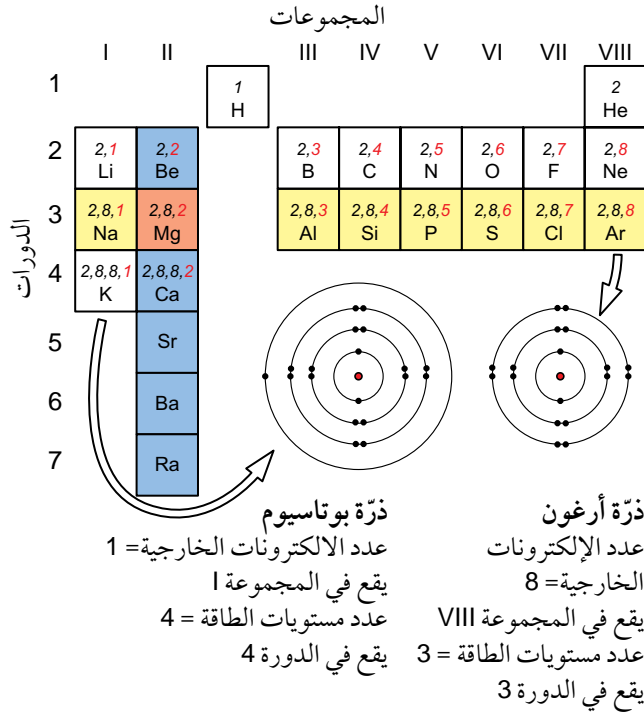
يمكن اختبار أحد العناصر المُثيرة للاهتمام، وهو قلم رصاص شُحذ من طرفيه. اختبر كلاً من الخشب الخارجي و"الرصاص". ضع جدولاً تظهر فيه النتائج للمواد الموصلة والمواد غير الموصلة.



السؤال

- ١ ما الميزة المُشتركة في التركيب البنائي للعينات التي توصل الكهرباء؟

المجموعة VIII. أما ذرة البوتاسيوم فتمتلك إلكترونًا واحدًا في مستوى الطاقة الخارجي الرابع، وهي بالتالي تنتمي إلى المجموعة I والدورة (4).



الشكل ٣-٤: العلاقة بين موقع العنصر في الجدول الدوري والتركيب الإلكتروني لذراته

أسئلة

١-٣ ما الخصائص المشتركة بين جميع الفلزات؟

٢-٣ كم عُصراً في الدورة (1)؟

٣-٣ صنّف الخصائص الآتية في جدول من عمودين: فلزات ولافلزات.

يُعتبر مادة عازلة

قابل للطرق وللتحويل إلى صفائح

يصدر رنيناً عند طرقه

موصّل للحرارة

له سطح باهت اللون

موصّل للكهرباء

التركيب الإلكتروني والجدول الدوري

يمكننا الآن ربط خصائص أي عنصر ربطاً مباشراً بموقعه في الجدول الدوري وبتركيبه الإلكتروني (الشكل ٣-٤). فنلاحظ أنه عند الانتقال عبر الدورة في الجدول الدوري (من اليسار إلى اليمين)، يُضاف إلكترون إلى مستوى الطاقة الخارجي نفسه عند الانتقال من عنصر إلى العنصر الذي يليه. وبذلك تملأ عناصر الدورة الواحدة مستوى الطاقة نفسه، فعناصر الدورة (1) تملأ إلكتروناتها مستوى الطاقة الأول، في حين أن العناصر التي تنتمي إلى الدورة (3) تمتلك ثلاثة مستويات طاقة إلكترونية. وفي المجموعات الرئيسية Main-group تلاحظ أن العناصر التي تنتمي إلى المجموعة نفسها تمتلك العدد نفسه من الإلكترونات الخارجية. فعلى سبيل المثال تمتلك العناصر التي تنتمي إلى المجموعة II إلكترونين في مستوى الطاقة الخارجي. أما العناصر التي تنتمي إلى المجموعة VII فتمتلك سبعة إلكترونات.

فدرة الماغنيسيوم مثلاً تمتلك إلكترونين في مستوى الطاقة الخارجي الثالث، وهي بالتالي تنتمي إلى المجموعة II والدورة (3). وتمتلك ذرة الأرجون مستوى طاقة خارجياً يحتوي على ثمانية إلكترونات، وهي بذلك تنتمي إلى

يرتبط التركيب الإلكتروني Electron arrangements للذرات بموقعها في الجدول الدوري

- تمتلك ذرات العناصر التي تقع في المجموعة نفسها العدد نفسه من الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية وهو ما يمثل رقم المجموعة.
- تتميز عناصر المجموعات الرئيسية، بأن رقم المجموعة هو عدد الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الخارجي لذرات هذه العناصر.
- يمثل رقم الدورة عدد مستويات الطاقة الإلكترونية للعنصر.

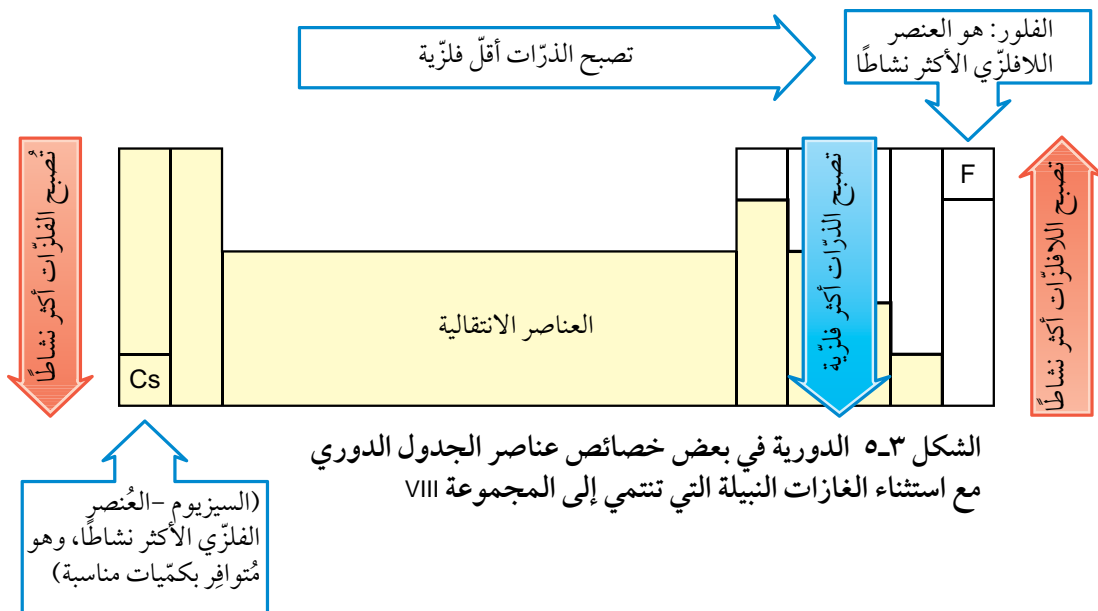
٢-٣ دورية خصائص العناصر في الجدول الدوري

كما ذكرنا سابقاً، فإن موقع العنصر في الجدول الدوري يتيح لنا توقع بعض خصائصه. ولكن هناك أيضاً ما يُميّز ترتيب العناصر في الدورات والمجموعات وهو وجود تدريج واضح لبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية في اتجاهات مُحددة. لنأخذ على سبيل المثال عناصر الدورة (3) التي تبدأ بالصوديوم وتنتهي بالأرغون. ستلاحظ أننا عند تحركنا عبر هذه الدورة تنتقل من العناصر الفلزية إلى شبه الفلزية ثم إلى العناصر اللافلزية. فعنصر الصوديوم هو فلز قلوي نشط، أما الأرغون فهو لافلز غير نشط. ويتوسط الدورة عنصر السيليكون الذي يُصنّف من أشباه الفلزات. ذلك الأمر يجعلك تستنتج انخفاض الصفة الفلزية للعناصر بالانتقال نحو اليمين عبر الدورة.

ويُعدّ النشاط الكيميائي من الخصائص المُهمّة التي تتدرج بشكل دوري أيضاً في مجموعات الجدول الدوري. وتلاحظ في الشكل (٣-٥) أن الفلزات تصبح أكثر نشاطاً كيميائياً كلما اتجهنا إلى أسفل الجدول الدوري، بخلاف اللافلزات التي يزداد نشاطها الكيميائي صعوداً في المجموعة الواحدة.

ويُستفاد من الربط بين التركيب الإلكتروني للعنصر وموقعه في الجدول الدوري في معرفة طبيعة العنصر إن كان فلزاً أو لافلزاً. فالعناصر التي تنتمي إلى المجموعات من 1 إلى 11 والتي تملك ذراتها عدداً قليلاً من الإلكترونات في مستويات الطاقة الخارجية، هي فلزات **Metals** حيث تفقد ذرات هذه العناصر إلكتروناتها الخارجية بسهولة نسبياً مكونةً ("بحراً" من الإلكترونات) الذي يُشكّل الرابطة الفلزية لهذه العناصر (ستتمّ دراستها في الصف العاشر). في المقابل، فإن العناصر التي تملك ذراتها عدداً كبيراً من الإلكترونات الخارجية (المجموعات من IV إلى VII) تُشكّل عادة روابط تساهمية (ستتمّ دراستها في الوحدة الرابعة)، وتكون بالتالي لافلزات **Non-metals**.

ولمّا كانت الإلكترونات الخارجية للذرة هي التي تُحدّد بشكل رئيسي الخصائص الكيميائية لأي عنصر، فإن العناصر التي تنتمي إلى مجموعة واحدة تملك خصائص مُتمثلة. وجدير بالذكر أن هناك تراكيب إلكترونية مُعيّنة أكثر استقراراً من سواها، وهي تلك التي يكون المستوى الخارجي للطاقة فيها "ممتلئاً" بالإلكترونات، وتتمثل في عناصر المجموعة VIII أو الغازات النبيلة **Noble gases** التي تتميز بأنها خاملة جداً كيميائياً (غير نشطة).



أسئلة

- ٤-٣ ما وجه الشبه في التركيب الإلكتروني لذرات الغازات النبيلة؟
- ٥-٣ ما التغيير الذي يحدث في نوع العنصر، عندما نتجه عبر الدورة الواحدة من اليسار إلى اليمين؟
- ٦-٣ من دون الرجوع إلى الجدول الدوري، أ. حدّد الدورة والمجموعة للعنصر ذي التركيب الإلكتروني (1، 8، 8، 2).
- ب. اكتب التركيب الإلكتروني للعنصر الموجود في الدورة (3) والمجموعة V.
- ج. صنّف عُنْصُرَي الْجُزَيْئِيَّتَيْنِ أعلاه (أ) و (ب) كفلزّات أو لافلزّات.

وإذا نظرنا إلى عناصر المجموعة IV نجد عند الانتقال من أعلى المجموعة إلى أسفلها تتغيّر صفة العناصر من لافلزيّة إلى فلزيّة، ونجد عُنْصُرَيْنِ من أشباه الفلزّات يتوسّطان تلك المجموعة (الشكل ٦-٣).

				IV				
				C				غازات
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
				Ge				
				Sn				
				Pb				

تكون جميع العناصر صلبة عند درجة حرارة الغرفة باستثناء Ar و Cl

■ فلزّات
■ أشباه فلزّات
■ لافلزّات

الشكل ٦-٣ الدورية في بعض عناصر الدورة 3، وعناصر المجموعة IV

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- يرتّب الجدول الدوري عناصر الكون وفقاً لزيادة العدد الذري.
- يساعد التركيب الإلكتروني للذرات على تحديد مواقع كل من العناصر الفلزية واللافلزية في الجدول الدوري والتمييز بين خصائصها المختلفة.
- يتألّف الجدول الدوري من مجموعات ودورات ذات تدرّج واضح في الخصائص، وذلك عند الانتقال من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة، أو من اليسار إلى اليمين عبر الدورة.
- تضمّ مجموعة الفلزّات القلوية (المجموعة I) ومجموعة الهالوجينات (المجموعة VII) على التوالي أكثر الفلزّات واللافلزّات نشاطاً.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أكمل الجُمَل الآتية المُتعلِّقة بالجدول الدوري، مُستخدِماً الكلمات في القائمة أدناه:

الجدول الدوري **الإلكترونيات** **فلزّات** **المجموعة** **اليمنى**

..... عبارة عن قائمة تضمّ كل العناصر الكيميائية مُرتّبة وفقاً لزيادة أعدادها الذريّة. تقع العناصر الرئيسية ذات الخصائص المتشابهة في نفسها. ويكون رقم المجموعة مُساوياً لعدد الموجودة في مستوى الطاقة الخارجي للذرة.

مُعظّم العناصر عبارة عن، وهي تشغل الجهة اليسرى والسُّفلى من الجدول الدوري. تشغل اللافلزّات الجهة والعليا من الجدول الدوري.

٢ يحتوي الجدول الآتي على التراكيب الإلكترونيّة لبعض الذرّات الموضّحة بالرموز الافتراضية الآتية:

العنصر	التركيب الإلكتروني
A	2, 8, 8
B	2, 4
C	2, 8, 1
D	2, 8, 8, 2
E	2, 6

اذكر الرمز المُناسب لكلِّ ممّا يأتي:

- عنصرٌ من المجموعة ١.
- عنصران من الدورة نفسها.
- عنصران فلزيّان.
- ثلاثة عناصر لافلزيّة.
- عنصر حامل.

٣ اكتب المصطلحات التالية وطابقها مع تعريفها.

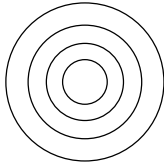
الجدول الدوري	توجد هذه العناصر إلى يسار ووسط الجدول الدوري وتكون لامعة وموصّلة للكهرباء.
الفلزّات	عمود في الجدول الدوري.
اللافلزّات	توجد هذه العناصر إلى يمين وأعلى الجدول الدوري وتكون عازلة للكهرباء.
المجموعة	صف أفقي في الجدول الدوري.
الدورة	طريقة لتصنيف العناصر.

٤ يوضح الشكل أدناه صفًا أفقيًا من الجدول الدوري.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
----	----	---	---	---	---	---	----

- أ. ما رقم الدورة التي ينتمي إليها هذا الصف في الجدول الدوري؟
 ب. أجب عن الأسئلة الآتية، مُستخدماً فقط العناصر الواردة في الصف الأفقي أعلاه. يمكنك استخدام العنصر مرة واحدة أو أكثر من مرة، وقد لا تستخدمه على الإطلاق.
 ١. سمِّ العنصر الذي ينتمي إلى مجموعة الهالوجينات.
 ٢. أكتب رموز العناصر الفلزية الواردة في هذا الصف.
 ج. ما وجه الشبه في التركيب الإلكتروني لهذه العناصر؟

٥ يمتلك عنصر البوتاسيوم، K، عدداً ذرياً يساوي 19.



أ. ارسم، مستخدماً الشكل المقابل، التركيب الإلكتروني الكامل لذرة البوتاسيوم.

ب. حدّد رقم الدورة التي ينتمي إليها هذا العنصر.

ج. اشرح كيف يمكنك، بالاعتماد على التركيب الإلكتروني لهذا العنصر، تحديد المجموعة التي ينتمي إليها في الجدول الدوري.

٦ حدّد من دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة للذرات ذات التركيب الإلكتروني الآتي:

- أ. (2, 8, 2) ب. (2, 8, 6) ج. (2, 3)

٧ اكتب التركيب الإلكتروني لكل من:

أ. عُنصر في المجموعة II والدورة 4.

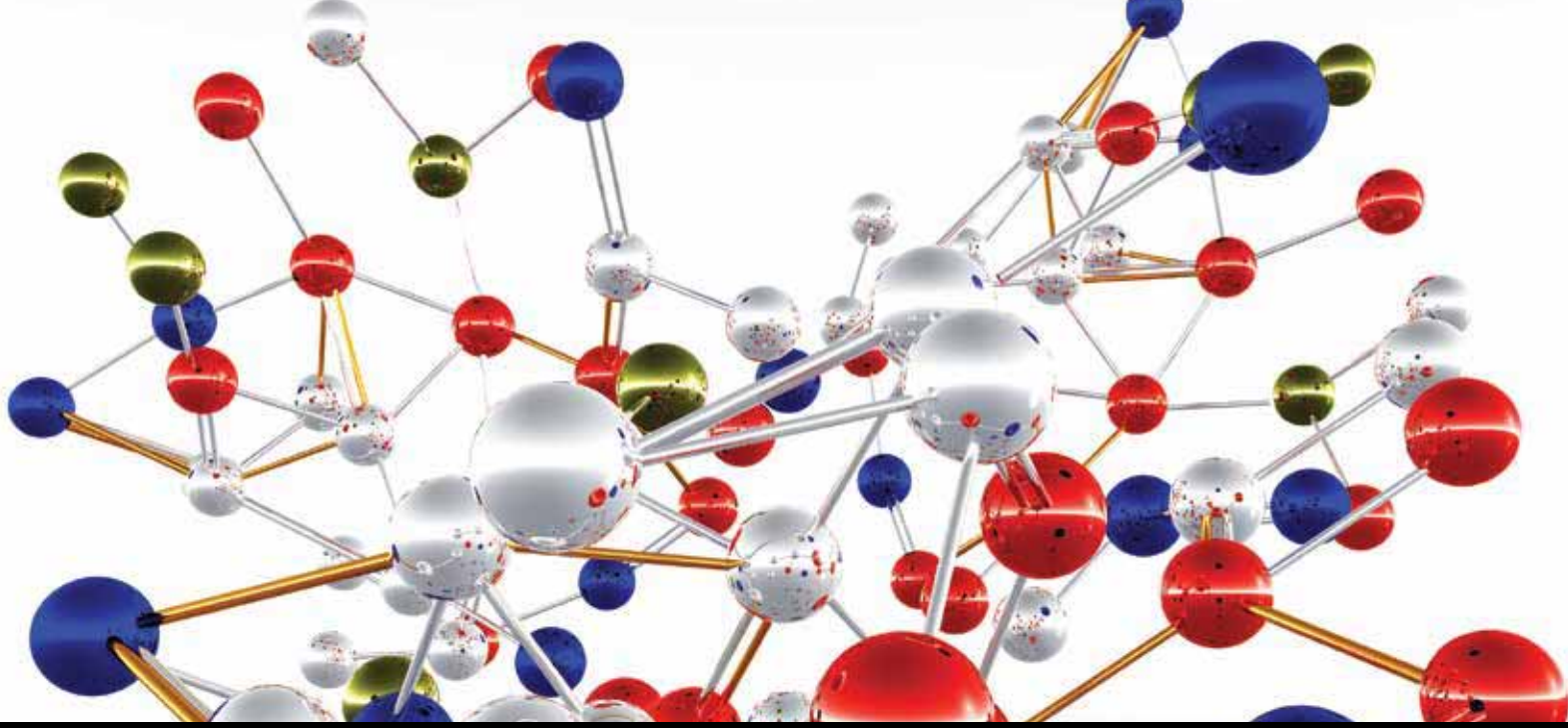
ب. غاز نبيل في الدورة الثانية.

٨ بالعودة إلى الجدول الدوري، سمِّ كلاً من العناصر المذكورة في السؤالين ٦ و ٧ واكتب رمزه. ثم صنّف تلك العناصر كفلزات ولافلزات.

٩ أيهما أكثر أهمية بعد تحديد مجموعة عنصر ما، خصائص العنصر أم تركيبه الإلكتروني؟ فسّر إجابتك.

١٠ اكتب من دون الرجوع إلى الجدول الدوري، التركيب الإلكتروني الخارجي لعنصر من المجموعة VII والدورة 2. وحدّد طبيعته (فلزي، أو لافلزي أو شبه فلزي) واذكر اسم المجموعة التي ينتمي إليها.

١١ اكتب من دون الرجوع إلى الجدول الدوري، التركيب الإلكتروني الخارجي لعنصر من المجموعة VIII والدورة 3. ما اسم المجموعة التي ينتمي إليها هذا العنصر؟ اذكر خاصية فيزيائية له، وأخرى كيميائية.



الوحدة الرابعة

الروابط الكيميائية Chemical Bondings

تُغطّي هذه الوحدة:

- الروابط الكيميائية وأهمّيّتها
- الرابطة الأيونية
- الرابطة التساهمية
- صيغ المُركّبات الأيونية والتساهمية
- الأشكال البنائية المختلفة للكربون
- الجزيئات الضخمة

معاً. فالماء مثلاً يتكوّن من الهيدروجين والأكسجين، إذ يحتوي كل جُزيء ماء على ذرّتي هيدروجين مرتبّطتين بذرّة أكسجين واحدة.

ويوجد نوعان رئيسيان من الروابط التي تجعل المُركّبات متماسكة: النوع الأول هو الرابطة الأيونية التي تنتج عن انتقال الإلكترونات من ذرّة إلى أخرى. والنوع الثاني، هو الرابطة التساهمية التي تتضمّن عملية تشارك في الإلكترونات بين الذرّات.

٤-١ الروابط الكيميائية وأهمّيّتها

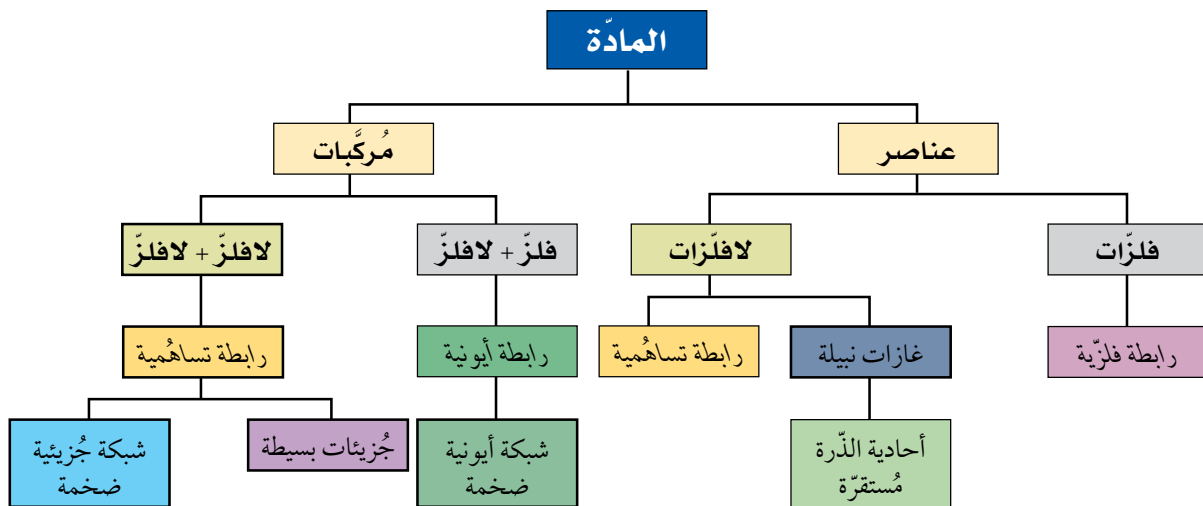
تندمج العناصر المختلفة معاً لتكوّن مجموعة واسعة ومتنوّعة من المُركّبات التي تُشكّل عالمنا. وإذا نظرت حولك ستلاحظ تنوعاً كبيراً للمُركّبات، ستجد منها مواد خاملة ومُقاومة للحرارة وأخرى شديدة الانفجار، كما أن هناك جزيئات سامة قاتلة وأخرى تُمثّل جزيئات الحياة. تتكوّن المُركّبات نتيجة للترابط الكيميائي بين ذرّاتها. وتُظهر المُركّبات البسيطة، مثل الماء والأمونيا والميثان، التنوّع الذي يمكن تحقيقه عندما تندمج ذرّات العناصر

لافلزاً تنتج عن نوع مختلف من الترابط. في هذا الترابط تنتقل الإلكترونات، وينتج عن هذا الانتقال جسيمات ذات شحنات متعاكسة تُعرف بالأيونات. ويؤدي تكوينها إلى نوع مختلف من الروابط الكيميائية يُسمى: الرابطة الأيونية **Ionic bond**

الروابط في العناصر والمركبات

- تتربط ذرات العناصر الفلزية واللافلزية بواسطة الرابطة الأيونية **Ionic bonding** التي تنشأ بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة لتشكّل المركبات.
- تتربط ذرات العناصر اللافلزية بواسطة الرابطة التساهمية **Covalent bonding**، ممّا يؤدي إلى تشكّل جزيئات بسيطة **Simple molecules** كجزيئات العناصر الغازية مثل O_2 أو جزيئات المركبات التساهمية البسيطة مثل HCl .
- تتربط الأيونات في الرابطة الأيونية بواسطة قوى جذب كهروستاتيكية شديدة **Electrostatic forces**، فتكوّن شبكات أيونية ضخمة **Giant ionic lattices** في البلورات الصلبة.
- عند بعض المركبات (SiO_2 على سبيل المثال) يمكن أن تؤدي الرابطة التساهمية إلى تكوين شبكات تساهمية ضخمة **Giant covalent lattices**.

يبيّن الشكل (٤-١) تمثيلاً بيانياً مُختصراً لأنواع الروابط الموجودة في العناصر والمركبات الكيميائية البسيطة والضحمة.



الشكل ٤-١ ملخص عام للروابط في العناصر والمركبات

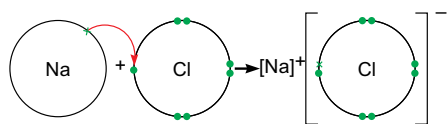
يحدث الترابط الكيميائي **Chemical bonding** عن طريق الإلكترونات الخارجية لكل ذرة. فإذا تأملنا مجموعة من المواد نلاحظ أن الإلكترونات الخارجية للذرات المكوّنة لها هي التي تُحدّد نوع الترابط الذي يجعل التركيب متماسكاً. وما التنوع الذي نشاهده في العالم المادي إلا بسبب اختلاف الطرائق التي ترتبط بها الذرات معاً.

تترابط الذرات فيما بينها لتُحقّق التركيب الإلكتروني الأكثر استقراراً. وذلك يعني أن مستويات الطاقة الخارجية للذرات المُشاركة في الترابط الناتج تصبح "ممتلئة" بالإلكترونات لتمتلك بالتالي تركيباً إلكترونياً مماثلاً للغاز النبيل الأقرب إليها في الجدول الدوري (في الدورة نفسها أو في الدورة التي تسبقها مباشرة). فمثلاً عناصر كالأكسجين (O_2) والهيدروجين (H_2)، لا توجد على شكل ذرات منفردة، بل تكوّن جزيئات ثنائية الذرات **Diatomc molecules**، لتكون أكثر استقراراً. وواقع الأمر أن العناصر الوحيدة المكوّنة من ذرات مُنفردة تتحرّك بشكل شبه مُستقلّ بعضها عن بعض هي الغازات النبيلة، عناصر المجموعة (VIII). فهذه العناصر هي التي يكون التركيب الإلكتروني لذراتها الأكثر استقراراً، ولهذا السبب لا تتحد ذراتها معاً.

من المعروف أن معظم ذرات العناصر تتحد لتكوّن مركبات عن طريق أنواع مختلفة من الروابط. فالعناصر اللافلزية تتربط ذراتها برابطة تساهمية **Covalent bond** في حين أن المركبات التي تتكوّن من جزئين أحدهما فلز والآخر

التركيب الإلكتروني لذرة الأرجون (2,8,8). كما أنه يملك شحنة سالبة، لأن عدد إلكتروناته (18) وهو أكبر من عدد البروتونات الموجودة في نواته (17).

تكون الأيونات الموجبة والأيونات السالبة في مركب كلوريد الصوديوم مترابطة بفضل التجاذب الكهروستاتيكي الشديد بين الشحنات المتعاكسة (الشكل ٤-٤).



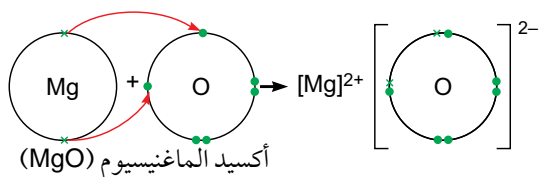
كلوريد الصوديوم (NaCl)

الشكل ٤-٤ انتقال الإلكترون من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم

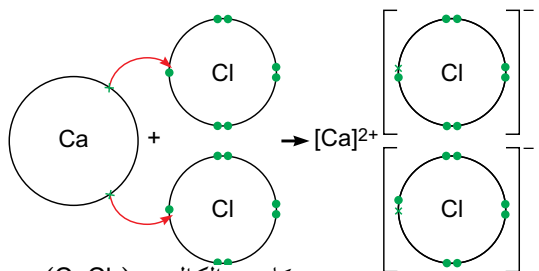
يمكن لذرات الفلزات أيضاً تكوين أيونات ثنائية أو ثلاثية موجبة وذلك عن طريق فقد إلكترونين أو ثلاثة إلكترونات، كما يمكن لذرات اللافلزات كسب أكثر من إلكترون واحد. وفي جميع الأحوال تسعى تلك الذرات للوصول إلى الاستقرار باكمال مستوى الطاقة الخارجي.

لذا عليك أن تكون أكثر انتباهاً عند تمثيل الرابطة الأيونية لعناصر أخرى فلزية ولافلزية.

يبيّن (الشكل ٤-٥) مثالين على تلك المركبات.



أكسيد المغنيسيوم (MgO)



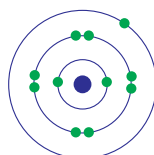
كلوريد الكالسيوم (CaCl₂)

الشكل ٤-٥ مخططات تبين تشكّل الروابط الأيونية في كل من أكسيد المغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم.

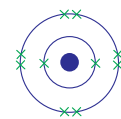
الرابطة الأيونية - المركبات الأيونية

تتضمّن المركّبات المكوّنة من الفلزّات واللافلزّات، في العادة، نوعاً من الروابط يعتمد على عملية انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى. حيث تؤدي هذه العملية إلى تشكّل أيونات موجبة (كاتيونات) وأخرى سالبة (أنيونات). فتتربط تلك الأيونات المشحونة بشحنات متعاكسة بفضل قوى التجاذب القائمة بينها.

أشهر مثال على مركّب تشكّل فيه رابطة أيونية هو كلوريد الصوديوم. ذلك أن ذرة الصوديوم، التي تملك التركيب الإلكتروني (2,8,1)، تفقد إلكترونها الوحيد الذي يشغل مستوى الطاقة الخارجي لتشكّل أيون الصوديوم الموجب (Na⁺) (الشكل ٤-٢). عندئذ يكون أيون الصوديوم قد امتلك التركيب الإلكتروني المُستقرّ لذرة النيون (2,8)، وهو العنصر الذي يسبق الصوديوم مباشرة في الجدول الدوري. وتصبح الذرة أيوناً ذا شحنة أحادية موجبة، لامتلاكه 10 إلكترونات في المجمل، ووجود 11 بروتوناً في نواته. أما الإلكترون الذي فقدته ذرة الصوديوم فينتقل إلى ذرة الكلور.



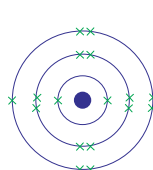
ذرة صوديوم Na [2,8,1]



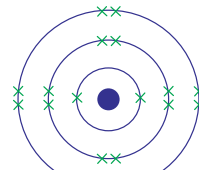
أيون صوديوم Na⁺ [2,8]

الشكل ٤-٢ تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا لتكوّن أيون صوديوم

تكتسب ذرة الكلور، التي تملك التركيب الإلكتروني (2,8,7)، إلكترونًا واحدًا مصدره ذرة الصوديوم، فتكوّن أيون كلوريد سالبًا (Cl⁻) (الشكل ٤-٣). وهذا الأيون يملك



ذرة الكلور [2,8,7]



أيون كلوريد [2,8,8]

الشكل ٤-٣ تكتسب ذرة الكلور إلكترونًا واحدًا لتكوّن أيون كلوريد

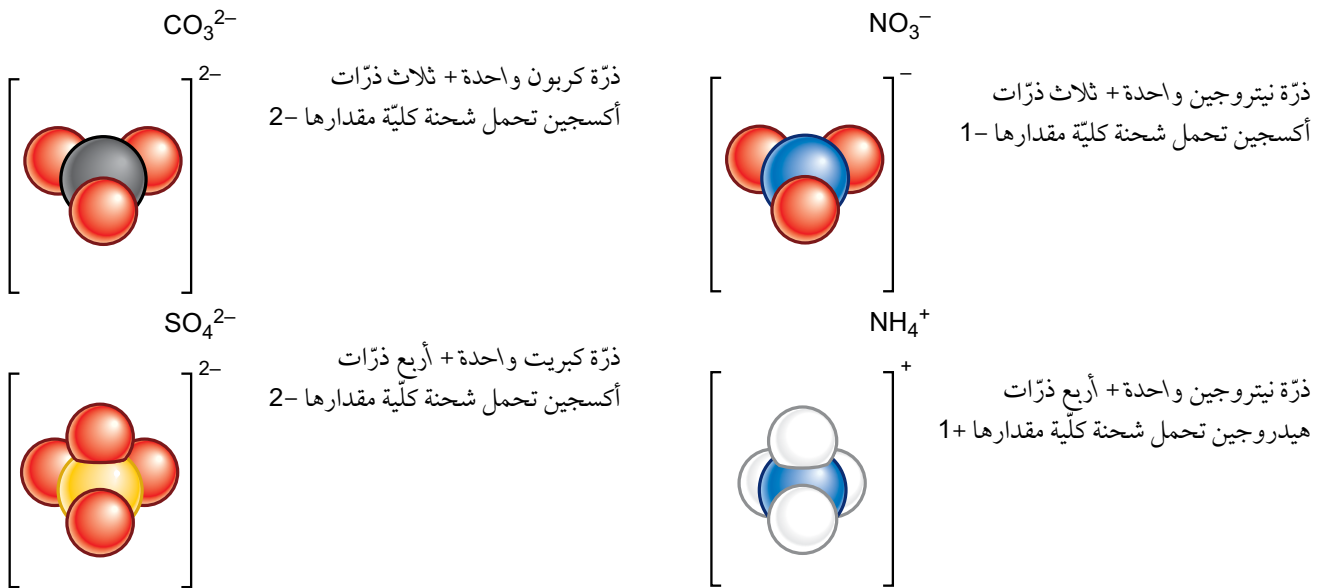
الرابطة الأيونية

- تفقد ذرات الفلز إلكتروناتها الخارجية لتكوّن أيونات موجبة (كاتيونات Cations).
- يكون عدد الشحنات الموجبة على أيون الفلزّ مساوياً لعدد الإلكترونات المفقودة.
- تكسب ذرات اللافلزات الإلكترونات لتصبح أيونات سالبة (أيونات Anions)، وكذلك يكسب الهيدروجين الإلكترونات مكوناً أيون هيدريد (H^-).
- يكون عدد الشحنات السالبة على أيون اللافلزّ مساوياً لعدد الإلكترونات المكتسبة.
- في كلتا الحالتين، تمتلك الأيونات المتكوّنة ترتيباً إلكترونياً أكثر استقراراً. ويكون هذا الترتيب في العادة مُشابهاً لترتيب ذرات الغاز النبيل الأقرب إلى العنصر.
- تتشكّل الروابط الأيونية نتيجة التجاذب الشديد بين الأيونات ذات الشحنات المتعاكسة.

المجموعات الأيونية

تتكوّن المركّبات الأيونية التي تمّ ذكرها حتى الآن من أيونات بسيطة، مثل Na^+ ، K^+ ، Mg^{2+} ، Cl^- ، O^{2-} . كما يندمج أيون الفلزّ في كثير من المركّبات الأيونية المهمّة مع أيون سالب يحتوي على مجموعة من الذرات (مثل NO_3^- ، SO_4^{2-} ، CO_3^{2-}). وتتكوّن تلك المجموعات الأيونية **Ionic groups** من ذرات مُترابطة بروابط تساهمية، وتحمل شحنة كلية

تتشكّل تركيباً مُستقرّاً. وقد أُدرجت بعض الأمثلة على تلك المجموعات في (الشكل ٤-٦)، كما يحتوي هذا الشكل أيضاً على مجموعة أيونية مهمّة تحمل شحنة موجبة هي أيون الأمونيوم NH_4^+ . يُقدّم (الجدول ٤-١) ملخصاً لبعض الأيونات البسيطة والمجموعات الأيونية.



الشكل ٤-٦ ثلاثة أمثلة على مجموعات أيونية تحمل شحنة سالبة ومثال على مجموعة أيونية تحمل شحنة موجبة

المجموعات الأيونية		أيونات اللافلزات البسيطة		أيونات الفلزات البسيطة (+)	التكافؤ*
(-)	(+)	(-)	(+)		
هيدروكسيد، OH^-	أمونيوم، NH_4^+	هيدريد، H^-	البروتون (كاتيون الهيدروجين)، H^+	صوديوم، Na^+	1
نترات، NO_3^-		كلوريد، Cl^-		بوتاسيوم، K^+	
كربونات هيدروجينية، HCO_3^-		بروميد، Br^-		فضة، Ag^+	
		يوديد، I^-		نحاس (I)، Cu^+	
كبريتات، SO_4^{2-}		أكسيد، O^{2-}		ماغنيسيوم، Mg^{2+}	2
كربونات، CO_3^{2-}		كبريتيد، S^{2-}		كالسيوم، Ca^{2+}	
				خارصين، Zn^{2+}	
				حديد (II)، Fe^{2+}	
				نحاس (II)، Cu^{2+}	
فوسفات، PO_4^{3-}		نيتريد، N^{3-}		ألومنيوم، Al^{3+}	3
				حديد (III)، Fe^{3+}	

* التكافؤ هو عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة
** هذا الأيون، على عكس باقي الأيونات، غير موجود عملياً، في الحالة الحرة.

الجدول ١-٤ بعض الأيونات البسيطة والمجموعات الأيونية الشائعة

في جُزيء الفلور تُشارك كل ذرة فلور بإلكترون واحد ليكمل المُستوى الخارجي لها بثمانية إلكترونات، وهو التركيب الإلكتروني نفسه للنيون، وهو أقرب غاز نبيل إلى الفلور. تذكر أن التركيب الإلكتروني للنيون مستقرٌ. فذرات النيون لا تشكّل جُزيئات (Ne_2).

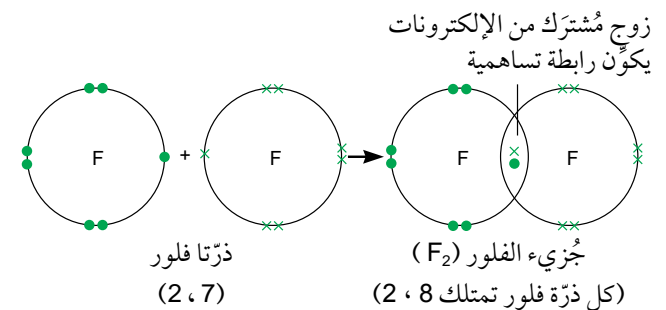
يُعرف تشارك الإلكترونات بهذه الطريقة باسم **الرابطّة التساهميّة Covalent bond**. وتقع إلكترونات الرابطّة غالباً بين نواتي الذرتين. ويمكن رسم زوج إلكترونات الرابطّة المشتركة في هيئة خط واحد مفرد يصل بين الذرتين. يطلق على الرابطّة التي تنتج عن التشارك في زوج واحد من الإلكترونات تسمية الرابطّة التساهميّة الأحادية.

الرابطّة التساهميّة الأحادية

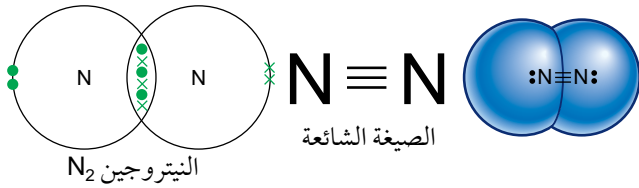
- تتشكّل الرابطّة من تشارك ذرتين بزوج من الإلكترونات.
- تُسهم كل ذرة بإلكترون واحد لكل رابطّة.
- تتشكّل الجُزيئات من الذرات المُترابطة بروابط تساهميّة.

الروابط في اللافلزات – الرابطّة التساهميّة الروابط التساهميّة في العناصر

يوجد الفلور عادة في هيئة جُزيئات ثنائية الذرات (F_2). وفيه ترتبط ذرتان معاً من خلال تشاركهما في الإلكترونات. وتتداخل مُستويات الطاقة مُكوّنة الجُزيء (الشكل ٤-٧).



الشكل ٤-٧ يتكوّن جُزيء الفلور عند تشارك الذرتين في الإلكترونات. ويمكن استخدام النموذج الجُزيئي لإظهار تداخل الذرات

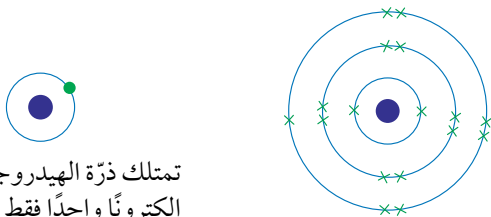


الشكل ٩-٤ التركيب البنائي لجزيئات النيتروجين (N_2)، يحتوي جزيء النيتروجين على رابطة ثلاثية.

الروابط التساهمية في المركبات

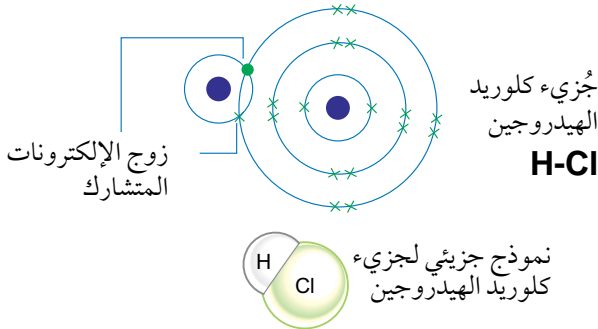
وكما هي الروابط في حالة العناصر التي ذكرناها من قبل، كذلك هي الروابط التي تتشكل بين ذرات اللافلزات المختلفة في المركبات التساهمية، تتكون من عملية التشارك في الإلكترونات بين الذرات.

يتطلب تكوين جزيء كلوريد الهيدروجين (HCl) تشارك ذرتي الهيدروجين والكلور في زوج واحد من الإلكترونات (الشكل ١٠-٤).



إذا تشاركت الذرتان في زوج واحد من الإلكترونات:

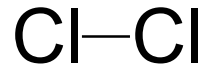
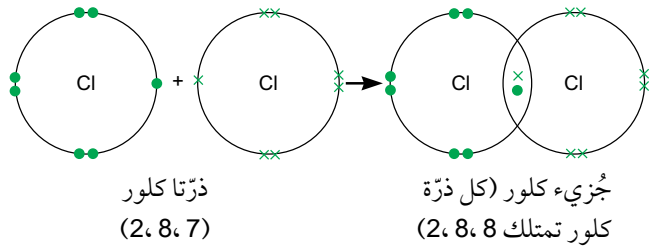
ويمكن لذرة الهيدروجين أن تملأ مستوى طاقتها الأول
ويمكن لذرة الكلور أن تملأ مستوى طاقتها الثالث



الشكل ١٠-٤ تشارك ذرتا الهيدروجين والكلور بزواج واحد من الإلكترونات لتكوين جزيء كلوريد الهيدروجين

يُشكّل كثير من العناصر اللافلزية جزيئات ثنائية الذرات. إلا أن العناصر كلها، (عدا الهيدروجين)، تتشكل الروابط بهدف الوصول إلى ثمانية إلكترونات لمستويات الطاقة الخارجية، كالغازات النبيلة، (عدا الهيليوم). وهكذا تُشكّل الهالوجينات (عناصر المجموعة VII) جزيئات تساهمية.

يتم الترابط بين ذرتي الهالوجين (بين ذرتي كلور هنا) عبر رابطة تساهمية أحادية. حيث تستخدم مثل هذه الرابطة إلكترونين اثنين، واحدًا من كل ذرة (الشكل ٨-٤).



الصيغة الشائعة

الشكل ٨-٤ تتشكل الرابطة التساهمية في جزيئات الكلور (Cl_2). حيث تكسب كل ذرة إلكترونًا واحدًا في عملية التشارك للوصول إلى ثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

ولكن يجب أن نتذكر أننا عندما نرسم مخططات توضّح تدخّل مستويات الطاقة الخارجية للذرات، نَظهِر الإلكترونات الخارجية فقط. وسبب ذلك أن الإلكترونات الداخلية لا تشارك في هذا الترابط. وهكذا تكسب كل ذرة الإلكترونات في عملية التشارك، ويصبح لديها ثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

عندما تتشكل جزيئات الأكسجين (O_2) أو النيتروجين (N_2)، يُستخدم المزيد من الإلكترونات في عملية الترابط، لكي تكسب الذرات ثمانية إلكترونات. وتترابط هذه الذرات برابطة تساهمية ثنائية (O_2) أو برابطة تساهمية ثلاثية (N_2) (الشكل ٩-٤). وتُسمى روابط تساهمية مُتعدّدة.

وفي كل حالة يتماثل عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي للذرات بين كل عُنصر والغاز النبيل الأقرب إليه في الجدول الدوري.

وتوضِّح الأمثلة المبيَّنة في الشكل (٤-١١) طرائق مختلفة لتمثيل عملية التشارك تلك، كما توضِّح كيف تتوافق صيغة المُركَّب مع أعداد كل نوع من الذرات الموجودة في الجُزيء.

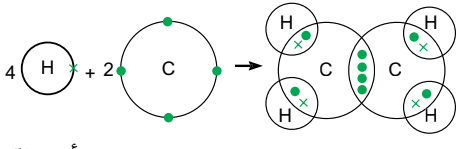
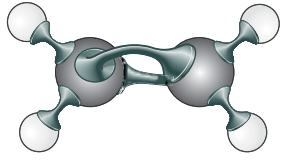
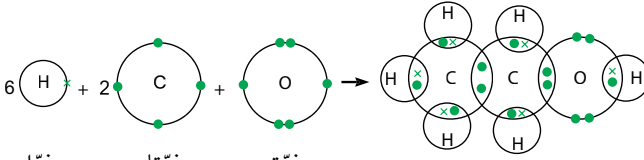
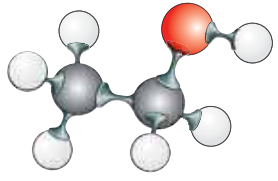
حيث يُشكِّل جُزيء الماء والأمونيا والميثان روابط أحادية، كما تكوّن مركبات أخرى كثاني أكسيد الكربون روابط ثنائية. إذ يرتبط جُزيء ثاني أكسيد الكربون بوساطة رابطتين ثنائيَّتين بين ذرَّة كربون وذرَّتَي أكسجين. ويبين الشكل (٤-١٢) أمثلة أخرى على الروابط في المُركَّبات.

لنلاحظ!

تدرَّب على رسم المُخطَّطات لكل من الروابط التساهمية الأيونية. عندما ترسم مُخطَّطات للرابطة الأيونية تأكَّد من أنك تتذكَّر وضع الشحنات خارج الأقواس على كل أيون.

المُركَّب	تكوّن الرابطة	الصيغة الشائعة	النموذج الجُزيئي
الميثان CH ₄	<p>أربع ذرَّات هيدروجين (1) واحدة (2، 4) ذرَّة كربون جُزيء ميثان</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	
الأمونيا NH ₃	<p>ثلاث ذرَّات هيدروجين (1) ذرَّة نيتروجين واحدة (2، 5) جُزيء أمونيا</p>	$\begin{array}{c} \ddot{\text{N}} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	
الماء H ₂ O	<p>ذرَّتا هيدروجين (1) ذرَّة أكسجين واحدة (2، 6) جُزيء ماء</p>	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{O}}: \\ \\ \text{H} \end{array}$	
ثاني أكسيد الكربون CO ₂	<p>ذرَّتا أكسجين (2، 6) ذرَّة كربون واحدة (2، 4) جُزيء ثاني أكسيد الكربون (CO₂)</p>	$\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}:$	

الشكل ٤-١١ أمثلة على تكوين جُزيئات تساهمية بسيطة

المركب	تكوّن الرابطة	الصيغة الشائعة	النموذج الجزيئي
الإيثين C_2H_4	 <p>جزيء إيثين (C_2H_4) ذرتا كربون (2، 4) أربع ذرات هيدروجين (1)</p>	$H_2C=CH_2$	
الإيثانول C_2H_5OH	 <p>جزيء إيثانول (C_2H_5OH) ذرتا كربون (2، 4) ذرة أكسجين (2، 6) ست ذرات هيدروجين (1)</p>	$H-C-C-O-H$	

الشكل ٤-١٢ تكوين جزيئات الإيثين والإيثانول

مصطلحات علمية

مُتعاكسة (أنيونات وكاتيونات). ينتج عن هذه الرابطة مركبات أيونية **Ionic compounds**.

الرابطة التساهمية **Covalent Bond**. هي الرابطة التي تنشأ من التشارك في زوج واحد من الإلكترونات أو أكثر بين ذرتين. ينتج عن هذه الرابطة مركبات تساهمية **Covalent compounds**.

■ الأنيون **Anions**: الذرة التي اكتسبت إلكترونًا واحدًا أو أكثر (الأيون السالب).

■ الكاتيون **Cations**: هو الذرة التي فقدت إلكترونًا واحدًا أو أكثر (الأيون الموجب).

■ الرابطة الأيونية **Ionic bond**. هي الرابطة التي تنشأ من التجاذب الكهروستاتيكي الشديد بين أيونات ذات شحنات

أسئلة

١-٤ ما نوع الرابطة التي تتشكل بين أزواج العناصر الآتية؟
أ. الكبريت والكلور

ب. الكربون والأكسجين

ج. الماغنيسيوم والنيتروجين

٢-٤ لماذا تكتب صيغة الهيدروجين دائمًا على الشكل H_2 ؟

٣-٤ ما القوة المسؤولة عن ترابط الصوديوم والكلور في مركب كلوريد الصوديوم؟

٤-٤ ارسم مخططات التمثيل للروابط التساهمية في العناصر والمركبات الآتية (مبينًا فقط الإلكترونات الخارجية للذرات):

أ. غاز الهيدروجين ب. الماء
ج. الأمونيا د. الميثان

٥-٤ ارسم مخططات التمثيل النقطي للروابط الأيونية في المركبات الآتية:

أ. كلوريد الصوديوم ب. فلوريد الليثيوم
ج. أكسيد الماغنيسيوم د. كلوريد الكالسيوم

٦-٤ يمتلك مركب كربونات الصوديوم روابط أيونية وأخرى تساهمية. فسّر ذلك.

نشاط ٤-١

نمذجة الرابطة في المركبات التساهمية

المهارات:

- يُبين بطريقة عملية المعرفة المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والأدوات (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- ينجز التجربة ويسجل الملاحظات والقياسات والتقديرات.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات وقيّمها.

الطريقة

- ١ ستصمم في هذا النشاط نماذج جزيئية لبعض العناصر والمركبات. (كلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون والأمونيا والميثان). مع التركيز على نوعية الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية المتشكلة في الجزيئات.
- ٢ استخدم النماذج التي صممتها لمساعدتك في إكمال الجدول التالي مع رسم التراكيب البنائية لهذه العناصر والمركبات.

رسم التركيب البنائي	الصيغة	العنصر/ المركب
	H ₂	الهيدروجين
	Cl ₂	الكلور
	O ₂	الأكسجين
	N ₂	النيتروجين
	H ₂ O	الماء
	HCl	كلوريد الهيدروجين
	NH ₃	الأمونيا
	CH ₄	الميثان
	C ₂ H ₄	الإيثين

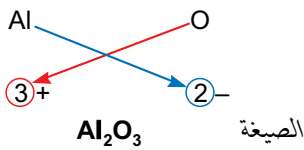
العنصر/ المُركَّب	الصيغة	رسم التركيب البنائي
ثاني أكسيد الكربون	CO ₂	
الإيثانول	C ₂ H ₅ OH	
حمض الإيثانويك	CH ₃ COOH	

٤-٢ الصيغ الكيميائية

وتكون صيغة المُركَّب MgCl₂. ولا بُدَّ من أن يكون التركيب مُتعادلاً لا يحمل شحنة، حيث تُوازن الشحنات الموجبة الشحنات السالبة.

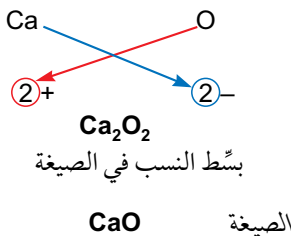
وتكون قيمة الشحنة الموجودة على الأيون مقياساً لتكافئه، أو قوّة اندماجه، (الجدول ٤-٢). إذ يمكن لأيونات Mg²⁺ أن تندمج مع أيونات Cl⁻ بنسبة 2:1، في حين ترتبط أيونات Na⁺ فقط بنسبة 1:1 مع أيونات Cl⁻. ويمكن استخدام فكرة التكافؤ **Valency** للتأكد من أنك تستخدم دائماً الصيغة الصحيحة للمُركَّب الأيوني. ادرس الأمثلة المطروحة أدناه لكل من أكسيد الألومنيوم وأكسيد الكالسيوم، وتأكد من فهمك لكيفية إجراء ذلك.

صيغة أكسيد الألومنيوم



اكتب الرموز الصحيحة للعناصر.
اكتب الشحنات على الأيونات.
مبادلة الشحنات

صيغة أكسيد الكالسيوم



اكتب الرموز الصحيحة للعناصر.
اكتب الشحنات على الأيونات.
مبادلة الشحنات

إن اعتماد "الاختصار" الكيميائي لتمثيل العناصر الكيميائية، باستخدام رموزها، يساعد كثيراً في تبسيط عملية تدريس الكيمياء وجعل هذه المادة أكثر سلاسة وقبولاً لدى الطلاب. وخاصة عند تطبيق هذا الاختصار لتمثيل أي من العناصر أو المُركَّبات باستخدام صيغته الكيميائية **Chemical formula**.

ويمكن كتابة صيغ المُركَّبات التي تتضمن الأيونات المُدرّجة في الجدول (٤-١) بسهولة إذا عرفنا أن الشحنة الكلية للصيغة تساوي الصفر، وأن الشحنة الموجبة الكلية يجب أن تساوي الشحنة السالبة الكلية.

صيغ المُركَّبات الأيونية

تكون المُركَّبات الأيونية في الحالة الصلبة عند درجة حرارة العُرفة. وتتمثل صيغها ببساطة في نسبة الأعداد الصحيحة لأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة الموجودة في تركيب المادة. فعلى سبيل المثال يحتوي مُركَّب كلوريد الماغنيسيوم على أيونين من الكلوريد (Cl⁻) لكل أيون ماغنيسيوم (Mg²⁺):

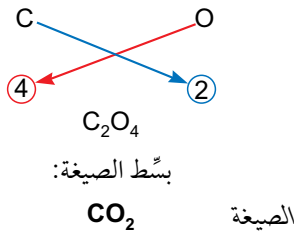
Mg ²⁺	Cl ⁻	الأيونات الموجودة
	Cl ⁻	
2+	2-	الشحنة الكلية

صيغ المركبات التساهمية

يمكن استخدام مبدأ التكافؤ أو قوة الاندماج لمعرفة صيغ المركبات التساهمية **Covalent compounds**. فتكافؤ الذرة هنا يُمثل عدد الروابط التساهمية الأحادية التي يمكن أن تُكوّنها تلك الذرة. ويمكن تطبيق طريقة التقاطع هنا لإيجاد الصيغ الكيميائية على المركبات التساهمية في حالتين اشتين هما:

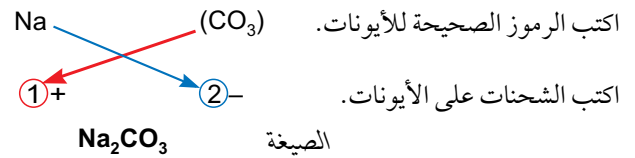
- حالة الجزيئات البسيطة التي تمتلك ذرة مركزية مثل الماء والميثان وثاني أكسيد الكربون والأمونيا:

صيغة ثاني أكسيد الكربون



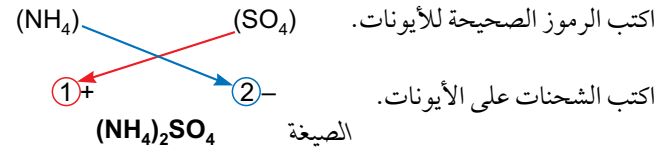
يتم تطبيق القواعد نفسها عند كتابة صيغ المركبات الأيونية التي تحتوي على مجموعات أيونية؛ لأن كلاً من تلك المجموعات تمتلك شحنة كلية (الجدول ٤-٢). ومن المفيد وضع صيغة المجموعة الأيونية بين قوسين للتأكيد أنها ثابتة. فعلى سبيل المثال تكون صيغة أيون الكربونات دائماً على هيئة CO_3^{2-} . طبق القواعد السابقة نفسها مع مثالي: كربونات الصوديوم وكبريتات الأمونيوم.

صيغة كربونات الصوديوم



يمكن الاستغناء عن الأقواس عندما يكون عدد المجموعة الأيونية واحداً فقط

صيغة كبريتات الأمونيوم



النسبة	الشق الأيوني الموجب	الشق الأيوني السالب	الصيغة	الاسم
1 : 1	Na^+	Cl^-	$NaCl$	كلوريد الصوديوم
1 : 1	NH_4^+	NO_3^-	NH_4NO_3	نترات الأمونيوم
2 : 1	K^+	SO_4^{2-}	K_2SO_4	كبريتات البوتاسيوم
1 : 2	Ca^{2+}	HCO_3^-	$Ca(HCO_3)_2$	كربونات الكالسيوم الهيدروجينية
1 : 1	Cu^{2+}	SO_4^{2-}	$CuSO_4$	كبريتات النحاس (II)
1 : 2	Mg^{2+}	NO_3^-	$Mg(NO_3)_2$	نترات الماغنيسيوم
1 : 3	Al^{3+}	Cl^-	$AlCl_3$	كلوريد الألومنيوم

الجدول ٤-٢ صيغ بعض المركبات الأيونية

ويمكن إيجاد التكافؤ لأي عنصراً ينتمي إلى المجموعات الرئيسية من رقم مجموعته، وفقاً للعلاقة المبيّنة أدناه.

إيجاد التكافؤ

- عناصر المجموعات I-VI، فإن: التكافؤ = رقم المجموعة.
- عناصر المجموعات VII-VI، فإن: التكافؤ = 8 - رقم المجموعة.

أما عناصر المجموعة VIII فتكافؤها يساوي 0 (الصفير). يمكن رؤية هذه العلاقة بين التكافؤ ورقم المجموعة عند النظر في الأمثلة الواردة لعناصر الدورة 3. يمكنك أيضاً أن ترى كيف يزداد التكافؤ ليصل إلى القيمة 4، ثم يتناقص ليصل إلى 0 (الصفير) عندما نتجه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة.

المجموعة	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII/O
التكافؤ	1	2	3	4	3	2	1	0
مثال	NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl	-

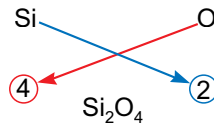
فعلى سبيل المثال، يقع الكربون في المجموعة IV، لذا يساوي تكافؤه 4. ويقع الأكسجين في المجموعة VI، لذا يساوي تكافؤه 2 = 6 - 8

أسئلة

- ٤-٧ استخدم جدولك الدوري كي يساعدك على إيجاد صيغة كل من المركبات الآتية:
١. كلوريد السيليكون
 ٢. كبريتيد الكربون
 ٣. ثلاثي كلوريد الفوسفور
 ٤. ثنائي أكسيد السيليكون
 ٥. كبريتات البوتاسيوم
 ٦. فلوريد الألومنيوم
 ٧. أكسيد الحديد (III)
 ٨. نترات الكالسيوم
 ٩. كلوريد الخارصين
 ١٠. الأمونيا
 ١١. كلوريد الهيدروجين
 ١٢. كبريتات النحاس (II)
 ١٣. ثلاثي أكسيد الكبريت

• حالة الجزيئات التساهمية الضخمة حيث تتمثل الصيغة ببساطة في نسبة الأعداد الصحيحة للذرات الموجودة في الشبكة الضخمة، مثل ثنائي أكسيد السيليكون.

صيغة ثنائي أكسيد السيليكون



بسط الصيغة:



اكتب الرموز الصحيحة للعناصر.

اكتب التكافؤ لكل ذرة.

تنبيه

انتبه جيداً عند كتابة الصيغ الكيميائية بأن تكتب الرموز الصحيحة للعناصر. وتذكر الرموز غير المطابقة لأسماء عناصرها. وتذكر بأن الحرف الثاني في رمز أي عنصراً يكتب حرفاً صغيراً، وليس حرفاً كبيراً. فعلى سبيل المثال لا الحصر، نكتب Na وليس NA، وCl وليس CL، وCO وليس .CO

مصطلحات علمية

التكافؤ Valency:

التكافؤ في الرابطة التساهمية: هو عدد الروابط الأحادية التي يمكن لذرات عنصراً ما أن تكونها.

التكافؤ في الرابطة الأيونية: هو عدد الإلكترونات التي تفقدها ذرة الفلز فتصبح أيوناً موجباً، (وهو يساوي قيمة الشحنة الموجبة لذلك الأيون) أو: هو عدد الإلكترونات التي تكسبها ذرة اللافلز فتصبح فتصبح أيوناً سالباً (وهو يساوي قيمة الشحنة السالبة لذلك الأيون).

أسئلة

٨-٤ ما عدد ذرات العناصر المختلفة الداخلة في صيغ المركبات الآتية؟

١. هيدروكسيد الصوديوم، NaOH

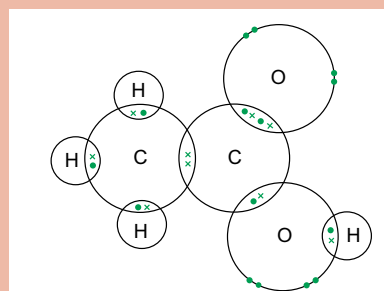
٢. الإيثان، C₂H₆

٣. حمض الكبريتيك، H₂SO₄

٤. نترات النحاس (II)، Cu(NO₃)₂

٥. السكروز، C₁₂H₂₂O₁₁

٩-٤ يوضِّح المخطط التالي ترتيب الإلكترونات الخارجية الموجودة في جزيء حمض الإيثانويك.



أ. سمِّ العناصر المختلفة الداخلة في هذا المركب.

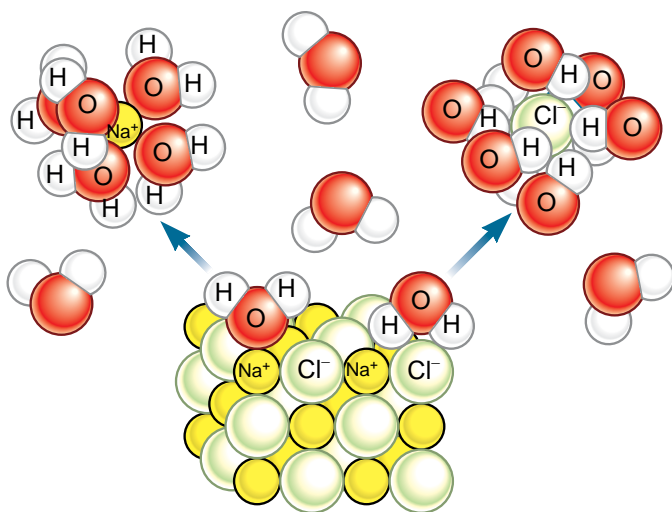
ب. ما العدد الكلي للذرات الموجودة في هذا الجزيء؟

ج. أي ذرتين تتشكل بينهما رابطة تساهمية ثنائية؟

د. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب.

تلك القوى بمختلف الاتجاهات في المركب الصلب، وتثبت الأيونات بقوة في أماكنها ضمن تركيبها الشبكي، وهو ما يؤدي إلى ارتفاع درجات انصهار ودرجات غليان المركبات الأيونية. أما المركبات التساهمية فإنها تتشكل من جزيئات، تربط فيما بينها قوى بين-جزيئية ضعيفة، مما يجعل هذه المركبات ذات درجات انصهار ودرجات غليان منخفضة. وهذا يعني أن الفصل بين جزيئاتها يحتاج إلى طاقة أقل بكثير من الطاقة اللازمة لفصل الأيونات في المركبات الأيونية.

وكنا قد تحدثنا في الوحدة الأولى عن ذوبانية المواد الصلبة في السوائل، وبيئنا كيف تبدأ المادة الصلبة بالتفكك عند وضعها في سائل (الصورة ١-٣). تعتمد الذوبانية على خصوصية كل من المادة الصلبة والسائل المعنيين بهذه العملية. على سبيل المثال، يُبين الشكل (٤-١٣) كيف تُكوّن جزيئات الماء أغلفة حول أيونات الفلزّ (الكرات الصفراء)، وحول أيونات اللافلزّ (الكرات البيضاء)، وهو ما يُساعد على إذابة كثير من المواد الأيونية (مثل كلوريد الصوديوم، NaCl) في الماء.



الشكل ٤-١٣ عملية إذابة كلوريد الصوديوم في الماء

الخصائص الفيزيائية للمركبات الأيونية والتساهمية

تساعدنا معرفتنا بكيفية ترابط الذرات لتكوين الأنواع المختلفة من المركبات على فهم الاختلاف في الخصائص الفيزيائية للمواد. ويبيّن الجدول (٤-٣) الاختلافات الكبيرة في خصائص المركبات الأيونية والمركبات التساهمية البسيطة.

ويعتمد ما نلاحظه من اختلافات بين الخصائص الفيزيائية للمركبات الأيونية والمركبات التساهمية البسيطة على قوى الترابط بين جسيمات المركب. فالأيونات التي تُكوّن المركب الأيوني تتماسك من خلال قوى التجاذب الكهروستاتيكي عبر كامل الترابط الكيميائي، حيث تعمل

السبب في امتلاكها هذه الخصائص	خصائص المُركَّبات الأيونية
الترتيب المنتظم للأيونات في الشبكة وتقارب الأيونات المختلفة الشحنات.	بلورية صلبة عند درجة حرارة الغرفة.
التجاذب القائم بين الأيونات بفضل قوى كهروستاتيكية شديدة وحاجتها إلى كميات كبيرة من الطاقة لينفصل بعضها عن بعض.	لها درجات انصهار وجليان مُرتفعة، وهي ليست مُتطايرة.
انجذاب الماء نحو الأيونات المشحونة، ممَّا يساعد على فصل بعضها عن بعض، وبالتالي إذابة المُركَّب الأيوني.	غالبًا ما تذوب في الماء، (الشكل ٤-١٣)، ولكنها لا تذوب في المُذيبات العضوية مثل الإيثانول وثلاثي كلوروميثان (الكلوروفورم) وميثيل البنزين.
لأن الأيونات حُرَّة الحركة في المصهور أو المحلول؛ الأمر الذي يمكِّن الأيونات من التحرك نحو الأقطاب الكهربائية عند تعرُّضها لجهد كهربائي.	تصبح مُوصِّلة للكهرباء عندما تكون مُنصهرة أو ذائبة في الماء (ولا تكون مُوصِّلة للكهرباء في حالتها الصلبة).
السبب في امتلاكها هذه الخصائص	خصائص المُركَّبات التساهمية البسيطة
لأن قوى التجاذب بين الجزيئات ضعيفة.	غالبًا ما تكون سائلة أو غازية عند درجة حرارة الغرفة.
لأن القوى بين الجزيئات (القوى بين-الجزيئية) ضعيفة جدًا؛ وهي وبالتالي لا تحتاج إلى قدر كبير من الطاقة لتنفصل الجزيئات بعضها عن بعض.	لها درجات انصهار وجليان مُنخفضة. وتكون الجزيئات الصغيرة مُتطايرة. أما الجزيئات الكبيرة فهي أقل تطايرًا.
لأن المُركَّبات التساهمية تكون عمومًا أكثر قابلية للذوبان في المذيبات العضوية بسبب التشابه في تراكيبها.	تذوب في المُذيبات العضوية مثل الإيثانول وميثيل البنزين والبروبانول (الأسيتون) (عدد قليل جدًا منها يذوب في الماء).
لعدم احتوائها على أيونات لنقل التيار الكهربائي.	غير مُوصِّلة للكهرباء.

الجدول ٤-٣ مقارنة بين خواص المُركَّبات الأيونية والتساهمية البسيطة

أسئلة

- ٤-١٠ كيف يوصَّل مصهور كلوريد الصوديوم الكهربائي؟
 ٤-١١ لماذا لا يوصَّل مُركَّب كلوريد الصوديوم الكهربائي في حالته الصلبة؟

نشاط ٤-٢

دراسة خصائص المُركَّبات التساهميَّة والأيونية

المهارات:

- يُبيِّن بطريقة عملية المعرفة المُتعلِّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- ينجِز التجربة ويُسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرَات.
- يُناقش المُلاحظات التجريبية والبيانات ويُقيِّمها.

ستستقصي في هذا النشاط بعض خصائص المُركَّبات الأيونية والتساهميَّة. سوف تدرسي درجة الانصهار ودرجة الغليان والذوبانية والموصليَّة لمُركَّبات مختلفة، لتحديد الخصائص العامَّة للمُركَّبات التساهميَّة والأيونية.

- ⚠ كبريتات النحاس (II) سام والكُلور أيضًا، وهو إحدى المواد الكيميائية الناتجة خلال التجربة.
- ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).
- نفِّذ التجربة في صندوق طرد الغازات أو مختبر جيد التهوية.
- اغسل يديك بعد الانتهاء من التجربة العملية

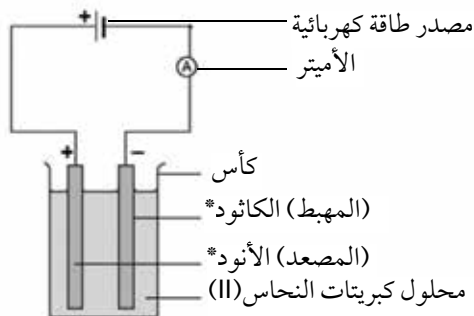
الطريقة

- 1 افحص بواسطة عدسة مُكبِّرة عيِّنة كلِّ من المواد الكيميائية الخصائص التالية (صلب، سائل، غاز، لدن (لين)، قابل للطرق، بلوري، لامع). وسجِّل ملاحظاتك في جدول.
- 2 حدِّد، بالاستناد إلى معلوماتك وكتاب الطالب، نوع الترابط الموجود في كل مادة كيميائية، وسجِّل ذلك في جدول.
- 3 ضع كميَّة صغيرة من كل مادة كيميائية في أنبوبة تسخين منفصلة. وقم بتسخين كل أنبوبة بشدَّة فوق اللهب الأزرق لموقد بنزن (استخدم الجزء الأكثر سخونة من اللهب). ماذا تلاحظ؟ دوِّن هذه



الملاحظات في جدول النتائج الخاص بك. حدِّد درجة الانصهار لكل مادة كعالية أو منخفضة.

- 4 ضع مقدار ملعقة كيموايات واحدة من كل مادة كيميائية في كؤوس منفصلة تحتوي ماء، وحرك المخلوط بواسطة ساق زجاجية. دوِّن ملاحظاتك وصنِّف المواد الكيميائية إلى مواد ذائبة في الماء أو غير ذائبة.
- 5 اختبر التوصيل الكهربائي للمواد الكيميائية الذائبة بواسطة المُعدَّات المُبيِّنة بشكل مفصَّل في الرسم التوضيحي التالي.



* مادة الأنود والكاثود (في هذا النشاط) هي الجرافيت

- 6 سجِّل ملاحظاتك على التوصيل الكهربائي في جدول نتائجك.

أسئلة

- 1 حدِّد الاتجاه العام لخاصيَّتي الجزيئات التساهميَّة الآتيتين:
أ. التوصيل الكهربائي ب. الذوبانية
- 2 حدِّد الاتجاه العام لخصائص المواد الأيونية الآتية:
أ. درجة الانصهار
ب. التوصيل الكهربائي
ج. الذوبانية
- 3 يحتوي كلٌّ من شمع البارافين والكربون (الجرافيت) على روابط تساهميَّة. يمتلك الشمع درجة انصهار منخفضة بينما يمتلك الكربون (الجرافيت) درجة انصهار مرتفعة. فسِّر ذلك.

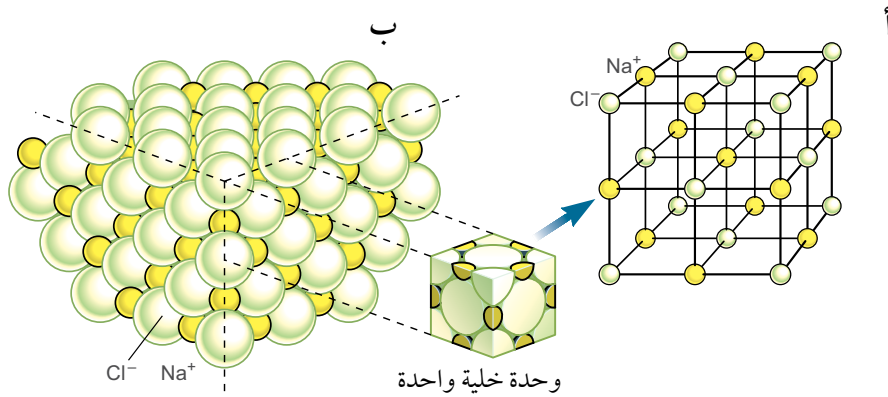
٣-٤ البلّورات

البلّورات الأيونية

صوديوم (Na^+). وبشكل عام تتساوى أعداد أيونات Na^+ وأعداد أيونات Cl^- ، لذا تكون الشحنات متوازنة.

ويعتمد الترتيب الفعلي لأيونات المُركّبات الأخرى على عدد الأيونات في المُركّب وأحجامها. ومع ذلك يهْمنا تذكّر أن كل المُركّبات الأيونية مُتعادلة كهربائياً.

ويكون التركيب الأيوني الضخم Giant ionic structure مُترابطاً بفضل قوى التجاذب الكهروستاتيكية الشديدة التي تنشأ بين الجسيمات ذات الشحنات المُتعاكسة (الشكل ١٤-٤ ب).



الشكل ١٤-٤ (أ) ترتيب الأيونات الموجبة والأيونات السالبة في بلّورة كلوريد الصوديوم. (ب) تكوّن الشبكة الأيونية الضخمة لمُركّب كلوريد الصوديوم.

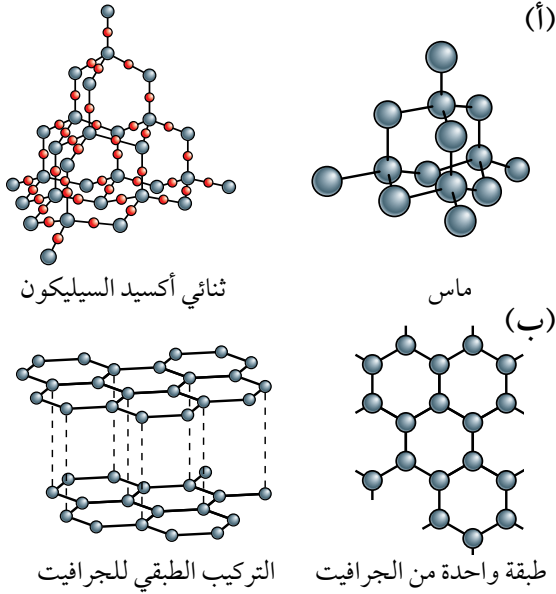
البلّورات التساهميّة

توجد بعض العناصر اللافلزيّة (مثل اليود، والكبريت) وبعض المُركّبات التساهميّة، في هيئة موادّ صلبة ذات درجات انصهار منخفضة. ففي تلك المواد تترايط جزيئات العناصر أو جزيئات المُركّبات معاً بوساطة قوى بين-جزيئية ضعيفة، لتشكل بلّورات يسهل تفكيكها بالحرارة. وبعد ذلك تُصبح الجزيئات حرّة الحركة، ولكنّها على عكس جسيمات البلّورات الأيونية لا تحمل شحنة كهربائية ولا توصل الكهرباء.

البلّورات التساهميّة الضخمة (الجزيئات الكبيرة)

تتّصف ذرّات بعض العناصر التي تتوسّط المجموعات الرئيسيّة، كالكربون والسيليكون بأنها لا تُشكّل جزيئات بسيطة فقط، بل يمكن أن تكون في هيئة تراكيب جزيئية ضخمة مُترابطة بروابط تساهميّة أحادية وثنائية. في هذه التراكيب، تترايط الذرّات على هيئة شبكة واسعة، أو شبكة تساهميّة (جزيئية) ضخمة Giant covalent (molecular) lattice. وتكون مثل هذه التراكيب قويّة جداً، لأن الذرّات جميعها مُترابطة بروابط تساهميّة قوية.

وتُعزى خصائص الماس (وهو أحد أشكال الكربون) إلى أن روابطه التساهميّة القوية تمتدّ في جميع الاتجاهات عبر



الشكل ٤-١٥ (أ) التركيب البنائي الهرمي الرباعي الأوجه للماس، وثنائي أكسيد السيليكون. (ب) التركيب البنائي الطبقي للجرافيت

يتشابه تركيب الماس وثنائي أكسيد السيليكون تشابهًا كبيرًا (الشكل ٤-١٥ أ)، مما يعني تشابه خصائصهما الفيزيائية، فكلهما يمتلكان صلادة ودرجات انصهار مرتفعة. ويُعدّ الرمل والكوارتز مثالين على ثنائي أكسيد السيليكون (SiO_2)، حيث يكون تركيب ذرات السيليكون والأكسجين بأكمله مُترابطًا عبر الشبكة بواسطة روابط تساهمية قوية.



لماذا

من المهم أن تميّز بين تراكيب الماس والجرافيت عند عرض مخططاتهما التوضيحية. ومن المهم أيضًا أن تكون قادرًا على تفسير صلادة الماس استنادًا إلى الترابط القوي للتركيب الشبكي ثلاثي الأبعاد.

يرجع التوصيل الكهربائي للجرافيت إلى وجود إلكترونات (غير متمركزة) تكون قادرة على الحركة وحمل التيار الكهربائي.

ويمكن استخدام الجرافيت كمادة صلبة للتشحيم، لأن طبقاته الجزيئية ينزلق بعضها فوق بعض.

كامل البلورة، حيث ترتبط كل ذرة كربون بأربع ذرات كربون أخرى وتكون مُرتبة بشكل رباعي الأوجه (الشكل ٤-١٥ أ). ويمتلك الماس درجة انصهار مُرتفعة جدًا. وبما أن الرابطة تمتد على كامل تركيبه البنائي، يكون الماس صلدًا جدًا، ويُستخدم في صناعة أدوات القطع.

يتمّ في تلك التراكيب البنائية استخدام جميع الإلكترونات الخارجية للذرات لتشكيل روابط تساهمية أحادية، ولا تكون هناك أي إلكترونات حرة لكي تتحرك. لذلك يُعدّ الماس عنصرًا لافلزيًا غير موصل للكهرباء.

وفي المقابل يُمثّل الجرافيت نوعًا مختلفًا من الكربون، إذ تكون ذرات الكربون مُرتبة بطريقة مختلفة (عمّا هي في الماس) في التركيب الجزيئي للجرافيت.

يكون ذلك الترتيب المُختلف على شكل طبقات مستوية (مُسَطَّحة) سداسية الزوايا مُترابطة (الشكل ٤-١٥ ب). وتُشكّل كل منها جزيئًا ضخمًا ثنائي الأبعاد. وتكون كل ذرة كربون داخل تلك الطبقات مرتبطة بثلاث ذرات كربون أخرى بروابط تساهمية قوية ويبقى إلكترون واحد لكل ذرة كربون يشارك في رابطة ثنائية (غير متمركزة delocalized). هذه الإلكترونات غير المتمركزة تتحرك بحرية داخل كل طبقة من طبقات الجرافيت (وليس بين طبقاته) مما يجعل الجرافيت موصلًا للكهرباء. وتكون قوى التجاذب ضعيفة بين طبقات الجرافيت، مما يجعلها سهلة الانزلاق بعضها فوق بعض. وهذا يعني أن الجرافيت زلق ويمكن استخدامه للتشحيم.

فقلّم الرصاص مُكوّن في الواقع من الجرافيت. وعندما نكتب به تعلق طبقات رقيقة من الجرافيت على الورقة. ومع ذلك تبقى الخاصية الأكثر تميّزًا للجرافيت في الإلكترونات المُشاركة في الروابط التساهمية الثنائية والموجودة في طبقات الجرافيت. ويبقى تحرك الإلكترونات غير المتمركزة «الحرّة» محصورًا داخل كل طبقة حاملة معها الشحنات الكهربائية. ولهذا يمكن للجرافيت أن يوصل الكهرباء بطريقة مُشابهة للفلزات (الجدول ٤-٤).

الجرافيت		الماس		
الاستخدامات	الخصائص	الاستخدامات	الخصائص	
	لونه رمادي غامق وهو صلب لامع	المجوهرات وأدوات الزينة	عديم اللون، بلوري شفاف يتألق في الضوء	المظهر
أقلام الرصاص وكماذة للتشحيم	ألمس ويمكن للطبقات التي تُشكِّله أن تنزلق بعضها فوق بعض، وهو صلب ذو ملمس زلق	مُعدّات الحفّر والمناشير الماسية وقاطعات الزجاج	أصلد مادة طبيعية	الصلادة
	أقلّ كثافة من الماس (2.25 g/mL)		أكثر كثافة من الجرافيت (3.51 g/mL)	الكثافة
الأقطاب الكهربائية وفراشي المحرّكات الكهربائية	موصل للتيار الكهربائي		غير موصل للتيار الكهربائي	التوصيل الكهربائي

الجدول ٤-٤ خصائص واستخدامات كل من الماس والجرافيت

أسئلة

١٢-٤ لماذا يتميّز الجرافيت بأنه:

أ. يوصل الكهرباء؟

ب. يُستخدم للتشحيم؟

١٣-٤ لماذا يُعدّ الماس أكثر صلادة من الجرافيت؟

١٤-٤ لماذا لا توصّل البلّورات الجزيئية الكهرباء على الإطلاق؟

١٥-٤ ما وجه الشبه بين ثنائي أكسيد السيلكون والماس من حيث التركيب البنائي؟

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

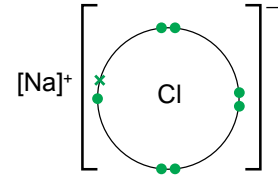
- تتكوّن تراكيب كلّ المواد من ذرّات أو أيونات أو جزيئات.
- تنقسم الروابط الكيميائية بين تراكيب المواد إلى نوعين:
 - الرابطة الأيونية
 - الرابطة التساهمية
- تُعدّ قوى التجاذب الكهروستاتيكية الشديدة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة أساس الرابطة الأيونية التي تتشكّل في المركّبات المتكوّنة بين الفلزّات واللافلزّات.
- تتشكّل الرابطة التساهمية في بعض المركّبات والعناصر اللافلزيّة، والتي تتضمن «التشارك» في الإلكترونات بين الذرّات لتتشكّل جزيئات مستقرّة.
- تتّجّ الرابطة التساهمية نوعين من التراكيب البنائية، هما الجزيئات البسيطة والجزيئات الضخمة (الجزيئات الكبيرة).
- تعتمد الخصائص الفيزيائية لمادة ما على نوع الرابطة الموجودة فيها.
- الماس والجرافيت شكلان مختلفان للكربون يمتلكان تراكيب تساهمية ضخمة مختلفة، ولهما خصائص مختلفة بشكل واضح.

أسئلة نهاية الوحدة

١. زاوج كلاً من المصطلحات المُدرّجة في العمود الأيمن مع التعريف الخاص به في العمود الأيسر:

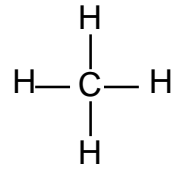
أيون	ذرّتان أو عدّة ذرّات مُترابطة بروابط تساهميّة.
جُزيء	قوة تجاذب كهروستاتيكية شديدة بين أيونَيْن يحملان شحنتين متعاكستين.
رابطة تساهميّة أحادية	جُسيم فقد أو اكتسب إلكترونات.
رابطة أيونية	زوج إلكترونات مُشترك بين نواتين.

٢. بيّن الشكل الآتي المُخطّط النقطي لمركّب كلوريد الصوديوم.



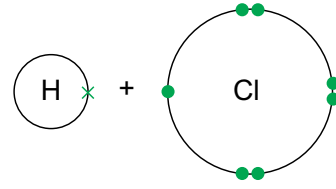
- اذكر نوع الرابطة في هذا المركّب.
- ما نوع التركيب البنائي لهذا المركّب؟
- استنتج صيغته.
- حدّد الحالتين اللتين يكون هذا المركّب فيهما موصّلاً للكهرباء.

٣. بيّن الشكل الآتي الصيغة الشائعة لمركّب الميثان.



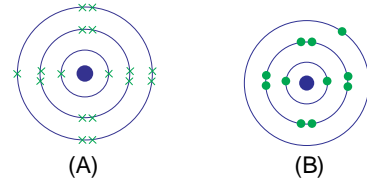
- اذكر نوع الرابطة في هذا المركّب.
- ما نوع التركيب البنائي لهذا المركّب؟
- اكتب صيغته.
- فسّر: يمتلك هذا المركّب درجتَي انصهار وجليان منخفضتين نسبياً.

٤ يُبيِّن الشكل أدناه المخطط النقطي لكل من ذرتي الهيدروجين والكلور.



- حدِّد الدورة التي ينتمي إليها الهيدروجين في الجدول الدوري.
- فسِّر: تم وضع الكلور في المجموعة VII من الجدول الدوري.
- ارسم المخطط النقطي للمركَّب الناتج من تفاعل الهيدروجين والكلور.

٥ يبيِّن الشكل الآتي التركيب الإلكتروني لذرتي عنصرين.



- ما اسمُ العنصر (A)؟
 - ما رمز العنصر (B)؟
 - اشرح باستخدام المخطط النقطي كيف يتكوَّن مركَّب من هذَيْن العنصرَيْن.
 - يمتلك هذا المركَّب درجة انصهار مرتفعة. فسِّر ذلك.
- ٦ يتكوَّن الرمل بشكل رئيسي من ثنائي أكسيد السيليكون.
- ما صيغة ثنائي أكسيد السيليكون؟
 - صف التركيب البنائي لثنائي أكسيد السيليكون.
 - لماذا لا يمكن لثنائي أكسيد السيليكون أن يوصل الكهرباء في أي حالة فيزيائية.
- ٧ الكربون عنصر ينتمي إلى المجموعة IV من الجدول الدوري.
- ما الرابطة التي تتشكَّل بين ذرات عنصر الكربون؟
 - يستخدم الماس في قطع الفولاذ. فسِّر ذلك.
 - تُضاف طبقة من الجرافيت في أسفل السفن عند إنزالها إلى الماء. فسِّر ذلك.

الوحدة الخامسة

معدّل سرعة التفاعل وتغيّرات الطاقة

Rate of Reaction and Energy Changes

تُغطّي هذه الوحدة:

- مُعدّل سرعة التفاعل الكيميائي
- اختيار الأدوات والأجهزة
- العوامل المؤثرة في مُعدّل سرعة التفاعل:
 - مساحة سطح المواد المتفاعلة
 - تركيز المواد المتفاعلة
 - درجة الحرارة
 - العامل الحفّاز
- نظرية التصادم
- طاقة التنشيط
- تغيّرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

1-0 مُعدّل سرعة التفاعل الكيميائي

المُدّة الزمنية التي يستغرقها كل تفاعل. ويتمّ حساب مُعدّل سرعة التفاعل الكيميائي من خلال حساب مُعدّل استهلاك إحدى المواد المتفاعلة أو تكوّن إحدى المواد الناتجة في مدة زمنية محددة. وغالبًا ما يتمّ التعبير عن ذلك بمعادلة تظهر نسبة تغيّر كميّة مادة متفاعلة أو ناتجة بمرور الزمن.

يعرّف مُعدّل سرعة التفاعل **Reaction rate** بأنه نسبة التغيّر الذي يحدث في كميّة إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال مُدّة زمنية مُعيّنة. فمثلًا لا بد أنك تعلم بأن السرعة هي مُعدّل المسافة المقطوعة في مدة زمنية مُحدّدة، وكذلك في الكيمياء، يكون من المفيد أيضًا معرفة

ما يؤدي فعلياً إلى ازدياد حرائق هذه المناجم هو غبار الفحم المتطاير أثناء عملية التنقيب، لذا يجب تهوئة مناجم الفحم بشكل جيد لمنع حدوث أي انفجار. إذ يمكن لعمليات التعدين أن تحرّر بعض الرواسب الطبيعية التي تحتوي على غاز الميثان. وعندما يختلط هذا الغاز مع الهواء، يمكن لشرارة صغيرة أن تتسبب بحدوث انفجار تكون عواقبه مدمرة على المنجم والعمال. وكذلك الحال بالنسبة لمصانع الدقيق والشعير، فغبار الدقيق يعمل على زيادة اشتعال الحرائق وزيادة معدّل الانفجارات المصاحبة لها (الصورة ٥-٢).



الصورة ٥-٢ كرة نارية ناتجة عن إسقاط دقيق القمح على لهب مشتعل

لكن في المقابل تعتبر امكانية التغيير أو التحكم بمعدّل حدوث سرعة التفاعل الكيميائي من الأمور المفيدة جداً لا سيما في نطاق الصناعات الكيميائية. فعلى سبيل المثال، تقوم بعض المحطّات الحديثة لتوليد الطاقة، العاملة على الفحم، بحرق الفحم المسحوق بدلاً عن كتل الفحم المستخدمة عادة لأن الفحم المسحوق يحترق بفاعلية أكبر.

أسئلة

- ١-٥ احسب معدّل سرعة التفاعل لكل من التفاعلات الآتية:
- أ. تفاعل ينتج 60 mL من غاز الهيدروجين في 20 s.
- ب. تفاعل يستهلك 1.55 g من ثاني أكسيد الكربون في 3.5 min.
- ضمّن إجاباتك وحدات (units) متغيّرات التفاعلات.

معدّل سرعة التفاعل =

تغيّر كميّة مادة مُتفاعلة (أو مادة ناتجة)
التغيّر في الزمن

فمثلاً يعتبر صدأ الحديد نموذجاً واقعياً لنوعية التفاعلات التي يكون معدّل سرعة التفاعل فيها بطيئاً جداً ويستغرق مدة زمنية طويلة نسبياً للحدوث، إذ يمكن لفلز الحديد المستخدم في المباني والسيّارات والسفن أن يتفاعل مع الأكسجين والماء الموجودين في محيطه، وتكوين مُركّب أكسيد الحديد المائي (الصدأ). ويمكن لهذه العملية أن تستغرق أياماً أو شهوراً أو سنوات.

في حين يُعدّ تحضير الخبز في الفرن مثلاً على تفاعل ذي معدّل سرعة تفاعل متوسطة. إذ تتفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية مع الأحماض الموجودة في العجين قبل وأثناء خبزه وتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون. ما يسمح للعجين وللخبز بالانتفاخ في غضون ساعة. وفي المقابل قد تتفاعل بعض الفلزّات، كالمغنيسيوم، بسرعة كبيرة جداً عند إشعالها في الهواء الطلق، حيث يمكن أن ينتهي التفاعل في غضون ثوانٍ قليلة. تُبيّن الصورة (٥-١) اشتعالاً لافتاً لمسحوق مخلوط الماغنيسيوم والألومنيوم (شمعة سحرية).



الصورة ٥-١ اشتعال لافت لمسحوق مخلوط الماغنيسيوم والألومنيوم في الهواء

يعتمد معدّل سرعة التفاعل على الظروف التي يحدث بها التفاعل وعلى طبيعة المواد المشاركة فيه. ولعلك سمعت عن حرائق مناجم الفحم، والتي يكون سببها الرئيسي غاز الميثان الذي يتسرّب من باطن الأرض عبر الشقوق. لكن

اختيار الأدوات والأجهزة للتجارب

من الضروري عند إجراء التجارب العملية، اختيار الأدوات والأجهزة المناسبة لكل تجربة؛ بحيث توفر الدقة المطلوبة أثناء القياس. وينبغي أن يكون الجهاز المستخدم لقياس مُتغيّر ما تتمّ متابعته قادرًا على إعطاء نتائج دقيقة.

قياس الزمن: تُستخدم ساعة الإيقاف لتحديد الزمن اللازم لحدوث تفاعل مُعيّن، ومن ثم دراسة مُعدّل سرعة ذلك التفاعل. وتُعطي ساعات الإيقاف الرقمية قراءات دقيقة تصل إلى أجزاء من الثانية.

قياس الكتلة: يُستخدم الميزان لقياس كتل المواد. وتوفّر الموازين الرقمية قراءات حتى منزلتين عشريّتين. وهي ملائمة وسهلة الاستخدام، ويجب ضبط الميزان على الصفر عند وضع الوعاء الفارغ على الميزان (وهو ما يُسمّى "وزن الفراغ" 'taring').

قياس درجة الحرارة: يتمّ قياس درجات الحرارة خلال التطبيقات العملية باعتماد وحدة درجة الحرارة السيليزية (°C). ويعطي ميزان الحرارة قراءات ذات دقة تصل لنصف درجة إلى درجة سيليزية واحدة. وقد أصبحت موازين الحرارة الرقمية أيضًا متوفرة.

قياس الحجم: عند قياس حجوم السوائل، من المُهمّ معرفة مستوى الدقة المطلوبة لتجربة مُعيّنة. وغالبًا ما يوفّر المخبر المدرج دقة كافية، لقياس كمّيات كبيرة من المحاليل. ولكنها لا تكون بدقّة الماصّات أو السحاحات لقياس حجم أي سائل. وتُعدّ الماصّات الوسيلة الأكثر دقة لقياس حجم ثابت (عادة 10 mL أو 25 mL). في حين تمثل السحاحات الأداة الأكثر دقة لقياس حجم مُتغيّر (يكون هذا الحجم عادة بين 0 mL و 50 mL). تُستخدم السحاحات والماصّات كأدوات خلال عمليات المُعايرة. وإذا كنا بحاجة إلى تحضير محلول ذي تركيز مُعيّن فإن الدورق الحجمي هو الوعاء المُناسب لتحضير هذا المحلول.

وفي بعض التجارب المُستخدمة لدراسة التفاعلات الكيميائية، يكون ضروريًا قياس حجم غاز ناتج. وفي هذه الحالة، يكون محقن الغاز الخيار الأمثل. كما يمكن استخدام مخبر مدرج مقلوب لتحقيق هذا الغرض، لجمع الغاز فوق الماء. مع التنويه على عدم اعتماد هذه الطريقة إذا كان الغاز ذائبًا في الماء؛ ويوضح الشكل (١-٥) بعض الأدوات المخبرية الشائعة.

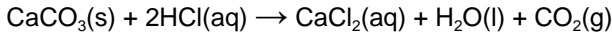


الشكل ١-٥ الأدوات والأجهزة الشائعة في المختبر

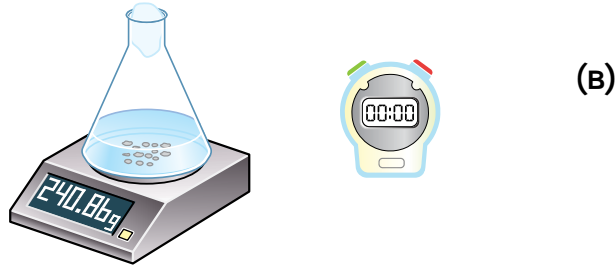
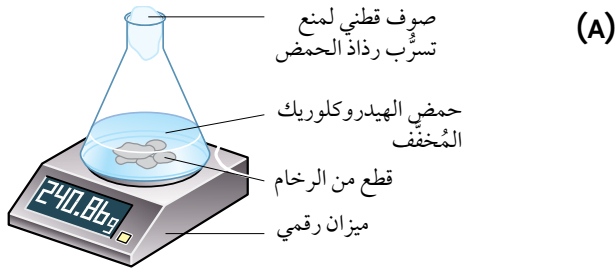
وكذلك في حال تفاعل المادة الصلبة والمادة السائلة (أو المحلول)، يكون التماس بين المواد المتفاعلة أكبر عندما تكون مساحة المادة الصلبة أكبر. ويعتبر التفاعل بين الحجر الجيري أو قطع الرخام (وهما شكلان لكاربونات الكالسيوم) مع حمض الهيدروكلوريك المُخفّف مثلاً على ما سبق:

→ حمض الهيدروكلوريك + كربونات الكالسيوم

ثاني أكسيد الكربون + ماء + كلوريد الكالسيوم



ويمكن إجراء التجربة كما هو مبين في (الشكل ٢-٥).



الشكل ٢-٥ الأدوات والأجهزة في التجريبتين A و B: تفاعل قطع الرخام مع حمض الهيدروكلوريك المُخفّف. يؤدي تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من التفاعل إلى نقصان كتلة الدورق التي يتم قياسها باستخدام ميزان رقمي

ونستطيع باستخدام هذا الجهاز مقارنة عيّنتين من قطع الرخام لهما الكتلة نفسها، حيث تكون قطع العيّنة B أصغر من قطع العيّنة A. ويتم تنفيذ التجربة مرتين: مرّة مع العيّنة A، ومرّة مع العيّنة B. وفي كلتا التجريبتين يكون حجم وتركيز حمض الهيدروكلوريك نفسه. يوضع الدورق على الميزان أثناء التفاعل، ويتم وضع سدادة من الصوف القطني على فوهة الدورق لمنع تسرب رذاذ السائل. ولتسمح بخروج غاز ثاني أكسيد الكربون من الدورق. وهذا يعني أن الدورق سيفقد جزءاً من كتلة محتوياته أثناء التفاعل. ويتم أخذ قراءات الميزان على فترات زمنية منتظمة لتتبع النقص في الكتلة خلال التجربة.

٢-٥ العوامل المؤثرة في معدّل سرعة التفاعل

تحدث التفاعلات المتفجرة بلمح البصر، في حين أن بعض التفاعلات، مثل الصدأ، تحدث في فترات زمنية طويلة. حيث يختلف معدّل سرعة التفاعلات تبعاً لعوامل مختلفة. فما هي العوامل التي تؤثر في معدّل سرعة التفاعل؟ أظهرت نتائج العديد من الدراسات على مجموعة كبيرة من التفاعلات أن هناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر على معدّل سرعة التفاعل وهي:

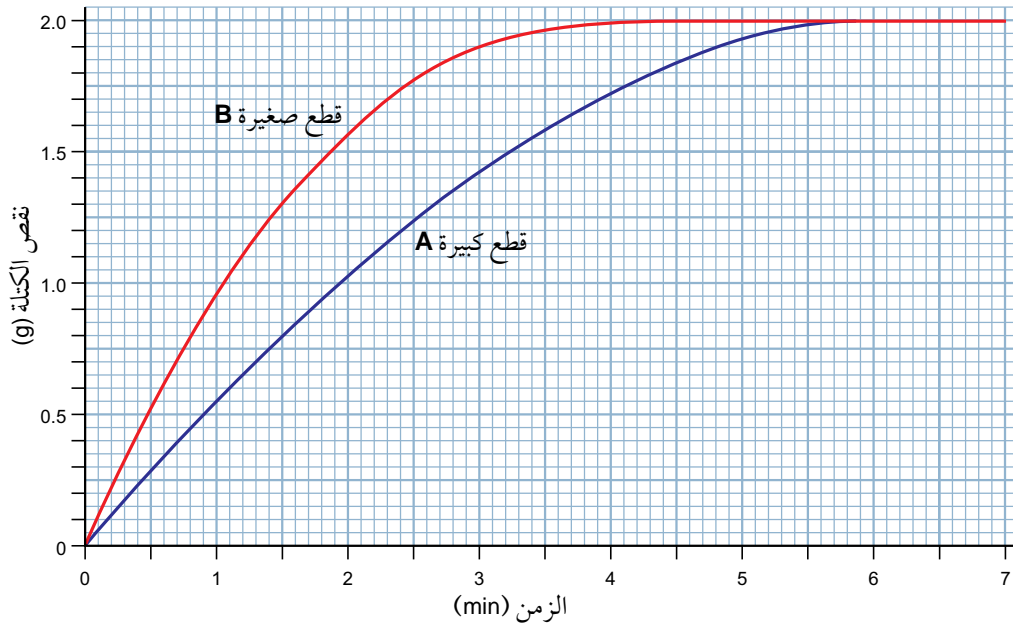
- مساحة سطح Surface area المواد المتفاعلة الصلبة
- تركيز Concentration المواد المتفاعلة
- درجة الحرارة Temperature التي يحدث عندها التفاعل
- استخدام عامل حفّاز Catalyst

تأثير مساحة سطح المواد المتفاعلة الصلبة على معدّل سرعة التفاعل

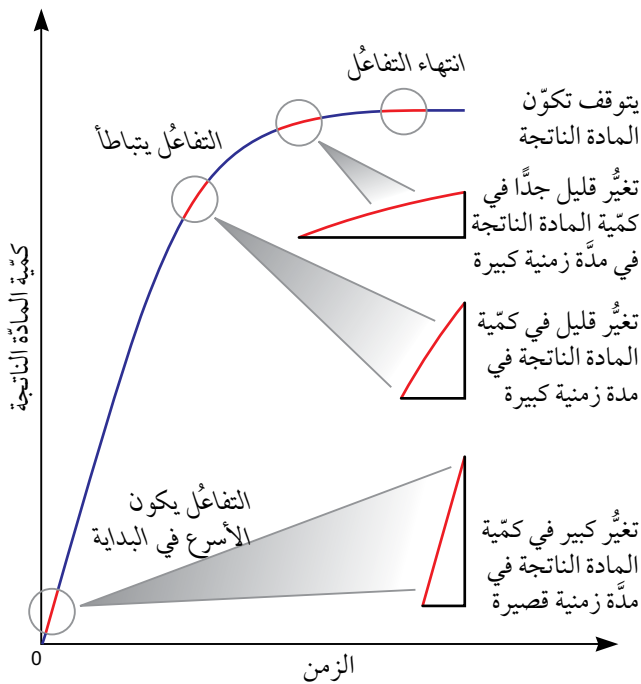
كلما كان مسحوق المادة المتفاعلة الصلبة ناعماً كان معدّل سرعة تفاعلها أعلى، لأن تفاعلات المواد الصلبة تحدث على سطوحها. وعليه، فإن المادة الصلبة كمسحوق تمتلك مساحة سطح أكبر بكثير مما لو كانت قطعاً كبيرة.

على سبيل المثال، غالباً ما يكون من الصعب حرق جذع كبير من الخشب، ولكن إذا تم تقطيعه إلى قطع أصغر فيمكن حرقه بسهولة أكبر. ذلك أن قطع الخشب الصغيرة تمتلك مساحة سطح أكبر مقارنة بالجذع. إن امتلاك مساحة سطح كبيرة يعني أن المزيد من سطح المادة الصلبة سيكون مكتشوفاً ويمكن أن يتفاعل. مثال آخر على تأثير مساحة السطح على معدّل سرعة التفاعل هو الخطر الذي يمثله غبار الطحين في المطحنة. لا تحترق عبوة الطحين بسهولة، لكن جسيمات غبار الطحين تمتلك مساحة سطح كبيرة على تماس مباشر مع الهواء، لذا تكفي شرارة بسيطة لإحداث تفاعل متفجر.

وعند تفاعل مادتين صلبتين فإن سحقهما يعني إمكانية خلطهما بشكل أفضل. فالمساحيق المخلوطة معاً ستكون على تماس مباشر ويمكنها أن تتفاعل بصورة أسرع.



الشكل ٣-٥ يوضح الرسم البياني للنقص في الكتلة بمرور الزمن للتجربتين A و B



الشكل ٤-٥ يكون التفاعل أسرع في البداية، ثم يتباطأ نتيجة لاستهلاك المواد المتفاعلة

ويوضح الشكل ٣-٥ التدرج في تناقص كتلة المواد المتفاعلة في كلتا التجربتين A و B.

نعرض فيما يلي لنقطتين مهمتين تتعلقان بالتمثيل البياني وهما:

- يكون معدل سرعة التفاعل أكبر في البداية. وهو ما تظهره حدة ميل المنحنيين صعوداً خلال الدقائق الأولى للتفاعل. ويكون المنحنى B أكثر ميلاً من المنحنى A. وهذا يعني أن غاز (CO_2) يتم إنتاجه بشكل أسرع في العينة B. فالعينة التي تحتوي على قطع أصغر والتي تمتلك بالتالي مساحة سطح أكبر تتفاعل بمعدل سرعة أكبر. كما يظهر التمثيل البياني تباطؤ كلا التفاعلين مع استهلاك المواد المتفاعلة حيث يصبح المنحنى أقل ميلاً (الشكل ٤-٥).

- يكون الحجم الكلي للغاز المنطلق في كلتا التجربتين هو نفسه، كذلك يكون معدل استهلاك المواد المتفاعلة نفسه. وعند انتهاء التفاعل في كلتا التجربتين مع استهلاك جميع المواد المتفاعلة سيتوقف إنتاج الغاز في النهاية ويصبح كلا المنحنيين مسطحاً أفقياً، ولكن العينة B ستبلغ الجزء الأفقي من المنحنى أولاً. تصف

لنتذكر

من المهم أن تفهم كيف تُفسّر الأجزاء المختلفة للتمثيلات البيانية التي تم الحصول عليها.

تبيّن هذه النتائج:

أنّ معدّل سرعة التفاعل يزداد عندما تزيد مساحة سطح **Surface area** المادة المتفاعلة الصلبة.

هذه التجربة استخدامات الميزان الرقمي لدراسة معدّل سرعة تفاعل يُنتج غازاً. وهناك أيضاً طرائق أخرى لتقييم سرعة إنتاج الغاز (نشاط ٥-١). سوف نناقش لاحقاً طرائق جمع الغازات (خاصة باستخدام محقن الغاز) والتي يمكن استخدامها لقياس حجم الغاز الناتج خلال التفاعل بمرور الزمن.

نشاط ٥-١

معدّل سرعة التفاعل ومساحة السطح وتتبع سرعة إنتاج الغاز

المهارات:

- يبيّن بطريقة عملية المعرفة المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقدير.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات وقيّمها.
- يقيم الطرق ويقترح التحسينات المحتملة.

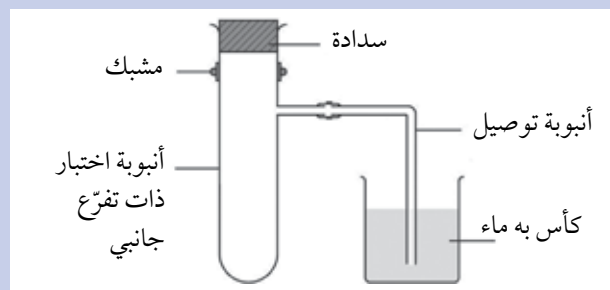
يهدف هذا النشاط إلى استقصاء تأثير التغير في مساحة سطح التفاعل على معدّل سرعة التفاعل. وكيف سيؤثر الاختلاف في مساحة سطح قطع الرخام المستخدمة على معدّل التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك.

⚠ ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).

• ارتد معطف المختبر.

• تعامل مع حمض الهيدروكلوريك بحذر لأنه مادة مهيجة للعينين والجلد والجهاز التنفسي ومسببة للتآكل.

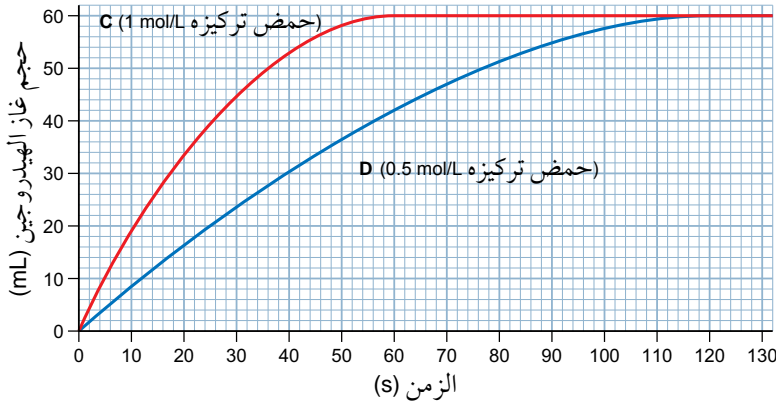
الطريقة



- ١ قم بإعداد الجهاز كما هو موضح في الرسم التوضيحي. ثبّت أنبوبة الاختبار بواسطة مشبك وحامل معدني.
- ٢ زنّ حوالي 5 g من كل مجموعة من قطع الرخام على أوراق ترشيح. استخدم تقريباً الكتلة نفسها (قدر المستطاع) من العينات الثلاث.
- ٣ ضع القطع الكبيرة داخل أنبوبة الاختبار. ثم أضف 15 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك إلى أنبوبة الاختبار. أغلق فوهة الأنبوبة بواسطة السدادة وابدأ التوقيت على الفور. احسب عدد الفقاعات المتصاعدة خلال دقيقة واحدة، وسجّل النتيجة ضمن جدول معتمداً على العناوين التالية: «حجم قطع الرخام» و «عدد فقاعات الغاز المُنبعث خلال 60 ثانية» لأعمدة الجدول.
- ٤ كرر الخطوة ٣ للعينتين الأخرين من قطع الرخام وسجّل النتائج أيضاً.

أسئلة

- ١ اكتب المُعادلة اللفظية لهذا التفاعل.
- ٢ اشرح كيف يتغير معدّل سرعة التفاعل بتغير مساحة سطح المادة الصلبة المتفاعلة.
- ٣ اقترح طرائق تجعل هذه التجربة أكثر موثوقية ولكن من دون تغيير الجهاز.
- ٤ اقترح طريقة أخرى لقياس معدّل سرعة هذا التفاعل، تتضمن جمع الغاز. خطط تجربة وأنجزها باستخدام جهاز متوفر في مختبر مدرستك.
- ٥ ما الاختبار الذي يمكن استخدامه للكشف عن وجود ثاني أكسيد الكربون؟ كيف تعدّل الجهاز كي يشمل تجربة اختبار وجود غاز ثاني أكسيد الكربون؟



الشكل ٦-٥ يُظهر التمثيل البياني حجم غاز الهيدروجين مقابل الزمن للتجربتين C و D. ويكون معدّل التفاعل أسرع عندما يكون محلول الحمض أكثر تركيزاً (المنحنى C)

ومرة أخرى يُظهر التمثيل البياني بعض النقاط المهمة:

- يكون منحنى التجربة C أكثر ميلاً صعوداً مما هو عليه في التجربة D. وهذا يبيّن بوضوح أن التفاعل C الذي يستخدم حمضاً تركيزه أكبر يكون معدّل سرعته أعلى من التفاعل D.
- يبدأ منحنى التجربة C بميل صاعد يساوي ضعفي الميل الصاعد لمنحنى التجربة D. وهذا يعني أن معدّل سرعة التفاعل في C يساوي ضعفي معدّل سرعة التفاعل في D في البداية. وبالتالي فإن مضاعفة تركيز الحمض تضاعف معدّل سرعة التفاعل.
- سيكون الحجم الكلي لغاز الهيدروجين الناتج متساوياً في كلتا التجربتين، على الرغم من أن التجربة C تُنتج هذا الغاز بشكل أسرع؛ ذلك أن كتلة الماغنيسيوم وكمية الحمض هي نفسها في كلتا الحالتين.

تبيّن هذه النتائج:

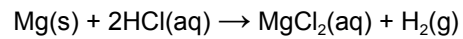
يزداد معدّل سرعة التفاعل عندما يزداد تركيز **Concentration** المادة المتفاعلة في المحلول.

تأثير تركيز المواد المتفاعلة على معدّل سرعة التفاعل

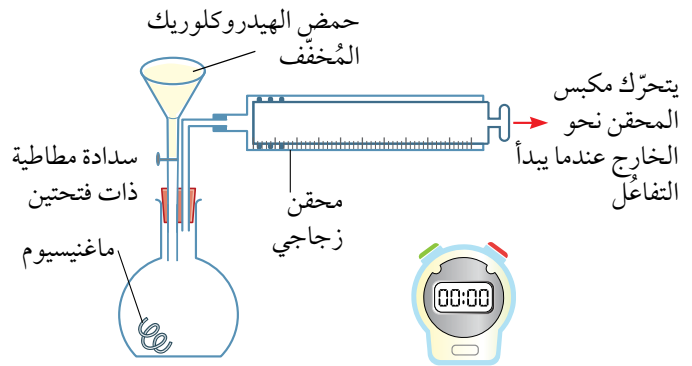
تُفيد التفاعلات المُنتجة لموادّ غازية في دراسة تأثير تركيز المحلول على معدّل التفاعل. ويمكن تعديل التفاعل بين قطع الرخام والحمض لهذه الغاية. وهناك تفاعل آخر يمكن استخدامه وهو التفاعل بين الماغنيسيوم وكمية فائضة من حمض الهيدروكلوريك المُخفّف:

→ حمض الهيدروكلوريك + ماغنيسيوم

هيدروجين + كلوريد الماغنيسيوم



يُظهر (الشكل ٥-٥) الأدوات والأجهزة اللازمة لهذه التجربة. وسنقارن بين تجربتين مختلفتين نسبيهما C و D. سيكون تركيز الحمض في التجربة C ضعفي تركيز الحمض في التجربة D. وعدا تغيير تركيز الحمض تبقى كل المتغيرات الأخرى ثابتة أي إن حجم الحمض ودرجة الحرارة وكتلة الماغنيسيوم المُستخدمة يجب أن تكون هي نفسها في كلتا التجربتين. وسيُجمع غاز الهيدروجين الناتج من هذا التفاعل في محقن غاز ويقاس حجمه خلال فترات زمنية متكرّرة.



الشكل ٥-٥ الأدوات والأجهزة اللازمة للتجربتين C و D: تفاعل الماغنيسيوم مع كمية فائضة من حمض الهيدروكلوريك المُخفّف حيث يجمع غاز الهيدروجين الناتج ويقاس حجمه بواسطة محقن الغاز

ويمكننا بعد ذلك رسم تمثيل بياني يُظهر حجم الغاز الذي تمّ جمعه بمرور الزمن. (الشكل ٥-٦).

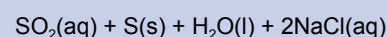
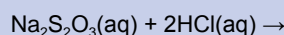
نشاط ٥-٢

تأثير التركيز على معدّل سرعة التفاعل

المهارات:

- بيّن بطريقة عملية المعرفة المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقديرية.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات وقيّمها.

يتفاعل ثيوكبريتات الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك لتكوين الكبريت وفقاً للمعادلة الآتية:



يترسّب الكبريت في المحلول الذي يصبح نتيجة لذلك مُعتماً (غير شفاف).

- يهدف هذا النشاط إلى استقصاء تأثير التركيز على معدّل سرعة التفاعل بين ثيوكبريتات الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك المُخفّف. حيث يُقاس معدّل سرعة التفاعل عن طريق زمن اختفاء العلامة، الموضوع تحت أوعية التفاعل. تختفي العلامة نتيجة تكوّن راسب الكبريت الناتج من التفاعل.

⚠ ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).

- ارتد معطف المختبر.
- تعامل مع حمض الهيدروكلوريك (1 mol/L) بحذر لأنّه مادة مُهيجة للعينين والجلد والجهاز التنفسي ومسببة للتآكل.
- قم بإجراء التجربة في مكان جيد التهوية في المختبر لتجنب استنشاق الأبخرة.
- تخلص من مخلوط التفاعل في المغسلة بإضافة الكثير من الماء فور انتهاء التجربة.

الطريقة

- 1 ارسم علامة تقاطع X على ورقة بيضاء.

٢ قس 50 mL من محلول ثيوكبريتات الصوديوم وأضفها إلى الكأس وضعها على العلامة X.

٣ أضف 5 mL من حمض الهيدروكلوريك، وبالتزامن ابدأ التوقيت.

٤ عاين الكأس مباشرةً من الأعلى، ودوّن الزمن المُستغرق «لاختفاء» العلامة X الموجودة على الورقة، أي الزمن اللازم لاختفاء العلامة نتيجة ترسّب الكبريت.

٥ كرّر التجربة باستخدام تراكيز مختلفة من ثيوكبريتات الصوديوم. انظر الجدول أدناه الذي يتضمن مقترحات للتغيّرات في الحجم.

٦ حضّر جدولاً يحتوي على جميع نتائجك وسجّل بياناتك مباشرةً في الجدول.

حجم ثيوكبريتات الصوديوم (mL)	حجم الماء المُقطر (mL)	حجم HCl (mL)	الزمن (s)	تراكيز المحاليل
50	0	5		
40	10	5		
30	20	5		
20	30	5		
10	40	5		

عرض النتائج

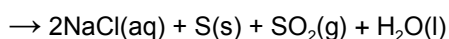
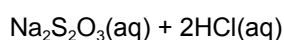
١ ارسم تمثيلاً بيانياً يظهر تركيز ثيوكبريتات الصوديوم (3 mol/L) على المحور السيني (x)، والزمن (s) الذي استغرقه حتى يختفي، على المحور الصادي (y)

أسئلة تقييم النتائج

- ١ ماذا حدث عند إضافة الحمض إلى محلول ثيوكبريتات الصوديوم؟
- ٢ باستخدام التمثيل البياني لنتائجك، اذكر تأثير زيادة تركيز ثيوكبريتات الصوديوم على معدل التفاعل.
- ٣ اشرح كيف يمكن تحسين دقة وموثوقية التجربة.

ولدراسة تأثير درجة الحرارة على معدل سرعة التفاعل، سنستخدم تفاعل محلول ثيوكبريتات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك الذي يكون راسباً أصفر من الكبريت.

→ حمض الهيدروكلوريك + ثيوكبريتات الصوديوم
ماء + ثنائي أكسيد الكبريت + كبريت + كلوريد الصوديوم



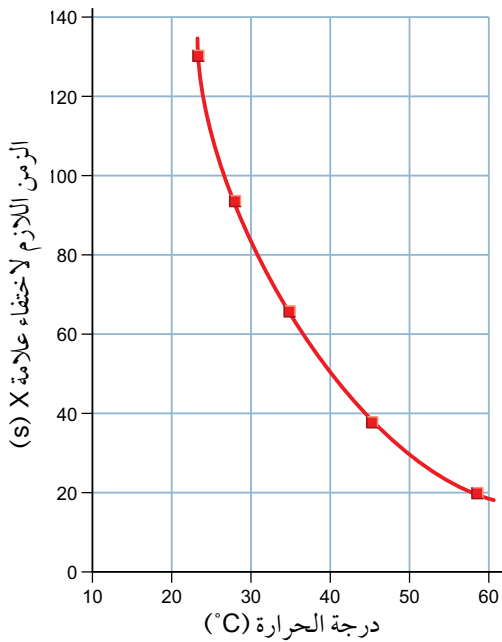
تأثير درجة الحرارة على معدّل سرعة التفاعل

نستطيع التحكم في معدّل سرعة التفاعل بتغيير درجة حرارة المواد المتفاعلة. ولهذا نعد إلى وضع الأطعمة في البراد لحفظها إذ يكون معدّل سرعة تفاعلات التحلل والأكسدة أبطأ عند درجات الحرارة المنخفضة.

عدة مرّات باستخدام محاليل تم تسخينها مسبقاً عند درجات حرارة مختلفة؛ على أن تبقى المحاليل وظروف التجربة هي نفسها ما عدا درجة الحرارة التي يتم تغييرها. وبعد ذلك يُرسم تمثيل بياني للزمن اللازم لاختفاء علامة \times مقابل درجة الحرارة، شبيه بالتمثيل المُبين في الشكل (٥-٨).

يُبين التمثيل البياني، نقطتين مهمتين هما:

- أنّ علامة \times تختفي بشكل أسرع عند درجات الحرارة المرتفعة. فكلما كان الزمن اللازم لاختفاء هذه العلامة أقصر كان مُعدّل سرعة التفاعل أكبر.
- أنّ الرسم البياني منحني وليس خطاً مستقيماً.



الشكل ٨٥ التمثيل البياني للتجربة E. بارتفاع درجة الحرارة يقل الزمن اللازم لاختفاء علامة \times .

لنّه

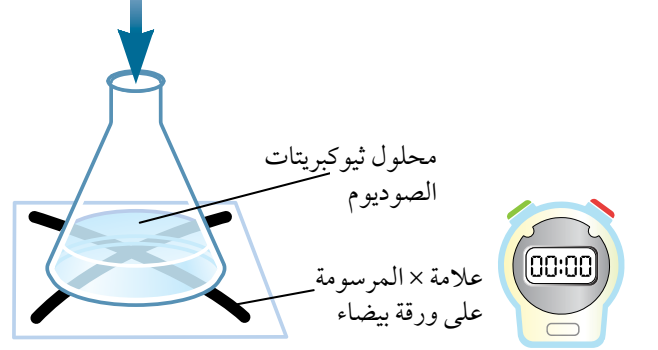
من المهم أن ندرك في هذه التجربة أنه كلما كان الزمن اللازم لاختفاء العلامة \times أقصر كان التفاعل أسرع.

تبيّن نتائج هذه التجربة أنّ مُعدّل سرعة التفاعل يزداد عندما ترتفع درجة حرارة Temperature المخلوط المُتفاعل.

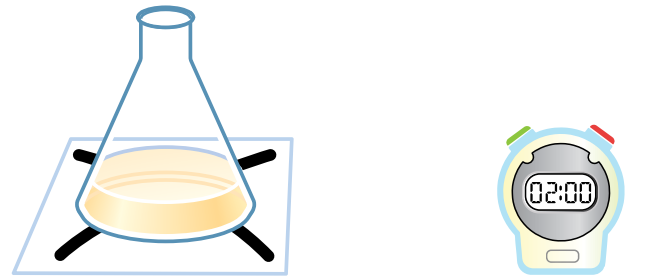
في هذه التجربة (E) يمكن الاستدلال بمُعدّل سرعة تكوّن راسب الكبريت على مُعدّل سرعة التفاعل (الشكل ٥-٧)، حيث وُضعت علامة تقاطع \times على ورقة بيضاء ووُضع فوقها دورق يحتوي على محلول ثيوكبريتات الصوديوم، وأضيف حمض الهيدروكلوريك بسرعة (أ). والآن سيكون راسب الكبريت الأصفر المُتكوّن باهتاً بحيث يبقى مُعلّقاً في السائل. ومع مرور الزمن وتكوّن المزيد من الكبريت يصبح السائل عكراً، حيث تصبح الرؤية من خلاله أكثر صعوبة. ويتمّ قياس الزمن اللازم "لاختفاء" علامة التقاطع \times (ب).

فكلما كان مُعدّل سرعة التفاعل أكبر يقلّ الزمن الذي تكون فيه العلامة \times مرئية. ويُعاد بعد ذلك تنفيذ هذه التجربة

إضافة حمض هيدروكلوريك مُخفّف وبدء التوقيت (أ)



(ب)



الشكل ٧٥ الأدوات اللازمة للتجربة (E): التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك وثيوكبريتات الصوديوم

أسئلة

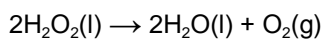
- ٢-٥ ماذا يحدث لمعدّل سرعة التفاعل الكيميائي عند إجراء التغييرات الآتية:
- رفع درجة الحرارة.
 - زيادة مساحة سطح المادة المتفاعلة الصلبة.
 - زيادة تركيز محلول مادة متفاعلة.
- ٣-٥ لماذا يُحفظ الطعام القابل للفساد في البرّاد؟
- ٤-٥ في تفاعل ما، في أي لحظة يكون معدّل سرعة التفاعل الكيميائي في أعلى حالاته؟
- ٥-٥ لماذا يقل معدل سرعة التفاعل الكيميائي مع مرور الزمن؟

تأثير العامل الحفّاز على معدّل سرعة التفاعل

تفكك فوق أكسيد الهيدروجين (بيروكسيد الهيدروجين)

فوق أكسيد الهيدروجين سائل عديم اللون صيغته الكيميائية H_2O_2 ، وهو عامل مؤكسد قوي جداً. وعندما يتفكك يكون الماء والأكسجين:

أكسجين + ماء → فوق أكسيد الهيدروجين



ويمكننا تتبّع معدّل سرعة هذا التفاعل من خلال جمع الأكسجين الناتج عنه في محقن غاز. ومن المعروف أن تفكك فوق أكسيد الهيدروجين وتكوّن غاز الأكسجين يكون بطيئاً جداً عند درجة حرارة الغرفة. غير أن إضافة 0.5 g من مسحوق أكسيد المنغنيز (IV) (MnO_2) تجعل التفاعل يحدث بمعدّل سرعة أكبر (التجربة (F)). وسوف نلاحظ أن المسحوق الأسود لا يختفي خلال التفاعل (الشكل ٥-٩). إذا تم ترشيحه وتجفيفه في نهاية التفاعل فإن كتلة المسحوق ستبقى هي نفسها (0.5 g).

لذا نقول إن أكسيد المنغنيز (IV) هو عامل حفّاز Catalyst لهذا التفاعل.

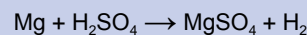
نشاط ٣-٥

العوامل المؤثرة على معدّل سرعة التفاعل

المهارات:

- بيّن بطريقة عملية المعرفة المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
- يخطّط للتجارب والاستقصاءات.
- ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقدير.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات وقيّمها.
- يقيّم الطرائق ويقترح التحسينات المحتملة.

يجب عليك في هذا النشاط أن تخطّط وتكتشف كيف يمكن لعامل من العوامل المختارة أن يؤثّر على معدّل سرعة التفاعل الكيميائي الآتي:



- ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).
- ارتد معطف المختبر.
- تعامل مع حمض الكبريتيك بحذر لأنه مادة مهيجة للعينين والجلد والجهاز التنفسي ومسببة للتآكل.

الطريقة

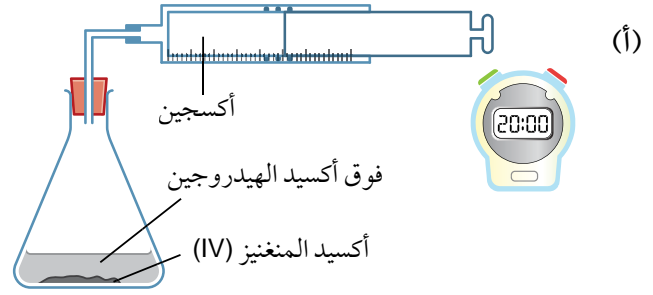
- 1 انقل حجم 10 mL من محلول حمض الكبريتيك تركيزه 2 mol/L إلى أنبوبة تسخين.
- 2 أضف قطعة من شريط ماغنيسيوم طولها 5 cm إلى أنبوبة الاختبار، وشغل ساعة الإيقاف.
- 3 عندما يتوقّف التفاعل سجّل الزمن الذي استغرقه التفاعل.
- 4 اذكر العوامل التي يمكنها أن تزيد معدّل سرعة التفاعل أو تقلله.
- 5 اختر أحد هذه العوامل، ثم خطّط استقصاءً لتكتشف كيف يؤثّر هذا العامل على معدّل سرعة التفاعل.
- 6 يجب أن يُعطي الاستقصاء الخاص بك نتائج كافية تجعلك قادراً على رسم تمثيلاً بيانياً يوضح أثر العامل على معدّل سرعة التفاعل.

أسئلة

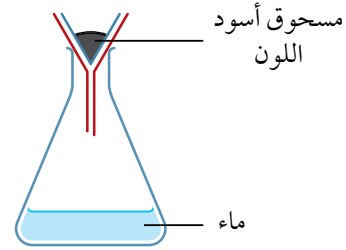
- 1 أنجز الاستقصاء، وعلّق على أي صعوبات قد تواجهها، وكيف يمكنك أن تحسّن طريقتك.
- 2 اكتب استنتاجاً منطقياً يشرح كيف يؤثّر «العامل الذي اخترته» على معدّل سرعة التفاعل. ولماذا؟

نظرية التصادم

تحدث التفاعلات الكيميائية عندما تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة بعضها ببعض، وفي التفاعلات التي تتضمن مواد صلبة تكون للمساحة السطحية للمادة المتفاعلة أهمية كبرى. فإذا تم تكسير المادة الصلبة إلى أجزاء أصغر سيتوفر المزيد من السطح المعرض للتفاعل. وهذا يعني توفر المزيد من المواقع التي تحدث عليها التصادمات والتي تتيح بالتالي حدوث المزيد من التفاعلات. إنّ حدوث تصادم بين جسيمين، لا يعني بالضرورة حدوث تفاعل. لكن من البديهي أنه، كلما ازداد عدد التصادمات بين الجسيمات في مدة زمنية معينة ازداد احتمال حدوث تفاعل ونتجت بالتالي زيادة في معدل سرعة التفاعل.



(ب)



الشكل ٩-٥ الأدوات والأجهزة اللازمة للتجربة F

ملاحظات علمية

- يجب أن تصادم جسيمات المواد المتفاعلة (ذرات، جزيئات، أيونات) لكي يحدث تفاعل كيميائي.
- لا يؤدي كل تصادم بين الجسيمات إلى حدوث تفاعل كيميائي. فهناك تصادمات فعالة تؤدي إلى حدوث تفاعل، وهناك تصادمات أخرى غير فعالة لا تؤدي إلى حدوث تفاعل.

العامل الحفّاز Catalyst: مادة تزيد معدل سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تتغير كيميائياً في نهاية التفاعل ولا تستهلك خلال هذا التفاعل.

تعمل العديد من العوامل الحفّازة عن طريق توفير مساحة سطحية يمكن أن تتفاعل عليها جزيئات أو ذرات أخرى. كما تعمل عوامل حفّازة أخرى بطرائق أكثر تعقيداً. ولهذا السبب من الخطأ القول إن العوامل الحفّازة لا تشارك في التفاعل الكيميائي؛ فبعضها يشارك بالفعل في مرحلة من مراحل التفاعل الكيميائي، ثم يعود إلى تركيبه السابق، لذلك تبقى كتلته ثابتة في نهاية التفاعل. لأن العامل الحفّاز لا يتغير كيميائياً.

تشرح النقاط السابقة ما يسمّى بـ **نظرية التصادم** **Collision theory** والتي يمكن تطبيقها في حالات أخرى. فعندما يكون تركيز المحلول أكبر فهذا يعني وجود المزيد من جسيمات المادة المتفاعلة في حجم معين فتصبح التصادمات أكثر تكراراً، الأمر الذي يتيح في الغالب فرصة أكبر لحدوث تصادمات فعالة، وبالتالي يؤدي إلى حدوث التفاعل الكيميائي. وهذا يعني أن معدل سرعة التفاعل الكيميائي يصبح أكبر عندما يزداد تركيز المواد المتفاعلة. يوضح الشكل (٥-١٠) التفاعل الذي يحدث بين الخارصين وحمض الهيدروكلوريك وكيف يؤثر تكرار عملية التصادم على تغيير معدل سرعة التفاعل.

أن تعطي تعريفاً كاملاً للعامل الحفّاز حيث تتضمن إجابتك أن العامل الحفّاز بحد ذاته لم يتعرض لأي تغير كيميائي في نهاية التفاعل.

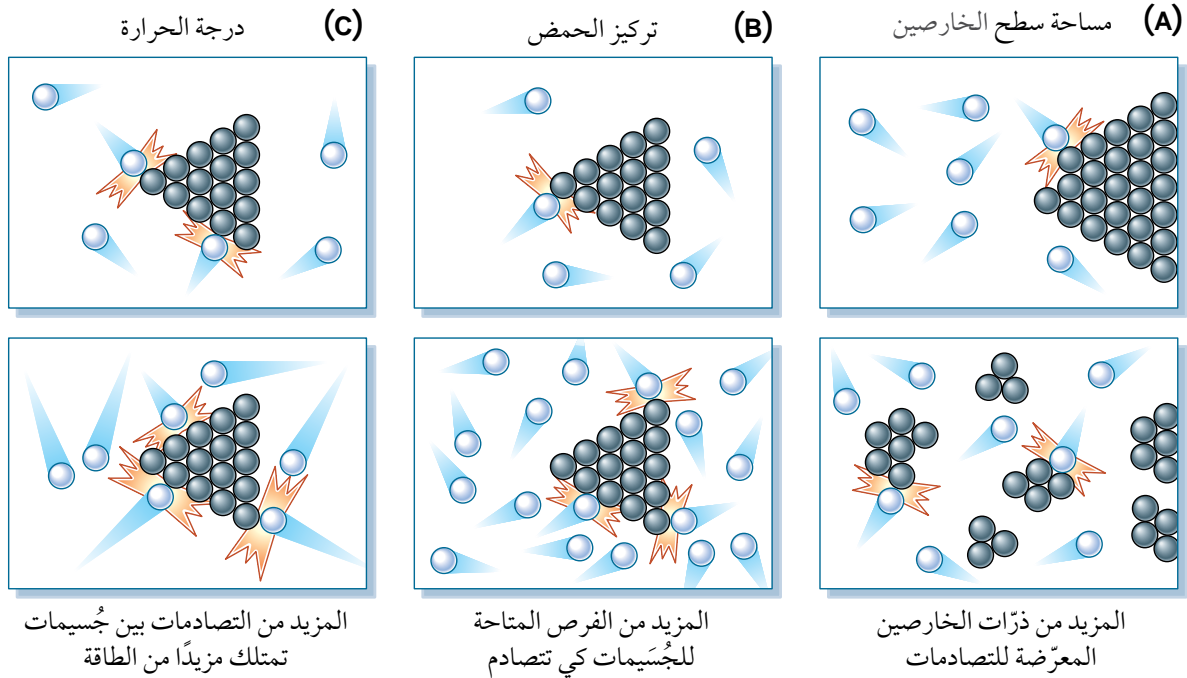
عند درجات الحرارة المُرتفعة تتحرّك بمعدّل أسرع. وهذا يعني أن التصادمات سوف تحدث بشكل أكثر تكراراً. الأمر الذي يتيح فرصة أكبر لحدوث تصادمات فعّالة وبالتالي يؤدي إلى حدوث التفاعل (الشكل ٥-١٠ (C)). أضف إلى ذلك أن الجسيمات ستمتلك المزيد من الطاقة عند درجات الحرارة المُرتفعة، ما يزيد فرص حدوث تصادم ينتج عنه تفكيك للروابط الموجودة في جسيمات المواد المُتفاعلة، وتشكّل روابط جديدة بما يؤدي لتكوّن النواتج.

للمعلومة

عندما تشرح تأثيرات مساحة السطح والتركيز، باستخدام نظرية التصادم، تذكر أن المُهم هو وتيرة التصادم - لا تحدث عن "تصادم أكثر" ولكن عن "ازدياد وتيرة التصادم". أما بخصوص تأثير درجة الحرارة، فسوف يكون من المهم أيضاً الإشارة إلى "ازدياد الطاقة"، بالإضافة إلى ازدياد وتيرة التصادم.

عندما يتم تكسير المواد المُتفاعلة الصلبة إلى قطع أصغر أو تحويلها إلى مسحوق، فإن معدّل سرعة التفاعل يكون أكبر مع زيادة مساحة السطح. ومساحة السطح الأكبر تعني وجود المزيد من جسيمات المواد المُتفاعلة المُعرضة للتفاعل على السطح، وبالتالي حدوث التصادمات بوتيرة أكبر، ما يؤدي إلى ازدياد فرص حدوث التفاعل. وهذا يعني أن معدّل سرعة التفاعل سيزداد (الشكل ٥-١٠ (A)).

وعندما يكون تركيز المحلول أكبر يكون معدّل سرعة التفاعل أكبر. فالمحلول الأكثر تركيزاً يحتوي على المزيد من جسيمات المادة المُتفاعلة في حجم مُحدّد. ولذلك سوف تكون وتيرة التصادمات أكبر في الغالب. ومع حدوث المزيد من التصادمات تزداد أمام الجسيمات فرص التفاعل. وهذا يعني أن معدّل سرعة التفاعل الكيميائي سوف يكون أكبر عندما يزداد تركيز المواد المُتفاعلة (الشكل ٥-١٠ (B)). وكذلك عندما ترتفع درجة الحرارة يحدث التفاعل بمعدّل سرعة أكبر. ذلك أن الجسيمات



الشكل ٥-١٠ استخدام نظرية التصادم لنفسر كيف تؤثر العوامل المتنوعة في معدل سرعة التفاعل الذي يحدث بين الخارصين وحمض الهيدروكلوريك

أما العامل الحفّاز، فإن دوره هو تقليل كميّة الطاقة اللازمة لتفكيك الروابط. وهذا بدوره يقلّل من طاقة تنشيط التفاعل ما يسمح بحدوث المزيد من التصادمات الفعّالة التي تزيد احتمال تكوّن المواد الناتجة. لذلك يصبح معدّل سرعة التفاعل أكبر.

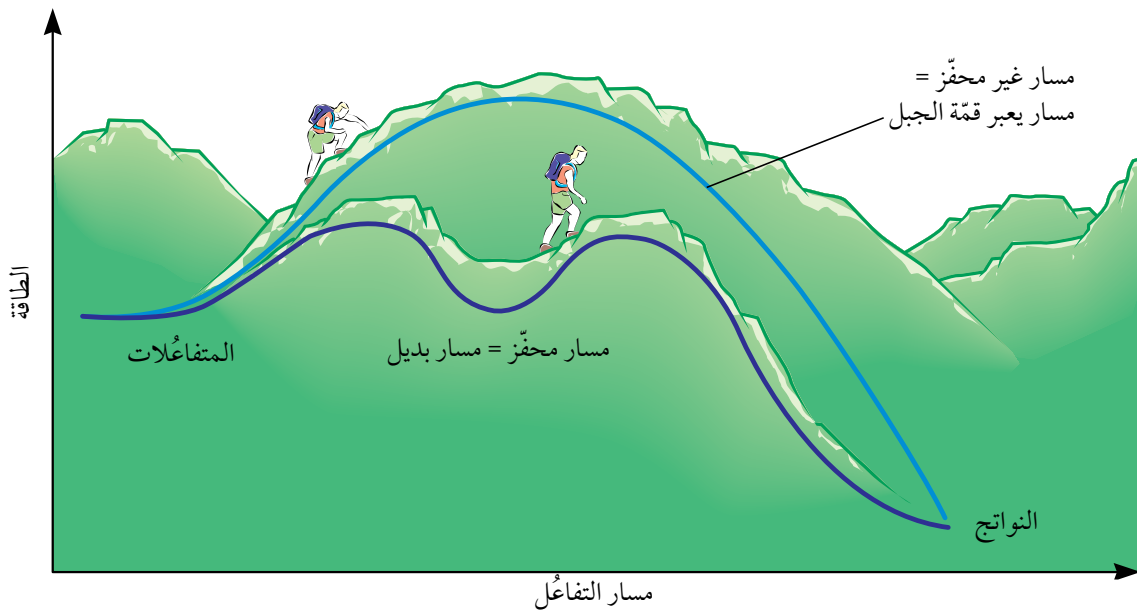
ولتوضيح كيفية عمل العامل الحفّاز، لنفترض أننا ننتزّه سيراً على الأقدام في الجبل الأخضر مثلاً، وهو أحد الجبال الشهقة في السلطنة، والذي يبلغ ارتفاعه 2980 م. وسوف نبدأ من إحدى جهتيّ الجبل وهدفنا الوصول إلى الجهة الأخرى منه. يمكننا الذهاب بشكل مباشر نحو قمة الجبل. وهذا يتطلب منا أن نكون نشيطين للغاية. ولكننا نفضّل إيجاد مسار بديل عبر هذه الجبال. وهذا المسار سوف يتطلب طاقة أقلّ من تسلّق القمة. ونحن في مقاربتنا لهذه المسألة نعتبر أن نقطة البداية هي المواد المتفاعلة، وأن نقطة النهاية هي المواد الناتجة. ويكون المسار عبر قمة الجبل مُشابهاً للمسار غير المحفّز (في غياب العامل الحفّاز) في حين أن المسار البديل والأسهل عبر الجبال يكون مُشابهاً للمسار المُحفّز (في وجود العامل الحفّاز) (الشكل ٥-١١).

طاقة التنشيط

لن يودّي كل تصادم بين الجسيمات في المخلوط المتفاعل إلى حدوث تفاعل. من الضروري أن نعلم أننا نحتاج إلى كميّة مُحدّدة من الطاقة للبدء بتفكيك الروابط. ويُعرف هذا الحد الأدنى من الطاقة باسم **طاقة تنشيط Activation energy** التفاعل.

عندما تتصادم الجسيمات، يجب أن تمتلك طاقة أكبر من طاقة التنشيط، وإلا فإنها لن تتفاعل. و تمتلك التفاعلات المختلفة طاقات تنشيط مختلفة، لأن الروابط التي سيتم كسرها في المواد المتفاعلة تمتلك قوى وطاقات مختلفة. ويمكن للتفاعل الكيميائي أن يحدث فقط عندما تتصادم الجسيمات المتفاعلة فيما بينها، مع طاقة كافية لتكسير روابطها.

لا تؤديّ زيادة مساحة السطح أو تركيز المواد المتفاعلة إلى زيادة كميّة الطاقة التي تمتلكها الجسيمات، بل تؤديّ فقط لزيادة وتيرة تصادمها. إلا أن رفع درجة حرارة التفاعل سيؤديّ لزيادة عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة أكبر من طاقة التنشيط من جهة، ولزيادة وتيرة التصادم بين هذه الجسيمات من جهة أخرى.



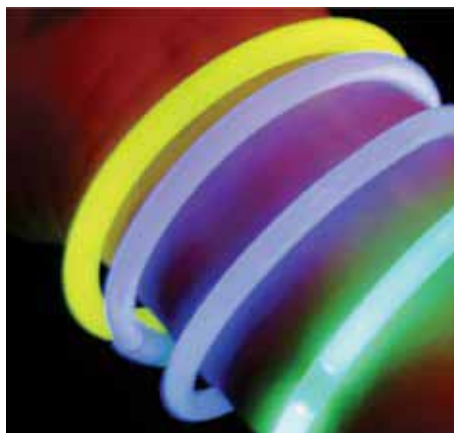
الشكل ٥-١١ قد يكون الحاجز بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة مرتفعاً إلى درجة لا تستطيع معها تلك المواد تجاوزه باستثناء المواد الأكثر نشاطاً (الأكثر طاقة). وبوجود العامل الحفّاز تستطيع المواد تجاوزه حتى تلك الأقل نشاطاً

على شكل حرارة وضوء. ويكون هذا التفاعل الكيميائي طارداً للحرارة **Exothermic reaction**. ويذكر أن عملية دمج عُنصرَي الماغنيسيوم والأكسجين معاً لتشكيل المُركَّب الجديد، عملية يصعب عكسها (يصعب تفكيك المُركَّب وإعادةه إلى موادّه الأوَّلية).



الصورة ٦-٥ يحترق الماغنيسيوم بقوة في الأكسجين

بعض التفاعلات الكيميائية الأخرى مثل تلك الموجودة في "الأساور المتوهجة" الفلورسنتية، (الصورة ٧-٥) تنتج ضوءاً. حيث يتم إطلاق الطاقة على شكل ضوء. تُسمّى هذه العملية التّضوؤ الكيميائي **Chemiluminescence**.



الصورة ٧-٥ الأساور التي تتوهج في الظلام. الأساور المتوهجة أنابيب بلاستيكية شفافة تُستخدم لمرة واحدة فقط، وهي تحتوي على مواد كيميائية مفصولة بعضها عن بعض بواسطة حاجز زجاجي. عندما يتم الضغط على الأنبوبة، ينكسر الحاجز الزجاجي، فيؤدّي اختلاط المواد إلى حدوث تفاعل كيميائي ينتج عنه تّضوؤ كيميائي

أسئلة

- ٦-٥ ما هو العامل الحفّاز؟
 ٧-٥ هل يؤدّي وجود العامل الحفّاز إلى زيادة طاقة تنشيط التفاعل أم إلى تقليلها؟
 ٨-٥ في ضوء نظرية التصادم لماذا يصبح معدّل سرعة التفاعل أكبر عند إجراء التغييرات الآتية:
 أ. ارتفاع درجة الحرارة.
 ب. زيادة مساحة السطح للمادة المتفاعلة الصلبة.
 ج. زيادة تركيز محلول مادة متفاعلة.

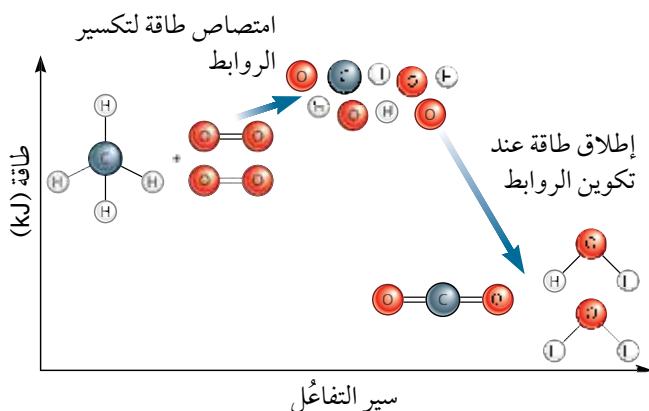
٣-٥ تغيّرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

تُطلق بعض التفاعلات الكيميائية كمّيات هائلة من الطاقة. من المعروف مثلاً أنّ الحرائق غير المُنضبطة في حقول النفط في الصحاري تُطلق حرارة كافية لتحويل الرمل المحيط إلى زجاج. وتنتج حرائق الغابات، مثل حرائق غابات الأمازون المطيرة أو حرائق أستراليا التي شبّت خلال العام 2019، موجات هائلة من الحرارة (الصورة ٥-٥). تلحق الحرائق أضراراً جسيمة بالحياة البرية، ويتطلّب إطفائها جهوداً وشجاعة كبيرة.



الصورة ٥-٥ حريق في غابة

عندما يحترق الماغنيسيوم في الأكسجين (الصورة ٦-٥)، يتكوّن رماد أبيض كمادّة جديدة، هي أكسيد الماغنيسيوم. يُنتج احتراق الماغنيسيوم لهباً أبيض لامعاً، وتحرّر الطاقة



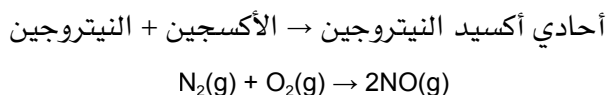
الشكل ١٢-٥ احتراق الميثان مع الأكسجين. يبدأ أولاً بتكسير الروابط في المواد المتفاعلة، يليه تكوّن الروابط الجديدة في النواتج

ويُعد احتراق الميثان تفاعلاً طارداً للحرارة. حيث يطلق الحرارة، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة محيط مخلوط التفاعل.

تفاعل النيتروجين والأكسجين

تعدّ التفاعلات الماصة للحرارة أقل شيوعاً بكثير من التفاعلات الطاردة للحرارة. وفي هذه الحالة، يتمّ امتصاص طاقة حرارية من محيط مخلوط التفاعل، ممّا يؤدي إلى خفض درجة حرارة هذا المحيط. إن التفاعل بين النيتروجين والأكسجين الذي يُنتج أحادي أكسيد النيتروجين، هو تفاعل يتمّ خلاله امتصاص الطاقة الحرارية من محيط المخلوط. ويكون هذا التفاعل الكيميائي ماصاً للحرارة Endothermic reaction.

والتفاعل بين النيتروجين والأكسجين هو أحد التفاعلات التي تحدث في محرك السيارة عند درجات الحرارة العالية ومُعادلة هذا التفاعل هي الآتية:

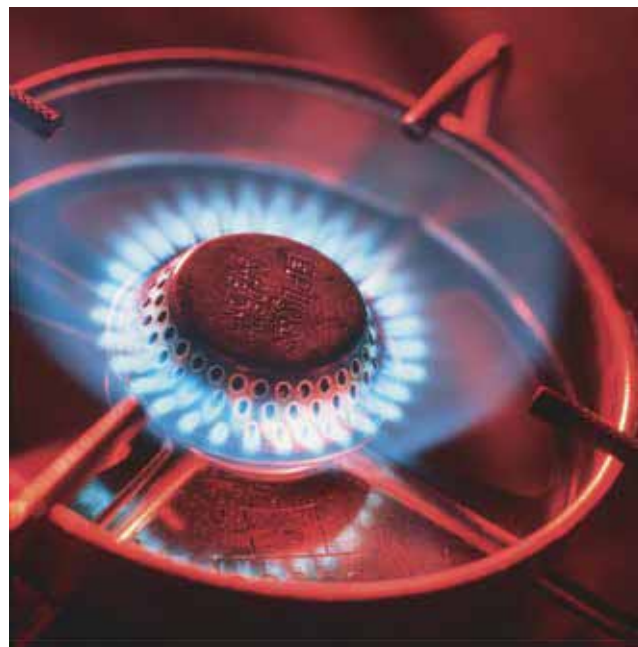


مصطلحات علمية

التفاعل الطارد للحرارة Exothermic reaction: هو التفاعل الذي يطلق الحرارة الناتجة منه نحو محيطه الخارجي.

التفاعل الماص للحرارة Endothermic reaction: هو التفاعل الذي يمتص الحرارة التي يحتاجها من محيطه الخارجي.

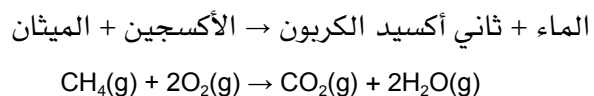
ونحن نستخدم تفاعلات مماثلة يمكن التحكم بها، لتوفير الحرارة للمنازل وللصناعة. إذ يتمّ حرق الغاز الطبيعي، الذي يتكوّن بشكل رئيسي من غاز الميثان، في ظروف يتمّ التحكم بها، لإنتاج الحرارة المُستخدمة للطهي في أغلب المنازل (الصورة ٨-٥).



الصورة ٨-٥ حلقة غاز مُضيئة على موقد

تفاعل الميثان والأكسجين

تحتوي جزيئات الهيدروكربونات على عنصرَي الكربون والهيدروجين فقط. ويُعدّ الميثان أبسط الهيدروكربونات. وعندما يحترق الميثان بوجود الأكسجين (الشكل ٥-١٢) يُنتج هذا التفاعل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، كما في المعادلة الآتية:



للإشارة

من المفيد أن نتذكّر أن تفاعلات الاحتراق تكون دائماً طاردة للحرارة. أنّ التفاعلات الطاردة للحرارة أكثر شيوعاً من التفاعلات الماصة للحرارة.

نشاط ٥-٤

التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة

المهارات:

- يبيّن بطريقة عملية المعرفة المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتباع سلسلة من التعليمات المناسبة).
 - ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقدير.
 - يفسّر الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.
- ينتج دائماً تغيّر في الطاقة الإجمالية عند حدوث أي تفاعل كيميائي. يهدف هذا النشاط إلى استقصاء ما إن كان يحدث امتصاص للحرارة (تفاعل ماص للحرارة) أو إطلاق للحرارة (تفاعل طارد للحرارة) خلال ثلاثة تفاعلات كيميائية مختلفة.

• ضع النظارة الواقية (لحماية عينيك).

الطريقة

١ قم بإعداد جدول نتائج كالجدول المقابل.

٢ ضع 50 mL من الماء في كوب من البوليسترين. قس درجة حرارة الماء وسجّل قيمتها في عمود "قبل" في جدول النتائج.

٣ أضف مقدار ثلاث ملاعق كيماويات من كبريتات النحاس (II) اللامائية إلى الماء. حرّك بوساطة ميزان حرارة (ثرموتر). استمرّ في ملاحظة درجة الحرارة.

٤ سجّل في عمود "بعد" في جدول النتائج درجة الحرارة التي وصلت إليها والمرتبطة بانتهاء التفاعل. احسب التغيّر في درجة الحرارة ودوّنه في عمود "التغيّر" في

الجدول. دوّن أيضاً ملاحظاتك واستنتاجك حول ما إذا كانت التجربة طاردة للحرارة أو ماصة للحرارة.

٥ دع المحلول الناتج عن الخطوة ٤ ليبرد وقس درجة حرارته. ثم أضف مقدار ثلاث ملاعق كيماويات من مسحوق الخارصين إلى هذا المحلول. ثم حرّك المخلوط. سجّل درجة الحرارة ودوّن ملاحظاتك في الجدول (التجربة 2).

٦ أفرغ كوب البوليسترين واغسله وضع فيه 50 mL من الماء. وقس درجة حرارته، ثم أضف ثلاث ملاعق كيماويات من نترات الأمونيوم الصلب (NH_4NO_3). سجّل درجة الحرارة مع ملاحظاتك في الجدول (التجربة 3).

جدول النتائج

طارد للحرارة أو ماص للحرارة	الملاحظات	درجة الحرارة (°C)			التجربة
		التغيّر	بعد	قبل	
					1
					2
					3

الأسئلة

- ١ أي من هذه التفاعلات طارد للحرارة وأي منها ماص للحرارة؟
- ٢ لماذا يُستخدم كوب من البوليسترين لتنفيذ هذه التجارب؟
- ٣ كيف سيتأثر التغيّر في درجات الحرارة إذا قللنا كمية الماء المستخدم إلى النصف من (50 mL) إلى (25 mL)؟

أسئلة

- ٩-٥ صنّف التغيّرات الآتية إلى ماصة أو طاردة للحرارة:
- أ. تكثيف البخار إلى ماء.
 - ب. احتراق الماغنيسيوم.
 - ج. إضافة حمض الكبريتيك المُركّز إلى الماء.
 - د. تبخّر السائل المُتطاير.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- تحدث التفاعلات الكيميائية المختلفة عند مُعدّلات سرعة مختلفة إلى حدّ بعيد، ويمكن تغيير مُعدّل سرعة تفاعل معين عن طريق تغيير الظروف، بما فيها درجة الحرارة.
- تتم زيادة مُعدّل سرعة بعض التفاعلات باستخدام العامل الحفّاز.
- طاقة تنشيط التفاعل هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء هذا التفاعل.
- التغيّرات التي تزيد من تكرار عملية التصادم بين جُسَيْمات المواد المتفاعلة تؤدي إلى زيادة مُعدّل سرعة التفاعل.
- تتضمّن جميع التفاعلات الكيميائية على تغيّرات في الطاقة، وتطلق معظم التفاعلات الكيميائية طاقة حرارية نحو محيطها (تفاعلات طاردة للحرارة).
- تمتصّ بعض التفاعلات الكيميائية الطاقة الحرارية فتكون ماصة للحرارة.

أسئلة نهاية الوحدة

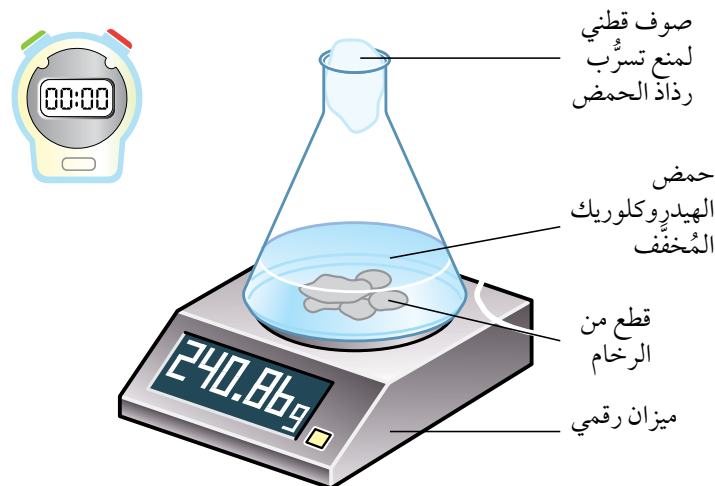
١ زواج بين كلٍّ من المصطلحات المُدرّجة في العمود الأيمن والتعريف الخاصّ به في العمود الأيسر:

مُعدّل سرعة التفاعل	مادة تزيد مُعدّل سرعة التفاعل الكيميائي من دون أن يتمّ استهلاكها.
العامل الحفّاز	تفاعل كيميائي يمتصّ الحرارة من محيطه.
تفاعل ماصّ الحرارة	تفاعل كيميائي يطلق الحرارة نحو محيطه.
تفاعل طارد للحرارة	السرعة التي يحدث عندها التفاعل الكيميائي.

٢ أكمل الجمل الآتية المتعلقة بمتابعة مُعدّل سرعة التفاعل مُستخدمًا كلمات من القائمة أدناه:

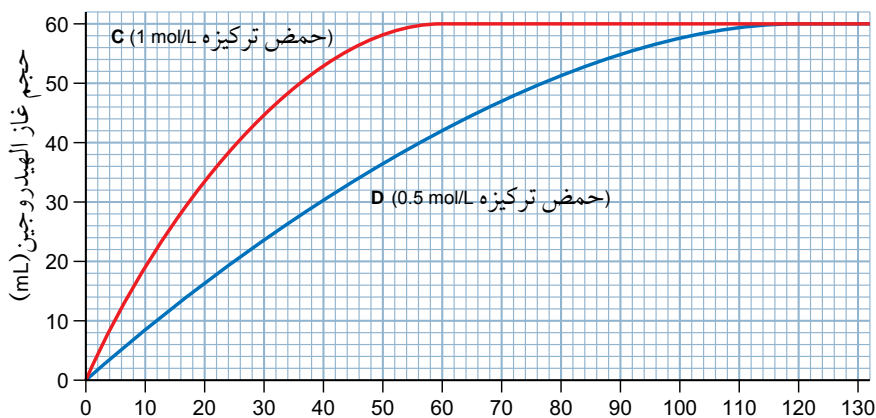
المحلّول	قياس	مادة ناتجة	مادة متفاعلة
اجمع	الميزان	راسب	
يمكن متابعة مُعدّل سرعة التفاعل عن طريق	مُعدّل استهلاك	أو	تكوّن
• التغيّرات في الكتلة: أكمل التجربة (والدورق موضوع) على	• جمع الغاز:	• اختفاء علامة x: عندما ينتج	• الرؤية من خلال

٣ يبيّن الشكل أدناه الأدوات اللازمة لمُتابعة مُعدّل سرعة التفاعل بين قطع الرخام (كربونات الكالسيوم) وحمض الهيدروكلوريك، وينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون ومحلّول كلوريد الكالسيوم والماء. يتم تكرار التجربة مرة أخرى باستخدام مسحوق الرخام بدلاً من قطع الرخام.



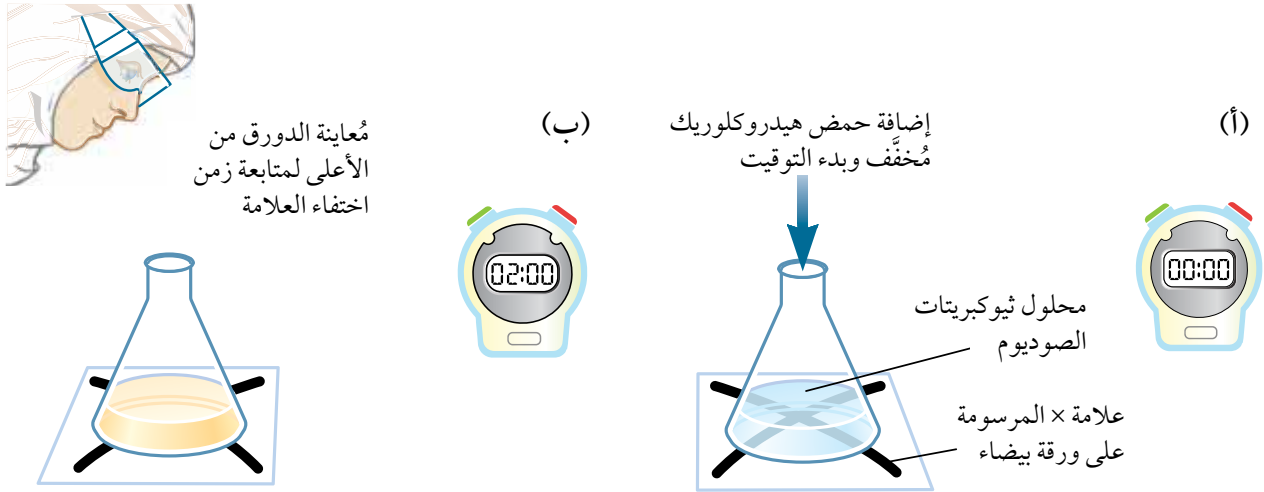
- اكتب المعادلة اللفظية لهذا التفاعل.
- حدّد المتغيّر المستقل الموجود في هذه التجربة.
- استنتج وحدة قياس المتغيّر التابع الموجود في هذه التجربة.
- صف كيف ستغيّر الكتلة خلال تنفيذ هذه التجربة.
- استخدم نظرية التصادم لتفسير تأثير استخدام مسحوق الرخام عوضاً عن قطع الرخام.

٤ يُظهر الشكل أدناه تمثيلاً بيانياً لحجم الغاز الذي تم جمعه عندما تفاعل شريط من الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.



- سمّ جهازاً واحداً يمكن استخدامه لقياس حجم الغاز الناتج.
- اقترح عنواناً للمحور السيني.
- استخدم نظرية التصادم لكي تفسّر لماذا يمتلك المنحنى C ميلاً صاعداً أكثر حدة من الذي يمتلكه المنحنى D.
- فسر: كلا التفاعلين يتجهان نحو نقطة النهاية نفسها.

٥ يبين الشكل أدناه الأدوات المستخدمة لدراسة مُعدّل سرعة التفاعل بين ثيوكبريتات الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك.



الذي تمثله المعادلة اللفظية الآتية:

الماء + ثنائي أكسيد الكبريت + الكبريت + كلوريد الصوديوم → حمض الهيدروكلوريك + ثيوكبريتات الصوديوم

نفذ طالب التجربة حول مُعدّل سرعة التفاعل عند درجة حرارة 20°C .

كرّر الطالب التجربة مرّةً أخرى ولكن هذه المرة باستخدام محاليل تم تبريدها إلى درجة حرارة 10°C .

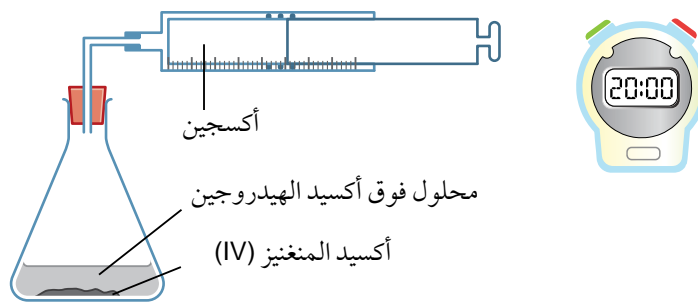
أ. مُستعيناً بمعادلة التفاعل، صف كيف يستطيع الطالب مُتابعة مُعدّل سرعة هذا التفاعل باستخدام هذه الأدوات. (علمًا بأنه لا يحدث أي نقص في الكتل ولا يتغير حجم مخلوط التفاعل أثناء التجربة)

ب. توقع الطالب أن التفاعل الذي يحدث عند درجة حرارة 20°C سيستغرق مدة زمنية أطول من ذلك الذي يحدث عند درجة حرارة 10°C . فسّر ما إذا كان هذا التوقع صحيحًا أم لا.

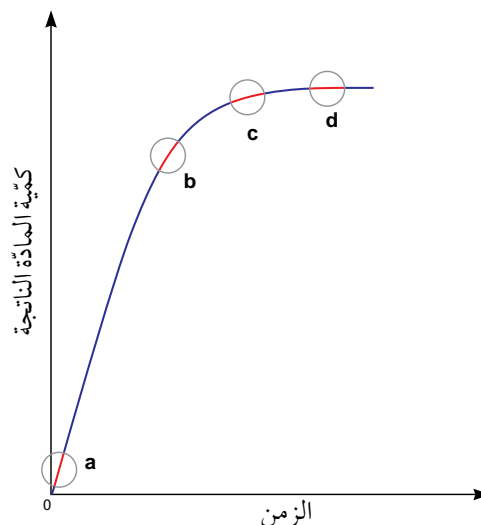
ج. استخدم نظرية التصادم لتفسير الفرق في مُعدّل سرعة التفاعل، بين التفاعل الذي يحدث عند درجة حرارة 10°C والتفاعل الذي يحدث عند درجة حرارة 20°C .

د. ضع خطةً توضح كيفية استخدام هذه التجربة لتظهر أن مضاعفة تركيز حمض الهيدروكلوريك تنتج عنه مضاعفة مُعدّل سرعة التفاعل أيضًا.

٦ يبيّن الشكل أدناه الأدوات والأجهزة اللازمة لمراقبة تفكك فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) لتكوين الماء وغاز الأكسجين بوجود أكسيد المنغنيز (IV).



- أ. سمّ الجهاز المُستخدَم لجمع الغاز وقياس حجمه.
 ب. ما دور أكسيد المنغنيز (IV) في هذا التفاعل؟
 ج. اقترح كيف يمكن للتجربة أن تثبت أن مادة أكسيد المنغنيز (IV) لم تُستهلك في هذا التفاعل.
 ٧. يبيّن الشكل أدناه تمثيلاً بيانياً لكمية المادة الناتجة المتكوّنة في تفاعل ما.



- أ. فسّر: يمرّ المنحنى عبر نقطة الأصل للتمثيل البياني.
 ب. صف النمط العام الموجود في التمثيل البياني.
 ج. فسّر: يتغيّر معدّل سرعة التفاعل بمرور الزمن في تفاعل معيّن.
 د. حدّد من المنحنى الحرف الذي يدلّ على اكتمال التفاعل.
 هـ. ارسم على التمثيل البياني نفسه منحنى التفاعل نفسه ولكن عند درجة حرارة أدنى.
 ٨. قام أحد الطلاب باستقصاء تغيّر الطاقة في أربع عمليات كيميائية مختلفة. في كل تجربة، أُضيف مقدار ثلاث ملاعق كيمائيات من مسحوق صلب إلى 10 mL من الماء. وسجّلت درجات الحرارة في بداية ونهاية كل تجربة في جدول النتائج المبين أدناه.

درجة الحرارة (°C)		التجربة	
التغيّر في درجة الحرارة	في النهاية	في البداية	
	14	22	1
	33	23	2
	12	20	3
	32	21	4

- أ. حدّد الأدوات التي سيستخدمها الطالب لإجراء هذه التجارب.
 ب. أكمل جدول نتائج الطالب من خلال احتساب تغيّر درجة الحرارة لكل تجربة.
 ج. حدّد التجارب الماصة للحرارة موضّحاً السبب.
 د. فسّر ماذا يحدث للطاقة الحرارية خلال التفاعلات الماصة للحرارة.
 هـ. استنتج أي تجربة هي الأكثر طرداً للحرارة موضّحاً السبب.
 و. وضح تغيّرين يمكن إجراؤهما لزيادة مقدار التغيّر في درجة الحرارة في هذه التجارب.

مصطلحات علمية

- الانتشار Diffusion:** هو انتقال الموائع من منطقة ذات تركيز مرتفع باتجاه منطقة ذات تركيز منخفض نتيجة لحركة جسيماتها العشوائية، مما يؤدي في النهاية إلى تجانس تركيز تلك الجسيمات في كامل المخلوط.
- لا تحدث عملية الانتشار في المواد الصلبة. وتكون عملية الانتشار في المواد السائلة أبطأ بكثير مما هي عليه في الغازات. (ص ٢٤)
- الانصهار Melting:** هو تغير حالة المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. (ص ١٦)
- الأيون Anion:** الذرة التي اكتسبت إلكترونًا واحدًا أو أكثر (الأيون السالب). (ص ٦٩)
- الأيون lon:** جسيم فقد أو اكتسب إلكترونات. (ص ١٨)
- التبخّر Evaporation:** هو تغير حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة حرارة أدنى من درجة الغليان. (ص ١٧)
- التبلور Crystallisation:** هو تشكّل بلورات عند ترك محلول فوق المشبع ليبرد. (ص ٢٨)
- التجمّد Freezing:** هو تغير حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة عند درجة الانصهار. (ص ١٦)
- الترشيح Filtration:** هو فصل المادة الصلبة عن السائل باستخدام ورق الترشيح. (ص ٢٧)
- التركيب الإلكتروني Electron arrangement:** هو تنظيم الإلكترونات في مستويات الطاقة المختلفة. (ص ٥٧)
- التفاعل الطارد للحرارة Exothermic reaction:** هو التفاعل الذي يطلق الحرارة الناتجة منه نحو محيطه الخارجي. (ص ٩٦)
- التفاعل الماص للحرارة Endothermic reaction:** هو التفاعل الذي يمتص الحرارة التي يحتاجها من محيطه الخارجي. (ص ٩٦)
- التقطير Distillation:** هو فصل سائل عن مخلوط بالاعتماد على الاختلاف في درجة الغليان. (ص ٢٩)
- التقطير التجزيئي Fractional distillation:** هو فصل مكونات مخلوط من السوائل باستخدام الاختلاف في درجة الغليان. (ص ٢٩)
- التكافؤ Valency:** التكافؤ في الرابطة التساهمية: هو عدد الروابط الأحادية التي يمكن لذرات عنصر ما أن تكونها.
- التكافؤ في الرابطة الأيونية:** هو عدد الإلكترونات التي تفقدها ذرة الفلز فتصبح أيونًا موجبًا، (وهو يساوي قيمة الشحنة الموجبة لذلك الأيون) أو: هو عدد الإلكترونات التي تكسبها ذرة اللافلز فتصبح أيونًا سالبًا (وهو يساوي قيمة الشحنة السالبة لذلك الأيون). (ص ٧٣)
- التكثف Condensation:** هو تغير حالة المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة. (ص ١٨)
- الجدول الدوري Periodic table:** هو الجدول الذي نُظمت فيه العناصر الكيميائية وفقًا لزيادة العدد الذري والتركيب الإلكتروني. (ص ٥٣)
- الحالة الفيزيائية Physical state:** للمادة ثلاث حالات، هي: الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية. (ص ١٥)
- الدورة Period:** صفّ في الجدول الدوري يحتوي على عناصر مرتبة وفقًا لتزايد أعدادها الذرية. (ص ٥٣)
- الرابطة الأيونية Ionic bond:** هي الرابطة التي تنشأ من التجاذب الكهروستاتيكي بين أيونات ذات شحنات متعاكسة (أيونات وكاتيونات). ينتج عن هذه الرابطة مركبات أيونية Ionic compounds. (ص ٦٩)
- الرابطة التساهمية Covalent bond:** هي الرابطة التي تنشأ من التشارك في زوج واحد من الإلكترونات أو أكثر بين ذرتين. ينتج عن هذه الرابطة مركبات تساهمية جزيئية Molecular covalent compounds. (ص ٦٩)
- طاقة التنشيط Activation energy:** الحد الأدنى من الطاقة التي يجب أن تمتلكها الجزيئات المتفاعلة لحدوث التفاعل. (ص ٩٤)
- العامل الحفّاز Catalyst:** مادة تزيد مُعدّل سرعة التفاعل الكيميائي من دون أن تتغير كيميائيًا في نهاية التفاعل ولا تستهلك خلال هذا التفاعل. (ص ٩٢)
- العدد الذري Atomic number:** هو عدد البروتونات في نواة ذرة العنصر. (ص ٤٤)
- العدد الكتلي Mass number:** هو العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات في نواة ذرة العنصر. (ص ٤٤)
- الغليان Boiling:** هو تغير حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة غليان السائل. (ص ١٧)

الكاتيون Cation: هو الذرة التي فقدت إلكترونًا واحدًا أو أكثر (الأيون الموجب). (ص ٦٩)

الكروماتوجرافيا (الاستشراب) (كروماتوجرافيا الورق)

Chromatography: تقنية تسمح بفصل مكونات مخلوط من مواد مُذابة ملوثة أو غير ملوثة (باستخدام ورق ومذيب). (ص ٣٠)

المادة Matter: أي شيء له كتلة ويشغل حيزًا من الفراغ. وللمادة ثلاث حالات فيزيائية هي: الصلبة والسائلة والغازية. (ص ١٦)

المجموعة Group: عمود في الجدول الدوري يحتوي على عناصر لها خصائص كيميائية متماثلة. (ص ٥٣)

المحلول Solution: مخلوط من مادتين، هما:

المُذاب Solute: المادة التي تذوب.

المُذيب Solvent: السائل الذي تذوب فيه المادة المُذابة.

(ص ٢٣)

معدل سرعة التفاعل Rate of reaction: هو سرعة تكوّن نواتج التفاعل الكيميائي (أو سرعة استهلاك المواد المتفاعلة).

(ص ٨٢)

هناك نوعان من المواد النقية **Pure substances**، وهما العناصر، والمركبات:

العُنصر Element: مادة لا يمكن تجزئتها كيميائيًا إلى مواد أبسط منها.

المركب Compound: مادة مُكوّنة من عنصرين، أو عدّة

عناصر، مترابطة كيميائيًا. (ص ٤٠)

النظائر Isotopes: ذرات للعنصر نفسه، تملك العدد الذري نفسه، لكنّها تختلف في العدد الكتلي. (ص ٤٦)

الجدول الدوري للعناصر

				المجموعة III	المجموعة IV	المجموعة V	المجموعة VI	المجموعة VII	المجموعة VIII
				5 B Boron بورورن 11	6 C Carbon كربون 12	7 N Nitrogen نيتروجين 14	8 O Oxygen أكسجين 16	9 F Fluorine فلور 19	2 He Helium هيليوم 4
				13 Al Aluminium ألومنيوم 27	14 Si Silicon سيلكون 28	15 P Phosphorus فوسفور 31	16 S Sulfur كبريت 32	17 Cl Chlorine كلور 35.5	10 Ne Neon نيون 20
27 Co Cobalt كوبالت 59	28 Ni Nickel نيكل 59	29 Cu Copper نحاس 64	30 Zn Zinc خارصين 65	31 Ga Gallium غالسيوم 70	32 Ge Germanium جيرمانيوم 73	33 As Arsenic زرنيخ 75	34 Se Selenium سيلينيوم 79	35 Br Bromine بروم 80	18 Ar Argon أرجون 40
45 Rh Rhodium روديوم 103	46 Pd Palladium بالاديوم 106	47 Ag Silver فضة 108	48 Cd Cadmium كادميوم 112	49 In Indium إنديوم 115	50 Sn Tin قصدير 119	51 Sb Antimony أنثيمون 122	52 Te Tellurium تيلوريوم 128	53 I Iodine يود 127	36 Kr Krypton كربتون 84
77 Ir Iridium إيريديوم 192	78 Pt Platinum بلاتين 195	79 Au Gold ذهب 197	80 Hg Mercury زئبق 201	81 Tl Thallium ثاليوم 204	82 Pb Lead رصاص 207	83 Bi Bismuth بيزموث 209	84 Po Polonium بولونيوم -	85 At Astatine أستاتين -	54 Xe Xenon زينون 131
86 Rn Radon رادون -									

63 Eu Europium أوروبيوم 152	64 Gd Gadolinium غادولينيوم 157	65 Tb Terbium تيربيوم 159	66 Dy Dysprosium ديسبروسيوم 163	67 Ho Holmium هولميوم 165	68 Er Erbium إيريبيوم 167	69 Tm Thulium ثوليوم 169	70 Yb Ytterbium إيتربيوم 173	71 Lu Lutetium لوتيشيوم 175
95 Am Americium أميرسيوم -	96 Cm Curium كوريوم -	97 Bk Berkelium بيركليوم -	98 Cf Californium كاليفورنيوم -	99 Es Einsteinium أنشتاينيوم -	100 Fm Fermium فيرميوم -	101 Md Mendelevium مانديليفيوم -	102 No Nobelium نوبيليوم -	103 Lr Lawrencium لاورنسيوم -

المفتاح

a
X
الاسم
b

a = العدد الذري

X = الرمز

b = الكتلة الذرية النسبية

1
H
Hydrogen
هيدروجين
1

المجموعة
المجموعة

الدورة 1

الدورة 2

الدورة 3

الدورة 4

الدورة 5

الدورة 6

الدورة 7

3 Li Lithium ليثيوم 7	4 Be Beryllium بريليوم 9						
11 Na Sodium صوديوم 23	12 Mg Magnesium ماغنسيوم 24						
19 K Potassium بوتاسيوم 39	20 Ca Calcium كالمسيوم 40	21 Sc Scandium سكانديوم 45	22 Ti Titanium تيتانيوم 48	23 V Vanadium فناديوم 51	24 Cr Chromium كروم 52	25 Mn Manganese منغنيز 55	26 Fe Iron حديد 56
37 Rb Rubidium روبيديوم 86	38 Sr Strontium سترونشيوم 88	39 Y Yttrium يتريوم 89	40 Zr Zirconium زيركونيوم 91	41 Nb Niobium نيوبيوم 93	42 Mo Molybdenum موليبدينوم 96	43 Tc Technetium تكنيشيوم -	44 Ru Ruthenium روثينيوم 101
55 Cs Caesium سيسيزيوم 133	56 Ba Barium باريوم 137	La to Lu	72 Hf Hafnium هافنيوم 178	73 Ta Tantalum تانتالوم 181	74 W Tungsten تغنستن 184	75 Re Rhenium رينيوم 186	76 Os Osmium اوزميوم 190
87 Fr Francium فرانسيوم -	88 Ra Radium راديوم -	Ac to Lr					

57 La Lanthanum لانثانوم 139	58 Ce Cerium سيريوم 140	59 Pr Praseodymium برازيوديوميوم 141	60 Nd Neodymium نيوديوميوم 144	61 Pm Promethium بروميثيوم -	62 Sm Samarium ساماريوم 150
89 Ac Actinium أكتينيوم -	90 Th Thorium ثوريوم -	91 Pa Protactinium بروتأكتينيوم -	92 U Uranium يورانيوم -	93 Np Neptunium نبتونيوم -	94 Pu Plutonium بلوتونيوم -

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفون والناشرون بالشكر الجزيل إلى جميع من منحهم حقوق استخدام مصادرههم أو مراجعهم. وبالرغم من رغبتهم في الإعراب عن تقديرهم لكل جهد تم بذله، وذكر كل مصدر تم استخدامه لإنجاز هذا العمل، إلا أنه يستحيل ذكرها وحصرها جميعاً. وفي حال إغفالهم لأي مصدر أو مرجع فإنه يسرهم ذكره في النسخ القادمة من هذا الكتاب.

HRAUN/GI; CHARLES D. WINTERS/SPL; ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SPL (x2); V. Belov/Shutterstock; ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SPL (x2); GRAHAM J. HILLS/SPL; Srg Gushchin/Shutterstock; Richard Harwood; Jeffrey Hamilton/GI; Kerrick/GI; CHRISTOPH BURGSTEDT/SCIENCE PHOTO LIBRARY/GI; Turnervisual/GI; Kerstin Waurick/GI; boscorelli/Shutterstock; CHARLES D. WINTERS/SPL; MARTYN F. CHILLMAID/SPL and Oman Ministry of Education; SCOTT CAMAZINE/K. VISSCHER/SPL; MARTYN F. CHILLMAID/SPL; Leslie Garland Picture Library; TEK IMAGE/SPL

SPL = Science Photo Library, GI = Getty Images



رقم الإيداع
٢٠٢٠ / ٢٨١٥

الكيمياء

9 كتاب الطالب

يزخر كتاب الطالب بالعديد من الموضوعات مع شرح واضح وسهل لكل المفاهيم المتضمنة في هذه الموضوعات، ويقدم أنشطة ممتعة لاختبار مدى فهم الطلاب.

يتضمن كتاب الطالب:

- أنشطة عملية في كل وحدة، لمساعدة الطلاب على تطوير مهاراتهم العملية.
- أسئلة عن كل موضوع لتعزيز الفهم.
- مصطلحات علمية رئيسية موضحة في الوحدات، فضلاً عن قاموس للمصطلحات يرد في آخر الكتاب.
- أسئلة في نهاية كل وحدة من شأنها تأهيل الطلاب لخوض الاختبارات.

إجابات الأسئلة متضمنة في دليل المعلم.

يشمل منهج الكيمياء للصف التاسع من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب النشاط
- دليل المعلم

ISBN 978-99969-3-511-4



9 789996 935114 >