المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

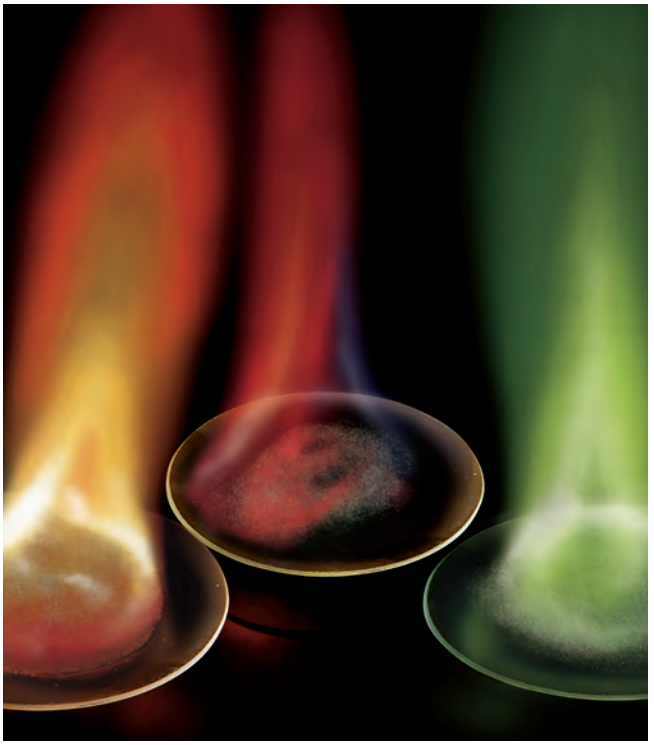
قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

كيمياء ١

التعليم الثانوي

(نظام المقررات)

(البرنامج المشترك)



قام بالتأليف والمراجعة

فريق من المتخصصين

طبعة ١٤٣٩ ـ ١٤٤٠هـ

٢٠١٨ ـ ٢٠١٩م

يُوزع مجانا ولا يُباع

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٣٧هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
كيمياء١ (النظام المشترك – نظام المقررات – كتاب الطالب). / وزارة التعليم.– الرياض ، ١٤٣٧هـ
٢٠٨ ص ؛ ٥ , ٢٧ x ٢١سم
ردمك : ٢– ٣٤٩– ٥٠٨– ٦٠٣– ٩٧٨

أ– علم الكيمياء – كتب دراسية ٢– التعليم الثانوي – السعودية –
كتب دراسية أ. العنوان
ديوي ٥٤٠،٧١٢ ١٤٣٧/١٠٣٥٩

رقم الإيداع :١٤٣٧/١٠٣٥٩
ردمك :٢- ٣٤٩- ٥٠٨- ٦٠٣- ٩٧٨

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين"

IEN.EDU.SA

تواصل بمقترحاتك لتطوير الكتاب المدرسي

FB.T4EDU.COM

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

رموز السلامة في المختبر
المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات ، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، تماس كهربائي، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق اكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استُنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعًا أو حريقًا للملابس.

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

الإسعافات الأولية في المختبر

أخبر معلمك في الحال عن أي حوادث قد تقع، وعليك أن تكون على علم بما يلي:

- احتياطات السلامة في المختبر.
- كيف ومتى تبلغ عن حادث، أو إصابة أو جرح، أو مادة مسكوبة.
- مكان صندوق الإسعافات الأولية ومستلزماتها، ومواقع كل من أجهزة إنذار الحريق والهاتف ومكتب الممرض في المدرسة.

الموقف	الاستجابة الآمنة
الحروق	يُسكب عليها الماء البارد بغزارة .
الجروح والكدمات	اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية.
الصدمات الكهربائية	تزويد الشخص بالهواء المنعش، وتمديد الشخص المصاب في وضع يكون فيه الرأس منخفضاً عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ضرورياً.
الإغماء أو الإنهيار	ارجع إلى الإستجابة في موقف الصدمة الكهربائية.
الحريق	إقفال جميع مصادر اللهب وإغلاق صنابير الغاز، ولف المصاب ببطانية الحريق، استعمال طفاية الحريق لإخماد النار. لا يجب استخدام الماء لإطفاء الحريق؛ لأن الماء يتفاعل مع المواد المحترقة، مما يتسبب في ازدياد الحريق.
مادة مجهولة في العين	غسل العين بالماء النظيف.
التسمم	معرفة العامل المسبب للتسمم، وإبلاغ المعلم للقيام باللازم.
النزف الشديد	الضغط على الجرح لوقف النزيف، وطلب المساعدة الطبية في الحال.
المواد المسكوبة	غسل المنطقة المصابة بكمية كبيرة من الماء.

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) وهو :"إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على المهارات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية"؛ وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مُخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب كيمياء ١ للتعليم الثانوي (نظام المقررات) داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) نحو الاستثمار في التعليم عبر ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة، بحيث يكون الطالب فيهما هو محور العملية التعليمية التعلمية. وقد جاء هذا الكتاب في خمسة فصول، هي: مقدمة في علم الكيمياء، والمادة – الخواص والتغيرات، تركيب الذرة، والتفاعلات الكيميائية، والمول.

والكيمياء فرع من العلوم الطبيعية يتعامل مع بنية المادة ومكوناتها وخصائصها النشطة. ولأن المادة هي كل شيء يشغل حيزًا في الفراغ وله كتلة، إذن فالكيمياء تهتم بدراسة كل شيء يحيط بنا، ومن ذلك السوائل التي نشربها، والغازات التي نتنفّسها، والمواد التي يتكون منها جهازنا الخلوي، وطبيعة الارض تحت أقدامنا. كما تهتم بدراسة جميع التغيرات والتحولات التي تطرأ على المادة. فالنفط الخام يحوّل إلى منتجات نفطية قابلة للاستخدام بطرائق كيميائية، وكذلك تحويل بعض المنتجات النفطية إلى مواد بلاستيكية. والمواد الخام المعدنية يستخلص منها الفلزات التي تستخدم في العديد من الصناعات الدقيقة، وفي صناعة السيارات والطائرات. والأدوية المختلفة تستخلص من مصادر طبيعية ثم تفصل وتركب في مختبرات كيميائية. ويتم في هذه المختبرات تعديل مواصفات هذه الأدوية لتتوافق مع المواصفات الصيدلانية، وتلبي متطلبات الطب الحديث.

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجَّه والمفتوح. فقبل البدء في دراسة محتوى كل فصل من فصول الكتاب، يقوم الطالب بالاطلاع على الفكرة العامة للفصل التي تقدم صورة شاملة عن محتواه. ثم يقوم بتنفيذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان التجربة الاستهلالية التي تساعد أيضًا على تكوين النظرة الشاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلالية في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء الموجه من خلال سؤال

الاستقصاء المطروح. وتتضمن النشاطات التمهيدية للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي سيتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية الأخرى التي يمكن تنفيذها من خلال دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو حل المشكلات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الكيمياء في نهاية كل فصل، الذي يتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته، بما يُعزز أيضًا مبدأ رؤية (٢٠٣٠) "نتعلّم لنعمل".

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظللة باللون الأصفر، وتجد أيضًا أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمِّق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتضمن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضًا مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، ومنها ما يتعلق بالربط مع محاور رؤية (٢٠٣٠) وأهدافها الاستراتيجية، وبالمهن أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة، التمهيدي والتكويني والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل بوصفها تقويمًا تمهيديًّا لتعرّف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل، أو من خلال مناقشة الأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد سؤالاً تحت عنوان « ماذا قرأت؟»، وتجد تقويمًا خاصًّا بكل قسم من أقسام الفصل يتضمن أفكار المحتوى، وأسئلة تعزز فهمك لما تعلمت وما ترغب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل تجد دليلاً لمراجعة الفصل يتضمَّن تذكيرًا بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل قسم. ثم تجد تقويمًا للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى إتقان المفاهيم، وحل المسائل، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومسائل تحدٍّ، وتقويمًا إضافيًّا يتضمن تقويم مهارات الكتابة في الكيمياء، وأسئلة خاصة بالمستندات تتعلق بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية. وفي نهاية كل فصل تجد اختبارًا مقننًا يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي قمت بتعلمها سابقًا.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

دليل الطالب

رموز السلامة في المختبر 4

الإسعافات الأولية 5

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 9

الفصل 1

مقدمة في علم الكيمياء 12

1-1 قصة مادتين 14

1-2 الكيمياء والمادة 19

1-3 الطرائق العلمية 22

1-4 البحث العلمي 27

دليل مراجعة الفصل 28

تقويم الفصل 38

الفصل 2

المادة – الخواص والتغيرات 42

2-1 خواص المادة 44

2-2 تغيرات المادة 50

2-3 المخاليط 54

2-4 العناصر والمركبات 58

دليل مراجعة الفصل 67

تقويم الفصل 69

الفصل 3

تركيب الذرة 74

3-1 الأفكار القديمة للمادة. 76

3-2 تعريف الذرة. 80

3-3 كيف تختلف الذرات؟. 89

3-4 الأنوية غير المستقرة والتحلل الإشعاعي..... 96

دليل مراجعة الفصل 101

تقويم الفصل 103

الفصل 4

التفاعلات الكيميائية 110

4-1 التفاعلات والمعادلات..... 112

4-2 تصنيف التفاعلات الكيميائية..... 123

4-3 التفاعلات في المحاليل المائية..... 133

دليل مراجعة الفصل 145

تقويم الفصل 146

الفصل 5

المول 152

5-1 قياس المادة..... 154

5-2 الكتلة والمول. 160

5-3 مولات المركبات..... 168

5-4 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية..... 176

5-5 صيغ الأملاح المائية 186

دليل مراجعة الفصل 192

تقويم الفصل 194

مصادر تعليمية 200

المصطلحات 202

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هـذا الكتـاب ليس كتابًا أدبيًّا أو رواية خيالية، بل يصف ظواهـر ونظريات وقوانين وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم والمعلومات. وفيما يلي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

قبـــل أن تقـــرأ

اقـرأ كلًّا مـن الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة والتجربة الاستهلالية ؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لـكل فصـل الفكرة العامة تقـدم صورة شـاملة عنه. ولكل قسـم من أقسـام الفصل الفكرة الرئيسة تدعم فكرته العامة.

يبـدأ كل فصـل بتجربـة اسـتهلالية تقـدم المـادة التـي يتناولهـا. نفذ التجربة الاسـتهلالية، لتكتشـف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفّح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمـل مخططًا للفصل باسـتخدام العناوين الرئيسـة والعناوين الفرعية.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمِّق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

2–1

الأهداف

- تعيِّن خواص المواد.
- تميِّز بين الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد.
- تفرِّق بين الحالات الفيزيائية للمادة.

مراجعة المفردات

الكثافة: نسبة كتلة الجسم إلى حجمه.

المفردات الجديدة

حالات المادة
المادة الصلبة
السائل
الغاز
البخار
الخاصية الفيزيائية
الخاصية غير المميزة
الخاصية المميزة
الخاصية الكيميائية

خواص المادة Properties of matter

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية، ولها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

الربط مع الحياة إذا تركَ كأس ماء فيه جليد يطفو على السطح فترة كافية في درجة حرارة الغرفة فسوف ينصهر الجليد. هل يتغير تركيب الماء عندما يتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة؟

المواد الكيميائية النقية Substances

عرفت أن المادة هي كل ما له كتلة ويشغل حيزًا، وأن كل شيء من حولنا مادة، فملح الطعام النقي مثلاً نوع من المواد المألوفة لديك، وهو ذو تركيب مميز وثابت؛ حيث يتكون دائمًا من كلوريد الصوديوم بنسبة 100%، ولا يتغير تركيبه من عينة إلى أخرى؛ فالملح الذي يستخرج من البحر أو من المنجم له دائمًا نفس التركيب والخواص. وقد اكتشف الملح بكميات كبيرة في مدينة القصب في المملكة العربية السعودية، ويستخرج بحفر برك كبيرة يضخّ داخلها الماء بمحركات كهربائية، ثم يترك فترة من الزمن، وعندما يتبخر الماء يترسَّب الملح على وجه البركة مشكِّلًا طبقة سميكة من الملح الأبيض، انظر الشكل 2–1.

درست في الفصل الأول أن المادة ذات التركيب المنتظم والثابت تسمى مادة كيميائية (أو مادة نقية) كملح الطعام. ومن المواد الكيميائية النقية أيضًا «الماء النقي»، وهو مكون من هيدروجين وأكسجين. أما ماء الشرب وماء البحر فليسا نقيين؛ لأننا إذا أخذنا عينات من أماكن مختلفة فسوف نجدها تحتوي على كميات مختلفة من المعادن والمواد الذائبة الأخرى. المواد الكيميائية النقية مهمة، ولهذا فإن جزءًا كبيرًا من هذا الكتاب سوف يركز على تراكيب المواد، وكيف يتفاعل بعضها مع بعض.

الشكل 2–1 ملح الطعام التركيب نفسه سواء استُخرج من البحر أم من منجم.

42

› **الربط مع الحياة:** يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

مثال 2-1

حفظ الكتلة في إحدى التجارب وُضع 10 g من أكسيد الزئبق II الأحمر في كأس مفتوحة، وسخنت حتى تحولت إلى زئبق سائل وغاز أكسجين، فإذا كانت كتلة الزئبق السائل 9.26 g فما كتلة الأكسجين الناتج عن هذا التفاعل؟

1 تحليل المسألة

تم إعطاؤك كتلة المادة المتفاعلة وكتلة أحد النواتج في التفاعل، وتبعًا لقانون حفظ الكتلة فإن مجموع كتل النواتج يجب أن يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة.

المعطيات	المطلوب
كتلة أكسيد الزئبق II = 10.0 g	كتلة الأكسجين = ؟ g
كتلة الزئبق = 9.26 g	

2 حساب المطلوب

ضع قانون حفظ الكتلة: كتلة المتفاعلات = كتلة النواتج

كتلة أكسيد الزئبق II = كتلة الزئبق + كتلة الأكسجين

أوجد كتلة الأكسجين: كتلة الأكسجين = كتلة أكسيد الزئبق II − كتلة الزئبق

عوض بالقيم المعطاة في المعادلة: كتلة الأكسجين = 9.26 g − 10.00 g = 0.74 g

3 تقويم الإجابة

إذا كان مجموع كتلتي الزئبق والأكسجين = كتلة أكسيد الزئبق II فالحل صحيح.

مسائل تدريبية

5. استعن بالبيانات في الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين التاليين:

كم جرامًا من البروم تفاعل، وكم جرامًا من المركب نتج؟

تفاعل الألومنيوم مع سائل البروم

المادة	قبل التفاعل	بعد التفاعل
ألومنيوم	10.3 g	0.0 g
سائل البروم	100.0 g	8.5 g
المركب	0.0 g	

6. حصل طالب في تجربة لتحليل الماء على 10.0 g هيدروجين و 79.4 g أكسجين. ما مقدار الماء المستعمل في هذه العملية؟
7. أضاف طالب 15.6 g صوديوم إلى كمية وافرة من غاز الكلور، وبعد انتهاء التفاعل حصل على 39.7 g من كلوريد الصوديوم. ما كتلة كل من الكلور والصوديوم المتفاعلين؟
8. تفاعلت عينة مقدارها 10.0 g من الماغنسيوم مع الأكسجين لتكوين 16.6 g من أكسيد الماغنسيوم. كم جرامًا من الأكسجين تفاعل؟
9. **تحفيز** تفاعل 106.5 g من حمض الهيدروكلوريك $HCl_{(g)}$ مع كمية مجهولة من الأمونيا $NH_{3(g)}$ لإنتاج 157.5 g من كلوريد الأمونيوم $NH_4Cl_{(s)}$. ما كتلة الأمونيا $NH_{3(g)}$ المتفاعلة؟ وهل طبق قانون حفظ الكتلة في هذا التفاعل؟ فسّر إجابتك.

50

الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًّا إلى حل مسائل في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات. ‹

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- اربط المعلومات التي درستها في هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع أحداثًا ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

الشكل 14–1 ينطبق قانون نيوتن للجاذبية على كل قفزة من قفزات هؤلاء المظليين مهما تعددت.

النظرية والقانون العلمي Theory and Scientific Law

النظرية تفسير لظاهرة طبيعية بناءً على مشاهدات واستقصاءات مع مرور الزمن. ولعلك سمعت عن نظرية أينشتاين في النسبية، أو عن النظرية الذرية. تصف النظرية عمومًا مبدأً رئيسًا في الطبيعة تم دعمه مع مرور الزمن. ولكن النظريات كلها تبقى عرضة للبحث، وقد يتم تعديلها. كما أن النظريات تؤدي غالبًا إلى استنتاجات جديدة. وتعد النظرية ناجحة إذا أمكن استعمالها للقيام بتوقعات صحيحة.

يتوصل عدد من العلماء أحيانًا إلى الاستنتاجات نفسها عن بعض العلاقات في الطبيعة، ولا يجدون أي استثناءات لهذه العلاقات. أنت تعرف مثلاً أنه مهما كان عدد مرات قفز المظليين من الطائرة– كما هو مبين في **الشكل 14–1** – فإنهم يعودون دائمًا إلى الأرض. لقد كان إسحق نيوتن متأكدًا من وجود قوة تجاذب بين جميع الأجسام. لذا اقترح القانون العام للجاذبية. إن قانون نيوتن **قانون علمي** يصف علاقة أوجدها الله في الطبيعة تدعمها عدة تجارب. وعلى العلماء أن يطوّروا فرضيات وتجارب أخرى لتفسير وجود هذه العلاقات.

خبرة عملية التقنيات المختبرية والسلامة في المختبر
ارجع إلى دليل التجارب العملية

التقويم 1-3

الخلاصة

- الطرائق العلمية طرائق منظمة لحل المشكلات.
- البيانات النوعية تصف ملاحظة ما، والبيانات الكمية تستعمل الأرقام.
- المتغيرات المستقلة تُغيَّر في التجربة، أما المتغيرات التابعة فتتغير تبعًا لتغير المتغيرات المستقلة.
- النظرية فرضية يدعمها الكثير من التجارب.

15. **الفكرة الرئيسة** فسّر لماذا لا يستعمل العلماء مجموعة محددة من الخطوات في كل بحث يقومون به؟
16. **فرق** أعط مثالًا على بيانات كمية وآخر على بيانات نوعية.
17. **قوم** طُلب إليك أن تدرس أثر درجة الحرارة في حجم بالون، فوجدت أن حجم البالون يزداد عند تسخينه. ما المتغير المستقل؟ وما المتغير التابع؟ وما العامل الذي بقي ثابتًا؟ وما الضابط الذي ستقارن به؟
18. **مَيز** وصف العالم شارل العلاقة المباشرة بين درجة الحرارة والحجم لجميع الغازات عند ضغط ثابت. هل نسمي هذه العلاقة قانون شارل أم نظرية شارل؟ لماذا؟
19. **فسّر** النماذجُ العلمية الجيدة يمكن فحصها واستعمالها للقيام بتوقعات. ماذا توقع نموذج مولينا وورولاند عن كمية غاز الأوزون في الجو عند ازدياد كمية CFCs؟

24

يختتم كل قسم بتقويم يحتوي على خلاصة وأسئلة. الخلاصة تراجع المفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درسته.

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة كل شيء مكون من مادة، وله خواص معينة.

2-1 خواص المادة

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة على شكل مواد صلبة أو سائلة أو غازية، ولها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

المفردات
- حالات المادة
- المادة الصلبة
- السائل
- الغاز
- البخار
- الخاصية الفيزيائية
- الخاصية غير المميزة
- الخاصية المميزة
- الخاصية الكيميائية

المفاهيم الرئيسة
- الحالات الثلاث المألوفة للمادة هي الصلبة والسائلة والغازية.
- يمكن ملاحظة الخواص الفيزيائية دون تغيير تركيب المادة.
- الخواص الكيميائية تصف قدرة المادة على الاتحاد مع المواد الأخرى، أو التحول إلى مواد جديدة.
- قد تؤثر الظروف الخارجية في الخواص الفيزيائية والكيميائية .

2-2 تغيرات المادة

الفكرة الرئيسة يمكن أن يحدث للمادة تغيرات فيزيائية وكيميائية.

المفردات
- التغير الكيميائي
- تغير الحالة
- التغير الفيزيائي
- قانون حفظ الكتلة

المفاهيم الرئيسة
- التغير الفيزيائي يغير من الخواص الفيزيائية للمادة دون أن يغير تركيبها.
- التغير الكيميائي، والذي يسمى أيضا «التفاعل الكيميائي» يتضمن تغيرًا في تركيب المادة.
- في التفاعل الكيميائي تتحول المتفاعلات إلى نواتج.
- ينصّ قانون حفظ الكتلة على أن الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في أثناء التفاعل الكيميائي –إلا بقدرة الله تعالى– فهي محفوظة.

كتلة المتفاعلات = كتلة النواتج

65

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

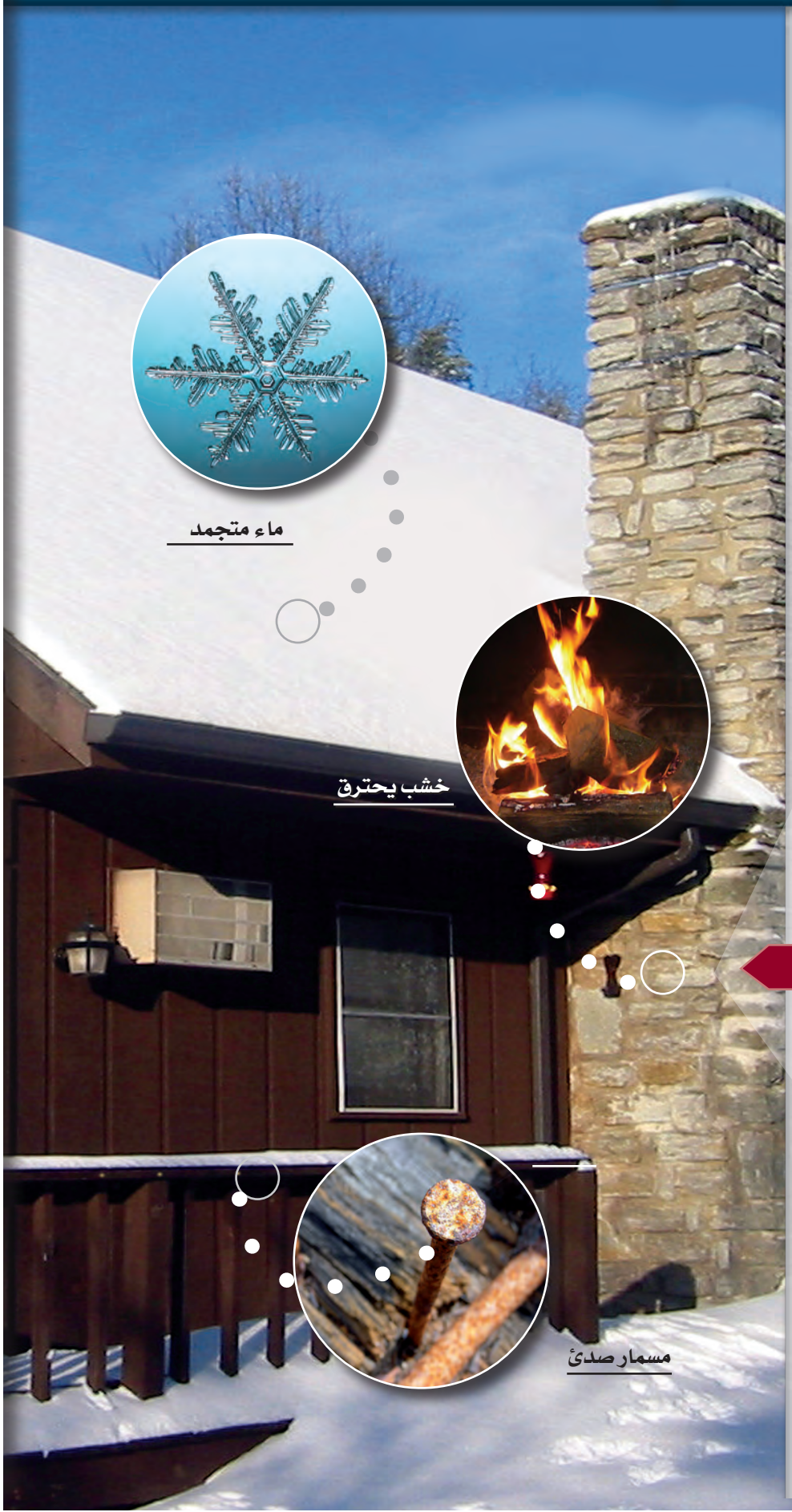
طرائق أخرى للمراجعة

- اكتب **الفكرة العامة**.
- اربط **الفكرة الرئيسة** مع **الفكرة العامة**
- استعمل كلماتك الخاصة لتوضح ما قرأت.
- وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

الفصل 1

مقدمة في علم الكيمياء

Introduction to Chemistry



الفكرة العامة الكيمياء علم أساسي في حياتنا.

1–1 قصة مادتين

الفكرة الرئيسة الكيمياء هي دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.

1–2 الكيمياء والمادة

الفكرة الرئيسة تتناول مجالات علم الكيمياء دراسة الأنواع المختلفة من المادة.

1–3 الطرائق العلمية

الفكرة الرئيسة يتبع العلماء الطريقة العلمية لطرح أسئلة واقتراح إجابات لها واختبارها وتقويم نتائج الاختبارات.

1–4 البحث العلمي

الفكرة الرئيسة بعض البحوث العلمية تؤدي إلى تطوير تقنيات يمكن أن تحسّن حياتنا والعالم من حولنا.

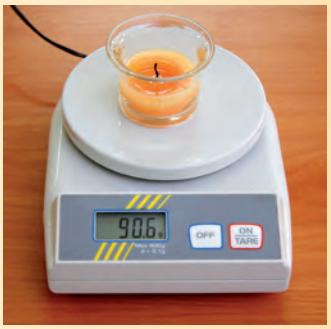
حقائق كيميائية

- إن الكثير من العمليات التي تجري حولنا هي نتيجة تفاعلات كيميائية.
- يدرس الكيميائيون التفاعلات الكيميائية، ومنها صدأ المسامير أو المواد الحديدية الأخرى، وانبعاث الضوء والحرارة الناتج عن الاحتراق.

تجربة استهلالية

أين ذهبت الكتلة؟

عندما يحترق جسم فإن ما يتبقّى من كتلته يكون غالبًا أقل من كتلة الجسم الأصلي! ماذا يحدث لكتلة أي جسم عند احتراقه؟



خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل **ميزانًا رقميًّا** لقياس كتلة **شمعة**. سجِّل مقدار الكتلة، وملاحظات مفصلة عن الشمعة.
3. ضع الشمعة على سطح مقاوم للاحتراق، كطاولة مختبر، **وأشعل الشمعة**، ثم دعها تحترق مدة خمس دقائق، ثم أطفئها، وسجل ملاحظاتك.

   تحذير: لا تلق أعواد الثقاب في المغسلة.
4. اترك الشمعة تبرد، ثم قس كتلتها، وسجل ذلك.
5. ضع الشمعة المطفأة في وعاء يحدده لك المعلم.

التحليل

1. **لخص** ملاحظاتك عن الشمعة في أثناء احتراقها وبعد إطفائها.
2. **قوّم** أين ذهبت المادة التي فقدت؟

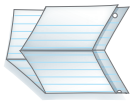
استقصاء هل يمكن أن تختلف كمية المادة المفقودة؟

صمم استقصاء لتحديد العوامل التي يمكن أن تسهم في إعطاء نتيجة مختلفة.

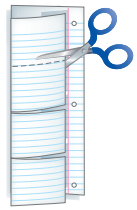
المطويات منظمات الأفكار

الطرائق العلمية قم بعمل المطوية التالية لمساعدتك على تنظيم المعلومات عن الطرائق العلمية.

الخطوة 1 اثن ورقة من النصف طوليًّا. اجعل الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية بحوالي 2cm.



الخطوة 2 اثن الورقة من النصف، ثم اثنها من النصف مرة أخرى.



الخطوة 3 افتح الورقة، ثم قص الأجزاء من الحافة الأمامية منها على طول الطيات لتحصل على أربعة أجزاء.

الخطوة 4 سمّ الأجزاء الأربعة كما يلي: الملاحظة، الفرضية، التجارب، النتيجة.

المطويات **استعمل هذه المطوية في الأقسام 1–4، 1–3، 1–2** من هذا الفصل. لخص ما تقرؤه في هذه الأجزاء عن الطرائق العلمية، ودوِّن ما تعلمته عن المادتين المذكورتين في هذه الأقسام.

1–1

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تُعرّف** المادة الكيميائية.
- **تُوضّح** كيف يتكون الأوزون، وأهميته.
- **تصف** تطور مركبات الكلوروفلوروكربون.

مراجعة المفردات

المادة: كل ما يشغل حيزًا وله كتلة.

المفردات الجديدة

الكيمياء

المادة الكيميائية

قصة مادتين A story of Two Substances

الفكرة الرئيسة **الكيمياء هي دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.**

الربط مع الحياة قد تحاول أن تحل مشكلة ما فيؤدي ذلك إلى حدوث مشكلة أخرى. هل حركت يومًا قطعة أثاث من مكانها، فاكتشفت أن المكان الجديد غير مناسب؟ قد يؤدي نقل الأثاث إلى حدوث مشكلة جديدة، كعدم إمكان فتح باب، أو عدم إمكان إيصال سلك كهربائي إلى القابس. مثل هذا قد يحدث في العلوم أيضًا.

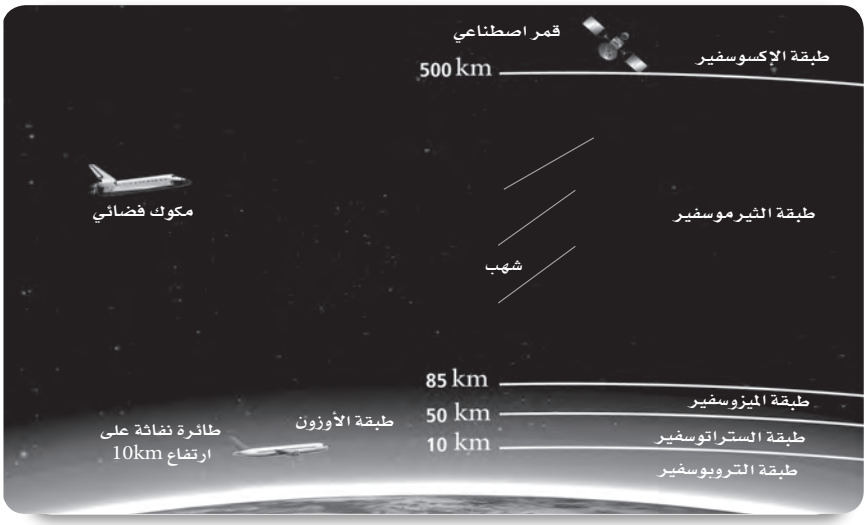
لماذا ندرس الكيمياء؟ Why Study Chemistry?

تأمّل الأشياء من حولك، وكذلك الأشياء الموضحة في **الشكل 1–1**. من أين جاءت كل هذه المواد؟ إن كل المواد في العالم مكونة من وحدات بنائية. وهذه الوحدات والأشياء المصنوعة منها يسمِّيها العلماء "مادة". لكن كيف تعرّف المادة؟ المادة كل شيء له كتلة ويشغل حيزًا.

قد تتساءل وأنت تدرس الكيمياء عن أهميتها بالنسبة لنا.

تدرس **الكيمياء** المادة والتغيرات التي تطرأ عليها. وتوفر دراستها الكثير من الراحة والرفاهية للناس. ومن ذلك استعمالها في التبريد، كما في الثلاجات التي تستعمل في حفظ الأطعمة من التلف، والمكيفات في المنازل والمدارس وأماكن العمل. كما تُعنَى الكيمياء بصناعة الكريمات التي تستعمل في الوقاية من بعض أشعة الشمس الضارة.. وغيرها.

الشكل 1–1 كل شيء في الكون مكون من مادة، ومن ذلك الأجسام والأشياء المحيطة بنا.



الشكل 2–1 يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات. وتقع طبقة الأوزون الواقية في طبقة الستراتوسفير.

طبقة الأوزون The Ozone Layer

إن التعرض الزائد للأشعة فوق البنفسجية UV مؤذٍ للنباتات والحيوانات. كما أن المستويات العالية لأحد أنواع الأشعة فوق البنفسجية ـ والذي يرمز إليه بالرمز UVB ـ يمكن أن تسبب إعتامًا في العين، وسرطانًا في الجلد عند الإنسان، وتقلل من نواتج المحاصيل الزراعية، وتسبب خللاً في سلاسل الغذاء في الطبيعة.

لقد نشأت المخلوقات الحية رغم تعرضها لـ UVB ؛ فقد هيأ الله عز وجل لخلايا المخلوقات الحية بعضَ القدرة على إصلاح نفسها عند التعرض لمستويات منخفضة من هذه الأشعة. ويعتقد بعض العلماء أن وصول مستوى هذه الأشعة حدًّا معينًا يجعل الخلايا غير قادرة على المقاومة، وعندها يموت الكثير من المخلوقات الحية.

الغلاف الجوي للأرض تستطيع المخلوقات الحية البقاء على الأرض بفضل طبقة الأوزون التي خلقها الله تبارك وتعالى لتحميها من المستويات العالية من الأشعة فوق البنفسجية UVB. وغاز الأوزون ـ المكون من ذرات الأكسجين ـ مادة كيميائية توجد في الغلاف الجوي، **والمادة الكيميائية** لها تركيب محدد وثابت وتسمى بالمادة النقية. ويمتص غاز الأوزون معظم الأشعة الضارة قبل وصولها إلى الأرض. ينتشر حوالي 90% من غاز الأوزون في طبقة تحيط بالأرض وتحميها؛ حيث يتكون الغلاف الجوي للأرض – كما ترى في الشكل (2–1) – من عدة طبقات، تسمى الطبقة الدنيا، منها طبقة التروبوسفير التي تحتوي على الهواء الذي نتنفسه، ويكون فيها الغيوم، وفيها تحدث تقلبات الطقس. وتسمى الطبقة التي فوقها ستراتوسفير، وتمتد بين 50 km – 10 فوق سطح الأرض، وفيها طبقة الأوزون التي تحمي الأرض، وهي تمتص معظم الأشعة الكونية (الأشعة فوق البنفسجية) قبل أن تصل إلى الأرض.

ماذا قرأت؟ وضح فوائد وجود طبقة الأوزون في الغلاف الجوي.

المفردات

أصل الكلمة

أوزون Ozone

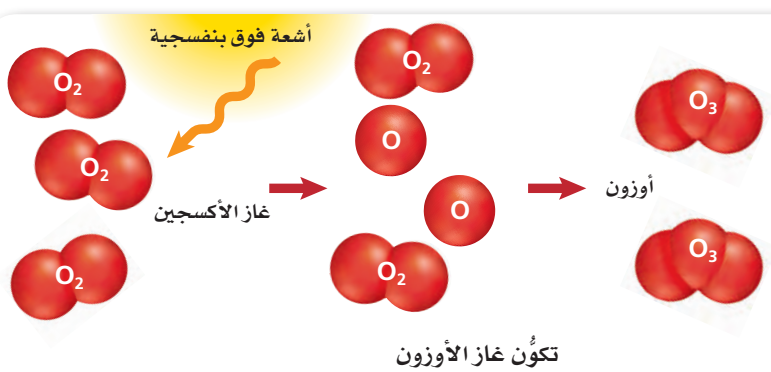
أصل هذه الكلمة إغريقي، وتعني يشم.

الكيمياء في واقع الحياة

طبقة الأوزون

(كريم) الحماية من أشعة الشمس

لأن أجواء المملكة حارة ومشمسة تظهر بعض التصبغات في البشرة. ولتوفير بعض الحماية من الأشعة فوق البنفسجية (UV) الضارة يمكن دهن الجلد بـ (كريم) يساعد على الوقاية من حروق الشمس وسرطان الجلد. وينصح خبراء الصحة باستعمال هذا (الكريم) في أي وقت قد تتعرض فيه لأشعة الشمس التي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية.



تكوُّن غاز الأوزون

الشكل 3–1 الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس تجعل جزءًا من جزيئات غاز الأكسجين O_2 يتحلل إلى ذرات أكسجين O، وهذه الذرات المنفردة تتحد مع جزيئات أخرى من غاز الأكسجين O_2 وتكوِّن غاز الأوزون O_3.

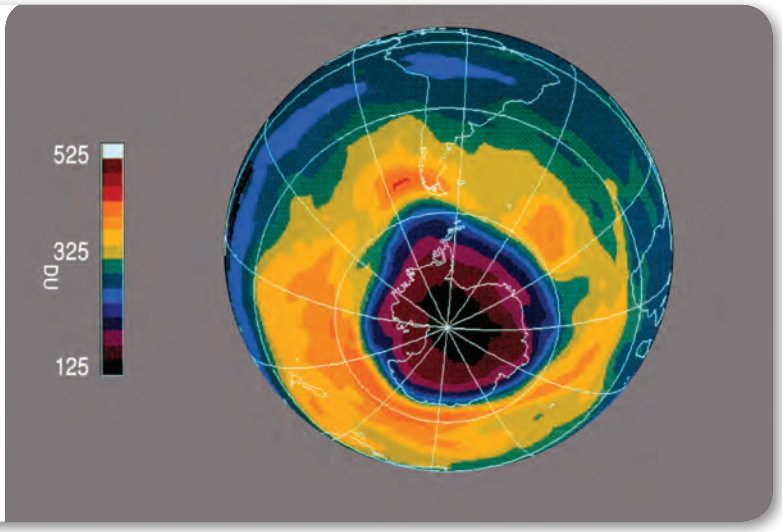
فسر ما سبب التوازن بين غازي الأكسجين والأوزون في طبقة الستراتوسفير؟

تكوُّن الأوزون كيف يتكوَّن غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير؟ عندما يتعرض غاز الأكسجين O_2 للأشعة فوق البنفسجية في الأجزاء العليا من الستراتوسفير تتحلل جزيئاته إلى ذرات منفردة O تتفاعل بدورها مع جزيئات غاز الأكسجين O_2 ليتكون غاز الأوزون O_3، كما هو موضح في **الشكل 3–1**. ويمكن لغاز الأوزون أن يمتص الأشعة فوق البنفسجية ويتحلل مكونًا غاز الأكسجين، لذلك يحدث نوع من التوازن بين غازي الأكسجين والأوزون في طبقة الستراتوسفير.

تم اكتشاف غاز الأوزون وقياس كميته في أواخر القرن التاسع عشر. وقد أثار اهتمام العلماء؛ فهو يتكون فوق خط الاستواء؛ لأن أشعة الشمس تكون عمودية وقوية هناك، ثم يتحرك حول الأرض بفعل تيارات الهواء في الستراتوسفير. لذا يعد مؤشرًا مناسبًا يساعدنا على تتبع حركة الرياح في طبقة الستراتوسفير.

في عشرينيات القرن الماضي بدأ العالم البريطاني دوبسون (1889–1976م) قياس كمية غاز الأوزون في الغلاف الجوي. ورغم أن غاز الأوزون يتشكل في المناطق العليا من طبقة الستراتوسفير، إلا أنه يتجمع في الجزء الأسفل منها. وتقاس كمية غاز الأوزون الموجودة في طبقة الستراتوسفير عن طريق أجهزة موجودة على الأرض، أو عن طريق بالونات أو أقمار اصطناعية أو صواريخ. لقد ساعدت قياسات دوبسون العلماء على تقدير كمية غاز الأوزون التي يجب أن توجد في الجو، وهي 300 دوبسون (DU). وتستعمل أجهزة –منها الموجودة في **الشكل 4–1** – لمراقبة كمية غاز الأوزون في الغلاف الجوي.

الشكل 4–1 يستعمل العلماء أنواعًا مختلفة من الأجهزة، ومنها مطياف بريور لقياس كمية غاز الأوزون في الجو.



الشكل 5–1 أكدت صور الأقمار الاصطناعية قياسات فريق القارة المتجمدة الجنوبية التي أشارت إلى تقلُّص سُمك طبقة الأوزون فوق هذه القارة. في هذه الصورة تظهر طبقة الأوزون بلون زهري وبنفسجي وأسود. ويشير دليل الألوان عن يسار الصورة أن مستوى الأوزون يتراوح بين 125-200 DU، وهو أقل من المستوى الطبيعي الذي يبلغ 300 DU.

وجد فريق بحث بريطاني انخفاض كمية غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير، واستنتجوا أن سُمك طبقة الأوزون يتناقص. ويبين **الشكل 5–1** كيف ظهرت طبقة الأوزون في أكتوبر من عام 1990م.

ورغم أن تقلُّص سُمك طبقة الأوزون يسمى عادة "ثقب الأوزون" إلا أنه ليس ثقبًا؛ فغاز الأوزون ما زال موجودًا، لكن سمك الطبقة أقل كثيرًا من المعدل الطبيعي. وهذه الحقيقة سبّبت قلقًا للعلماء، وخصوصًا بعد أن أيّدتها القياسات التي قامت بها البالونات والطائرات والأقمار الاصطناعية. فما سبب ثقب الأوزون؟

مركبات الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbons (CFCs)

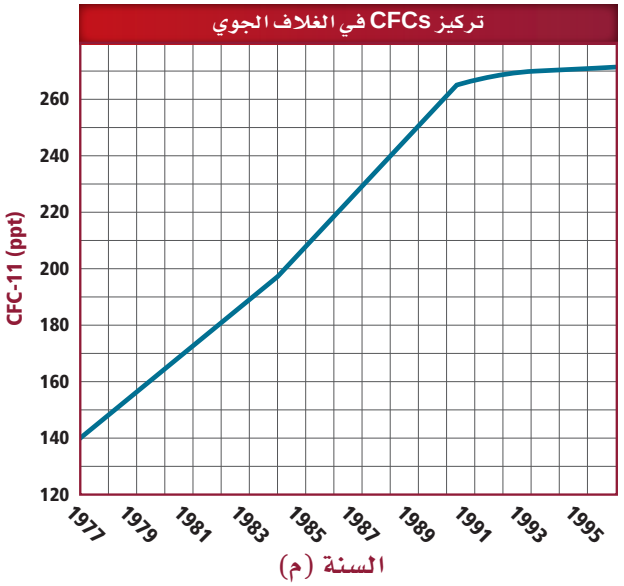
بدأت قصتها في عشرينيات القرن الماضي؛ حيث ازداد إنتاج الثلاجات التي استَعملت في البداية غازات ضارة – منها الأمونيا– للتبريد. ولأن أبخرة الأمونيا قد تتسرب من الثلاجة وتؤذي أفراد البيت فقد بدأ الكيميائيون البحث عن مبردات أكثر أمنًا. وقد حضّر العالم توماس ميجلي Thomas Midgley عام 1928م أول مركّب من مركبات الكلوروفلوروكربون التي يرمز إليها بـ CFCs، وهو مادة مكونة من الكلور والفلور والكربون.

ويحضَّر الآن عدد من هذه المركبات ـ التى لا تتكون طبيعيًّا ـ في المختبر، وهي غير سامة؛ لأنها لا تتفاعل مباشرة مع المواد الأخرى. وقد ظهر مع الوقت أن هذه الغازات مبردات مثالية. في عام 1935م بدأ استعمال هذه المواد في صناعة أجهزة التكييف المنزلية، كما دخلت في صناعة الثلاجات، بالإضافة إلى استعمالها في تصنيع البوليمرات، وفي دفع الرذاذ من علب الرش.

ماذا قرأت؟ **فسّر** لماذا فكّر العلماء أن مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs آمنة للبيئة؟

مهن في الكيمياء

كيميائيّ البيئة يستعمل كيميائي البيئة أدوات من الكيمياء والعلوم الأخرى لدراسة كيفية تفاعل المواد الكيميائية مع البيئة ومكوناتها. وهذا يتضمن تحديد مصادر التلوث، ودراسة تأثيراتها في المخلوقات الحية.



الشكل 6–1 جمع العلماء معلومات عن الاستعمال العالمي لمركبات الكلوروفلوروكربون CFCs وتراكمها فوق القارة المتجمدة الجنوبية. CFC–11 أحد أنواع CFC .

اختبار الرسم البياني

صف كيف تغيرت كمية مركبات الكلوروفلوروكربون في الفترة بين عامي 1977 و 1995م؟

*ppt: وحدة قياس تركيز، تعني جزء من تريليون Part per trillion

بدأ العلماء الكشف عن وجود مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs في الجو في سبعينيات القرن الماضي، فقاموا بقياس كميتها في الغلاف الجوي، ووجدوا أنها تزداد عامًا بعد آخر. وبحلول سنة 1995م وجدوا أن كمياتها وصلت مستوى عاليًا، كما هو مبين في **الشكل 6–1** . وعلى أي حال فقد كان شائعًا على نطاق واسع أنها لا تشكل خطرًا على البيئة؛ لأنها مستقرة، لذا لم تشكل مصدر قلق لكثير من العلماء.

لاحظ العلماء بعد ذلك أن سمك طبقة الأوزون يتناقص، وأن كميات متزايدة من CFCs تصل إلى الغلاف الجوي. فهل هناك علاقة بين الحدثين؟

قبل أن تعرف إجابة هذا السؤال، لا بد أن تفهم بعض الأفكار الأساسية في الكيمياء، وتعرف أيضًا كيف يحل الكيميائيون وغيرهم من العلماء المشكلات العلمية.

التقويم 1-1

الخلاصة

- الكيمياء هي دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.
- المادة الكيميائية لها تركيب محدد وثابت وتسمى بالمادة النقية.
- غاز الأوزون يوجد في طبقة الستراتوسفير ويكوّن طبقة واقية للأرض من الأشعة فوق البنفسجية.
- CFCs مواد مصنعة مكونة من الكلور والفلور والكربون، وتعمل على تقليل سمك طبقة الأوزون.

1. الفكرة الرئيسة **وضح** أهمية دراسة الكيمياء للإنسان.
2. **عرّف** المادة الكيميائية، وأعط مثالين لمادتين كيميائيتين.
3. **صف** كيف يتكون الأوزون؟ ولماذا يعد مهمًّا؟
4. **وضح** لماذا طُورت مركبات الكلوروفلوروكربون؟ وفيمَ تستعمل؟
5. **فَسر** سبب قلق العلماء من تزايد أشعة UVB في الجو .
6. **فَسر** سبب ازدياد تركيز CFCs في الغلاف الجوي.
7. **قوّم** لماذا كان من المهم تأكيد بيانات دوبسون عن طريق صور الأقمار الاصطناعية؟

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–2

الكيمياء والمادة Chemistry and Matter

الأهداف

- **تقارن** بين الكتلة والوزن.
- **تفسر** سبب اهتمام الكيميائيين بالوصف تحت المجهري للمادة.
- **تحدد** المجالات التي يدرسها كل فرع من فروع الكيمياء المختلفة.

مراجعة المفردات

التقنية: التطبيق العملي للمعرفة العلمية.

المفردات الجديدة

الكتلة

الوزن

النموذج

الفكرة الرئيسة **تتناول مجالاتُ علم الكيمياء دراسةَ الأنواع المختلفة من المادة.**

الربط مع الحياة إذا اعتبرت أن كل شيء من حولك مادة فسوف تدرك أن الكيميائيين يدرسون تنوعًا ضخمًا من الأشياء.

المادة وخواصها Matter and its Characteristics

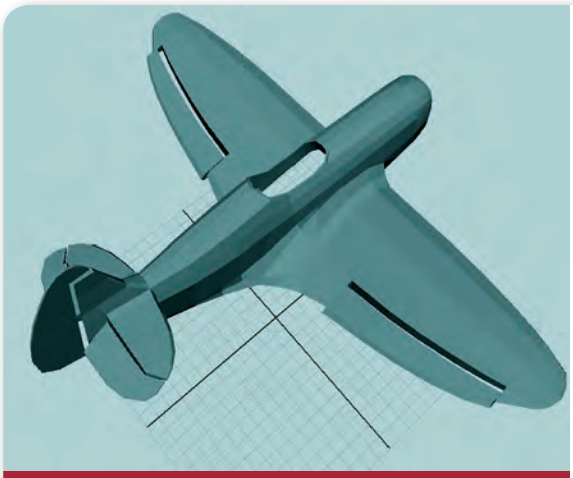
المادة هي المكون الأساسي للكون. وللمادة أشكال عدة؛ فكل شيء من حولك مادة، ومنها الأشياء الموجودة في **الشكل 7–1**. بعض المواد توجد في الطبيعة، ومنها الأوزون، وبعضها الآخر اصطناعي، ومنها مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs.

ربما لاحظت أن الأشياء التي نستعملها يوميًّا مكونة من مادة لها كتلة. **والكتلة** هي مقياس كمية المادة. فالكتاب له كتلة ويشغل حيزًا، لكن هل الهواء مادة؟ أنت لا تستطيع رؤية الهواء أو الإحساس به أحيانًا، لكنك عندما تنفخ بالونًا فإنه يتمدد ليسمح للهواء بالدخول فيه، ويصبح أثقل من ذي قبل، ولهذا فالهواء مادة. هل كل شيء مادة؟ الأفكار والآراء التي تملأ رأسك ليست مادة، وكذلك الحرارة والضوء وموجات الراديو والمجالات المغناطيسية. ما الأشياء التي ليست مادة؟ اذكر بعضها.

الكتلة والوزن هل سبق أن استعملت ميزانًا لقياس وزنك؟ **الوزن** ليس مقياسًا لكمية المادة فحسب، وإنما هو أيضًا مقياس لقوة جذب الأرض للمادة. وقوة الجذب ليست ثابتة في جميع الأماكن على الأرض؛ فهي تصبح أقل عندما نتحرك بعيدًا عن سطح الأرض. ربما لم تلاحظ فرقًا في وزنك عندما تنتقل من مكان إلى آخر، لكن فرقًا صغيرًا يحدث حقًّا.

الشكل 7–1 كل شيء في هذه الصورة مادة وله كتلة ووزن.

قارن بين الكتلة والوزن.



نموذج طائرة

نموذج توسعة الحرم المكي

الشكل 8–1 يستعمل العلماء النماذج لتوضيح الأفكار المعقدة كتركيب البنايات. كما أنهم يستعملون النماذج لاختبار مفهوم، كتصميم جديد لطائرة قبل إنتاجها.

استنتج. لماذا يستعمل الكيميائيون النماذج لدراسة الذرات؟

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المفردات

أصل الكلمة

الوزن

الاستعمال العلمي: الوزن هو مقياس لكمية المادة ولقوة الجاذبية الواقعة على جسم ما.

وزن الجسم هو حاصل ضرب كتلته في تسارع الجاذبية الأرضية المحلي.

الاستعمال الشائع: الوزن هو الثقل النسبي لجسم ما.

فنقول مثلاً: إن الأرنب قد نما بسرعة لدرجة أن وزنه تضاعف في بضعة أسابيع.

قد يبدو من الأنسب للعلماء أن يستعملوا الوزن بدلًا من الكتلة، إلا أن هذا غير عملي، بل الأفضل قياس كتلة الأجسام. لماذا؟ لأن كتلة الجسم ثابتة في أي مكان، بخلاف الوزن الذي يختلف من مكان إلى آخر؛ بسبب اختلاف قوة الجاذبية من مكان إلى آخر، مما يتطلب معرفة قوة الجاذبية في الأماكن التي يقارنون فيها بين الأوزان. ولما كانت الكتلة مستقلة عن قوة الجاذبية فإنهم يستعملون مقياس الكتلة.

التركيب والخواص الملاحظة ما الذي تستطيع أن تشاهده في بناء مدرستك من الخارج؟ أنت تعرف أن البناء يحوي أكثر مما تستطيع مشاهدته من الخارج؛ فأنت لا تستطيع مشاهدة قضبان الحديد داخل الجدران، والتي تعطي البناء شكله واستقراره وثباته.

خواص معظم المواد واضحة، لا تحتاج إلى مجهر لرؤيتها. وتتركب الأنواع المختلفة من المواد من حولك من عناصر مكونة من جسيمات تسمى ذرات. والذرات صغيرة جدًّا حتى أنه لا يمكن رؤيتها بالمجاهر الضوئية. ولهذا تعدّ الذرات جسيمات تحت مجهرية؛ فتريليون ذرة يمكن أن تشغل حيزًا يساوي النقطة الموجودة في آخر هذه الجملة. وتفسر بنية المادة وتركيبها وسلوكها على المستوى تحت المجهري، أو المستوى الذري. وكل ما نلاحظه عن المادة يعتمد على تركيب الذرات والتغيرات التي تحدث لها.

تهدف الكيمياء إلى تفسير الأحداث التي لا تُرَى بالعين المجردة، والتي ينتج عنها تغيرات ملحوظة. وتعد النماذج إحدى طرائق توضيح ذلك. **النموذج** تفسير مرئيّ أو لفظيّ أو رياضيّ للبيانات التجريبية. ويستعمل العلماء عدة أنواع من النماذج لتمثيل الأشياء التي يصعب مشاهدتها، ومنها المواد المستعملة في البناء، والنموذج الحاسوبي للطائرة المبين في **الشكل 8–1**، كما يستعمل الكيميائيون نماذج مختلفة لتمثيل المادة.

ماذا قرأت؟ حدد نوعين آخرين من النماذج التي يستعملها العلماء.

الجدول 1-1	بعض فروع الكيمياء	
الفرع	مجال الدراسة	أمثلة
الكيمياء العضوية	المواد التي تحتوي كربون	الأدوية، والبلاستيكات
الكيمياء غير العضوية	المواد التي لا تحتوي على كربون عمومًا	المعادن، والفلزات واللافلزات، وأشباه الموصلات
الكيمياء الفيزيائية	سلوك المادة وتغيراتها وتغيرات الطاقة المصاحبة لها	سرعة التفاعلات، وآلية التفاعلات
الكيمياء التحليلية	أنواع المواد ومكوناتها	الأغذية، وضبط جودة المنتجات
الكيمياء الحيوية	المادة والعمليات الحيوية في المخلوقات الحية	التمثيل الغذائي، والتخمر
الكيمياء البيئية	المادة والبيئة	التلوث، والدورات الكيميائية الحيوية
الكيمياء الاصطناعية	العمليات الكيميائية في الصناعة	الأصباغ، ومواد الطلاء
كيمياء المبلمرات	المبلمرات والمواد البلاستيكية	الأنسجة، ومواد الطلاء، والبلاستيكات
الكيمياء الذرية	نظريات تركيب المادة	الروابط، وأشكال المدارات، والأطياف الجزيئية والذرية، والتركيب الإلكتروني
الكيمياء الحرارية	الحرارة الناتجة عن العمليات الكيميائية	حرارة التفاعل

الكيمياء: علم أساسي

Chemistry: The Central Science

علم الكيمياء هو دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها. إن فهم علم مادة الكيمياء يعدُّ أساسيًّا لكل العلوم: الأحياء والفيزياء والأرض والبيئة وغيرها. وبسبب وجود أنواع كثيرة من المادة فإن مجالات الدراسة في الكيمياء تتنوع؛ إذ تقسم الكيمياء تقليديًّا إلى فروع تركز على دراسة معينة، ولكن الكثير منها يتداخل، كما هو مبين في **الجدول 1–1**. فالكيمياء العضوية وكيمياء المبلمرات تشتركات في دراسة البلاستيك.

التقويم 1-2

الخلاصة

- النماذج أدوات يستعملها العلماء ومنهم الكيميائيون لتفسير الأحداث التي لا ترى بالعين المجردة.
- الملاحظات التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة للمادة تعكس سلوك الذرات التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
- هناك فروع عدة لعلم الكيمياء، منها الكيمياء العضوية وغير العضوية والفيزيائية والتحليلية والحيوية.

8. الفكرة الرئيسة **فسر** سبب وجود عدة فروع لعلم الكيمياء.

9. **فسر** لماذا يستعمل العلماء الكتلة بدلاً من الوزن في قياساتهم؟

10. **لخص** لماذا يجب على الكيميائيين أن يدرسوا التغيرات التي لا ترى بالعين المجردة؟

11. **استنتج** سبب استعمال الكيميائيين للنماذج لدراسة المادة التي لا ترى بالعين المجردة.

12. **سمِّ** ثلاثة نماذج يستعملها العلماء، وبين فائدة كل منها.

13. **قوِّم** كيف يمكن أن يختلف وزنك وكتلتك على سطح القمر (جاذبية القمر تساوي سدس جاذبية الأرض)؟

14. **قوِّم** هل يتغير وزنك في أثناء صعودك وهبوطك في المصعد؟ فسر إجابتك.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–3

الطرائق العلمية Scientific Methods

الأهداف

- **تحدِّد** خطوات الطريقة العلمية.
- **تقارن** بين أنواع البيانات.
- **تحدِّد** أنواع المتغيرات
- **تصف** الفرق بين النظرية والقانون العلمي.

مراجعة المفردات

الطريقة النظامية: أسلوب منظم لحل المشكلات.

المفردات الجديدة

الطريقة العلمية
البيانات النوعية
البيانات الكمية
الفرضية
التجربة
المتغير المستقل
المتغير التابع
الضابط
الاستنتاج
النظرية
القانون العلمي

الفكرة الرئيسة **يتبع العلماء الطريقة العلمية لطرح أسئلة، واقتراح إجابات لها، واختبارها، وتقويم نتائج الاختبارات.**

الربط مع الحياة ماذا تفعل إذا أردت أن تقوم برحلة طويلة؟ هل تأخذ معك جميع ملابسك في حقيبة، أم أنك تخطط لما تلبسه؟ إن إعداد خطة هو الأفضل عمومًا. وكذلك يطور العلماء خططًا تساعدهم على استقصاء العالم.

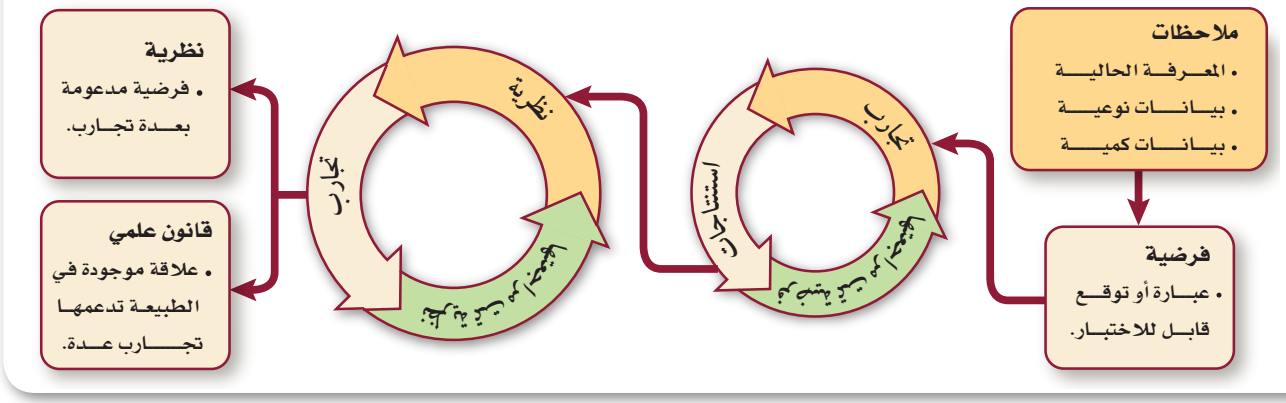
الطريقة النظامية في البحث A Systematic Approach

ربما قمت بإجراء تجربة مختبرية مع زملائك في صفوف سابقة. لذلك أنت تعرف أن كل فرد في المجموعة قد يكون لديه فكرة مختلفة عن طريقة إجراء التجربة. هذا الاختلاف في الآراء يعد من فوائد العمل الجماعي. إن تبادل الأفكار بفاعلية بين أفراد المجموعة وربط المشاركات الفردية معًا لإيجاد حل يتطلب بذل جهد في العمل الجماعي.

يقوم العلماء بعملهم بطرائق متشابهة؛ فكل عالم يحاول فهم عالمه بناءً على رؤية فردية وإبداع ذاتي، وغالبًا ما يَستخلص أعمال عدة علماء للوصول إلى فهم جديد للموضوع. لذا قد يكون من المفيد أن يستعمل العلماء خطوات موحدة لتنفيذ تجاربهم.

الطريقة العلمية طريقة منظمة تستعمل في الدراسات العلمية، سواء أكانت كيميائية أو حيوية أو فيزيائية أو غير ذلك. يتّبع العلماء الطريقة العلمية لحل المشكلات، وللتحقق من عمل العلماء الآخرين. ويبين **الشكل 9–1** نظرة عامة لخطوات الطريقة العلمية. ولا يقصد بهذه الخطوات أن تنفذ بالترتيب. لذا يجب على العلماء أن يَصِفوا طرائقهم عند عرض نتائج أبحاثهم. وإذا لم يستطع العلماء الآخرون تأكيد النتائج باتباع الخطوات نفسها فإن هناك شكًّا في صدق النتائج.

الشكل 9–1 تكرر خطوات الطريقة العلمية إلى أن تدعم الفرضية أو تلغيها.



تجربة

تطوير مهارات الملاحظة

لماذا تعد مهارات الملاحظة مهمة في الكيمياء؟ تستعمل الملاحظات عادة للوصول إلى استنتاجات. الاستنتاج تفسير أو توضيح للملاحظة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. أضف ماء إلى طبق بتري حتى ارتفاع 0.5 cm، ثم استعمل مخبارًا مدرجًا لقياس 1mL من زيت نباتي، وأضفه إلى الطبق.
3. اغمس رأس عود أسنان في سائل تنظيف الأواني.
4. اجعل رأس العود يلامس الماء في مركز الطبق، وسجل ملاحظاتك.
5. أضف حليبًا كامل الدسم إلى طبق بتري آخر حتى ارتفاع 0.5 cm.
6. ضع قطرة واحدة من كل نوع من أربعة أنواع من ملونات الطعام في أربعة أماكن على سطح الحليب. لا تضع أي قطرة ملون في مركز الطبق.
7. كرر الخطوتين 3 و 4 .

التحليل

1. **صف** ما شاهدته في الخطوة 4.
2. **صف** ما شاهدته في الخطوة 7.
3. **استنتج** الزيت والدهن في الحليب والشحم ينتميان إلى فئة من المواد تسمى "ليبيدات". ماذا تستنتج عند إضافة المنظف إلى صحن الماء؟
4. **فسر.** لماذا كانت مهارات الملاحظة مهمة في هذه التجربة؟

الملاحظة تبدأ الدراسة العلمية عادة بملاحظة بسيطة. والملاحظة عملية جمع معلومات. وغالبًا ما تكون الملاحظات الأولية التي يقوم بها العلماء **بيانات نوعية** (معلومات تصف اللون أو الرائحة أو الشكل أو بعض الخواص الفيزيائية الأخرى). وعمومًا فإن كل شيء يتصل بالحواس الخمس هو نوعي، مثل: كيف يبدو شيء ما؟ ما ملمسه؟ ما طعمه؟ ما رائحته؟

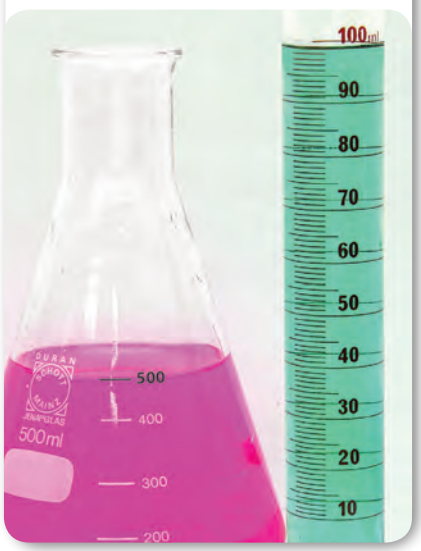
يجمع الكيميائيون عادة نوعًا آخر من البيانات؛ فقد يقيسون درجة الحرارة، أو الضغط، أو الحجم، أو كمية المادة الناتجة عن التفاعل. هذه المعلومات الرقمية تسمى «**بيانات كمية**»، وهي تبين سرعة الشيء، أو طوله أو حجمه. ما البيانات الكمية والبيانات النوعية التي تستطيع جمعها من **الشكل 10–1**؟

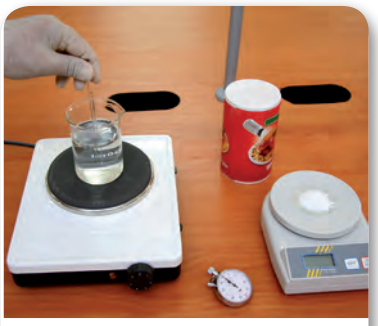
الفرضية تذكر ما درسته عن قصة المادتين في القسم 1–1. اكتشف الكيميائيان مولينا ورولاند وجود مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs قبل أن تبيّن البيانات الكمية تناقص مستوى غاز الأوزون في الستراتوسفير. وقد تولد لديهما فضول لمعرفة مدة بقاء CFCs في الجو، فقاما بفحص التفاعلات التي يمكن أن تجري بين المواد الكيميائية المختلفة في الجو، لقد اكتشف مولينا ورولاند أن مركبات CFCs تبقى ثابتة في الجو لفترة طويلة، لكنهما عرفا أن هذه المواد تصعد إلى طبقات الجو العليا، فوضعا فرضية تقول إن هذه المركبات تتحلل نتيجة التفاعل مع الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس. كما وضعا فرضية أخرى تقول إن الكلور الناتج عن هذا التفاعل يحطم جزيئات غاز الأوزون. إذن **الفرضية** عبارة عن تفسير مؤقت لظاهرة ما أو حدث تمت ملاحظته، وهو قابل للاختبار.

ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا تكون الفرضية مؤقتة؟

الشكل 10–1 البيانات الكمية معلومات رقمية. أما البيانات النوعية فهي ملاحظات توصف باستعمال الحواس.

عين البيانات الكمية والنوعية في الصورة.





الشكل 11–1 هذه المواد يمكن أن تستعمل لقياس أثر درجة الحرارة في سرعة ذوبان ملح الطعام.

التجارب لا معنى للفرضية ما لم يكن هناك بيانات تدعمها. وهكذا فإن وضع الفرضية يساعد العالم على التركيز على الخطوة التالية في الطريقة العلمية. **التجربة** مجموعة من المشاهدات المضبوطة التي تختبر الفرضية. وعلى العلماء أن يصمموا بعناية تجربة أو أكثر وينفّذوها من أجل اختبار المتغيرات. والمتغير كمية أو حالة قد يكون لها أكثر من قيمة واحدة.

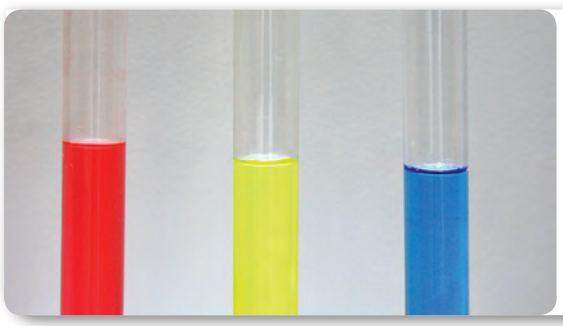
افترض أن معلم الكيمياء طلب إلى طلاب صفك استعمال المواد الموجودة في **الشكل 11–1** لتصميم تجربة لاختبار الفرضية القائلة إن ملح الطعام يذوب في الماء الساخن أسرع من ذوبانه في الماء الذي درجة حرارته تساوي درجة حرارة الغرفة ($20^{\circ}C$).

ولأن درجة الحرارة هي المتغير الذي تخطط لتغييره فهي **متغير مستقل**. فإذا وجدت مجموعتك أن كمية من الملح تذوب تمامًا خلال دقيقة واحدة عند $40^{\circ}C$، فإن الكمية نفسها تحتاج إلى 3 دقائق لتذوب تمامًا عند درجة $20^{\circ}C$ ؛ وذلك لأن درجة الحرارة تؤثر في سرعة ذوبان الملح. وتسمى سرعة الذوبان هذه **متغيرًا تابعًا** ؛لأن قيمتها تتغير تبعًا لتغير المتغير المستقل. ورغم أن مجموعتك تستطيع تحديد الكيفية التي تغير بها المتغير المستقل إلاّ أنها لا تستطيع التحكم في الكيفية التي يتغيّر بها المتغير التابع.

ماذا قرأت؟ وضح الفرق بين المتغير المستقل والمتغير التابع.

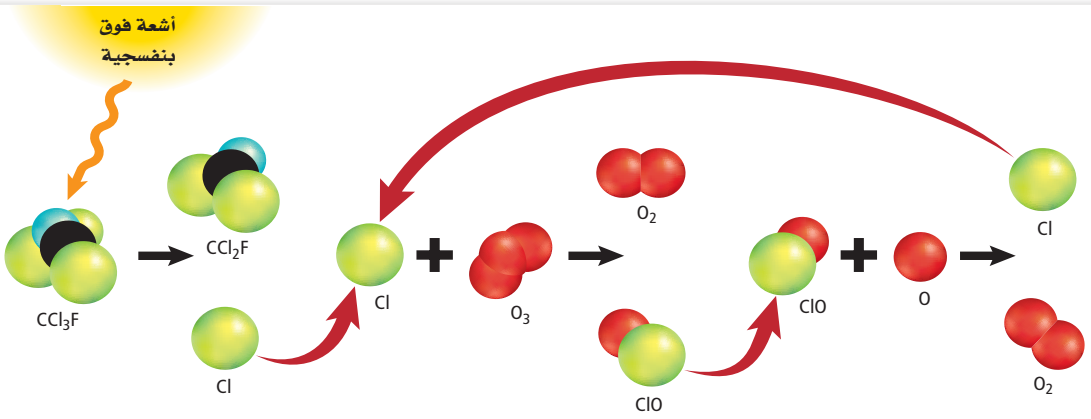
عوامل أخرى ما العوامل الأخرى التي تستطيع تغييرها في تجربتك؟ هل تؤثر كمية الملح التي تستعملها، أو كمية الماء، أو تحريك المخلوط في النتائج؟ إن الإجابة عن هذه الأسئلة ربما تكون بالإيجاب. لذا فإن نتائج التجربة ستختلف. ومن ثَم فإن المتغير المستقل هو الوحيد الذي يُسمح بتغييره في التجربة المخطط لها جيدًا. أما العامل الثابت فلا يسمح بتغييره في أثناء التجربة. ولذلك فإن كمية الملح وكمية الماء وتحريك المزيج يجب أن تبقى ثابتة عند أي درجة حرارة.

من المهم وجود **ضابط** للمقارنة في كثير من التجارب. ففي التجربة السابقة يعد الماء عند درجة حرارة الغرفة هو الضابط. ويبين **الشكل 12–1** ضابطًا من نوع آخر؛ فقد أضيف كاشف كيميائي إلى كل من الأنابيب الثلاثة، وهناك محلول حمضي في الأنبوب الموجود عن اليسار، لذا تحوَّل لون الكاشف فيه إلى الأحمر. أما الأنبوب الأوسط فيحتوي على ماء، ولون الكاشف فيه أصفر. وأما الأنبوب الأيمن فيحتوي على محلول قاعدي، وتحول لون الكاشف فيه إلى أزرق.



الشكل 12–1 لأن حموضة المحاليل في هذه الأنابيب معروفة فمن الممكن أن تستعمل بوصفها ضوابط في تجربة ما.

استنتج إذا أضيف كاشف كيميائي إلى محلول مجهول الحموضة فكيف تحدد ما إذا كان المحلول حمضيًا أو متعادلاً أو قاعديًا ؟



تتحد ذرة أكسجين O مع أول أكسيد الكلور ClO ليكوِّنا غاز الأكسجين O_2 والكلور Cl، ثم يتحد الكلور الحر مع جزيء غاز أوزون آخر، وتتكرر العملية.

ثم يقوم الكلور بتدمير غاز الأوزون بالاتحاد معه وتكوين غاز الأكسجين O_2 وأول أكسيد الكلور ClO.

تنبأ نموذج مولينا ورولاند أن الأشعة فوق البنفسجية تجعل الكلور Cl ينفصل عن CCl_3F أحد مركبات CFCs.

الشكل 13–1 يبين نموذج مولينا ورولاند كيف تدمر مركبات CFCs غاز الأوزون.

ضبط المتغيرات التفاعلات الموصوفة أعلاه بين CFCs وغاز الأوزون في نموذج مولينا ورولاند تضم عدة متغيرات. فعلى سبيل المثال، هناك غازات أخرى غير غاز الأوزون في الستراتوسفير. لذا فإن من الصعب تحديد ما إذا كان أحد هذه الغازات أو كلها تسبب تناقص غاز الأوزون. كما أن الرياح وتغيُّر الأشعة فوق البنفسجية قد يغيِّران من نتائج أي تجربة في أي وقت، مما يجعل المقارنة صعبة. وقد يكون من الأسهل أحيانًا محاكاة الظروف مختبريًّا، بحيث يمكن ضبط المتغيرات بسهولة.

الاستنتاج يمكن أن تُظهر التجربة قدرًا كبيرًا من البيانات، وهذه البيانات يأخذها العلماء عادة، ويحللونها، ويقارنونها بالفرضية للتوصل إلى استنتاج. **والاستنتاج** حكم قائم على المعلومات التي يتم الحصول عليها. نحن لا نستطيع إثبات فرضية ما. ولهذا عندما تؤيد البيانات الفرضية فإن ذلك يشير فقط إلى أن الفرضية قد تكون صحيحة. وإذا جاءت بعد ذلك بيانات لا تدعم الفرضية فعلينا رفض الفرضية أو تعديلها.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وضع مولينا ورولاند فرضية عن ثبات مركبات CFCs في طبقة الستراتوسفير، وجمعا بيانات تؤيد فرضيتهما، كما طوَّرا نموذجًا يقوم فيه الكلور الناتج عن تفكك CFCs بالتفاعل مرة بعد أخرى مع غاز الأوزون.

كما أنه يمكن اختبار النموذج واستعماله في القيام بتوقعات. فقد توقع نموذج مولينا ورولاند تكوُّن الكلور وتناقص غاز الأوزون، كما هو مبين في **الشكل 13–1**. كما وجدت مجموعة بحثية أخرى دليلًا على تفاعل غاز الأوزون والكلور عندما قامت بإجراء قياسات في طبقة الستراتوسفير. لكن هذه المجموعة لم تعرف مصدر الكلور. لقد توقع مولينا ورولاند في نموذجهما مصدر الكلور، وتوصَّلا إلى استنتاج أن غاز الأوزون في الستراتوسفير يمكن أن يتحطم بفعل مركبات CFCs، وكان لديهما دعم كافٍ لفرضيتهما مكّنهما من نشْر اكتشافهما، ففازا بجائزة نوبل عام 1995م.

الشكل 14–1 ينطبق قانون نيوتن للجاذبية على كل قفزة من قفزات هؤلاء المظليين مهما تعددت.

النظرية والقانون العلمي Theory and Scientific Law

النظرية تفسير لظاهرة طبيعية بناءً على مشاهدات واستقصاءات مع مرور الزمن. ولعلك سمعت عن نظرية أينشتاين في النسبية، أو عن النظرية الذرية. تصف النظرية عمومًا مبدأً رئيسًا في الطبيعة تم دعمه مع مرور الزمن. ولكن النظريات كلها تبقى عرضة للبحث، وقد يتم تعديلها. كما أن النظريات تؤدي غالبًا إلى استنتاجات جديدة. وتعد النظرية ناجحة إذا أمكن استعمالها للقيام بتوقعات صحيحة.

يتوصل عدد من العلماء أحيانًا إلى الاستنتاجات نفسها عن بعض العلاقات في الطبيعة، ولا يجدون أي استثناءات لهذه العلاقات. أنت تعرف مثلاً أنه مهما كان عدد مرات قفز المظليين من الطائرة– كما هو مبين في **الشكل 14–1** – فإنهم يعودون دائمًا إلى الأرض. لقد كان إسحق نيوتن متأكدًا من وجود قوة تجاذب بين جميع الأجسام. لذا اقترح القانون العام للجاذبية. إن قانون نيوتن **قانون علمي** يصف علاقة أوجدها الله في الطبيعة تدعمها عدة تجارب. وعلى العلماء أن يطوِّروا فرضيات وتجارب أخرى لتفسير وجود هذه العلاقات.

تجربة عملية
التقنيات المختبرية والسلامة في المختبر
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

التقويم 1-3

الخلاصة

- الطرائق العلمية طرائق منظمة لحل المشكلات.
- البيانات النوعية تصف ملاحظة ما، والبيانات الكمية تستعمل الأرقام.
- المتغيرات المستقلة تُغيَّر في التجربة، أما المتغيرات التابعة فتتغير تبعًا لتغير المتغيرات المستقلة.
- النظرية فرضية يدعمها الكثير من التجارب.

15. **الفكرة الرئيسة** فسر لماذا لا يستعمل العلماء مجموعة محددة من الخطوات في كل بحث يقومون به؟
16. **فرق** أعط مثالاً على بيانات كمية وآخر على بيانات نوعية.
17. **قوم** طُلب إليك أن تدرس أثر درجة الحرارة في حجم بالون، فوجدت أن حجم البالون يزداد عند تسخينه. ما المتغير المستقل؟ وما المتغير التابع؟ وما العامل الذي بقي ثابتًا؟ وما الضابط الذي ستقارن به؟
18. **مَيز** وصَف العالم شارل العلاقة المباشرة بين درجة الحرارة والحجم لجميع الغازات عند ضغط ثابت. هل نسمي هذه العلاقة قانون شارل أم نظرية شارل؟ لماذا؟
19. **فسر** النماذجُ العلمية الجيدة يمكن فحصها واستعمالها للقيام بتوقعات. ماذا توقع نموذج مولينا ورولاند عن كمية غاز الأوزون في الجو عند ازدياد كمية CFCs؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–4

البحث العلمي Scientific Research

الأهداف

- **تقارن** بين البحث النظري، والبحث التطبيقي، والتقنية.
- **تُطبِّق** تعليمات السلامة في المختبر.

مراجعة المفردات

اصطناعي: شيء من صنع الإنسان وقد لا يوجد في الطبيعة.

المفردات الجديدة

البحث النظري

البحث التطبيقي

الفكرة الرئيسة **بعض البحوث العلمية تؤدي إلى تطوير تقنيات يمكن أن تحسن حياتنا والعالم من حولنا.**

الربط مع الحياة كثير من المعلومات التي حصل عليها العلماء من خلال البحث النظري تستعمل لحل مشكلة، أو تلبي حاجة محددة. فقد اكتُشفت الأشعة السينية (X–rays) مثلاً عندما كان العلماء يجرون بحثًا نظريًّا (أساسيًّا) على أنابيب التفريغ الكهربائي، ثم اكتشفوا أن هذه الأشعة يمكن أن تستعمل في التشخيص الطبي.

أنواع الدراسات والأبحاث العلمية

Types of Scientific Investigations

يطَّلع الناس كل يوم – من خلال وسائل الإعلام، ومنها التلفزيون والصحف والمجلات والإنترنت– على نتائج الأبحاث العلمية، التي يتعلق كثير منها بالبيئة أو الدواء أو الصحة. كيف يستعمل العلماء البيانات الكمية والنوعية لحل الأنواع المختلفة من المشكلات العلمية؟ يجري العلماء **بحوثًا نظرية** للحصول على المعرفة من أجل المعرفة نفسها. فقد كان مولينا ورولاند مدفوعين بحب الاستطلاع، فقاما بإجراء بحوث نظرية على CFCs وتفاعلاتها مع غاز الأوزون، ولم يكن هناك أي دليل بيئي في ذلك الوقت على وجود علاقة بين نموذجهما وطبقة الستراتوسفير. وقد بيَّن بحثهما أن مركبات CFCs يمكن أن تسرِّع تفكك غاز الأوزون تحت ظروف معينة في المختبر.

وبمرور الوقت أشير إلى وجود ثقب في طبقة الأوزون عام 1985م، وأجرى العلماء قياسات عن كميات CFCs في الستراتوسفير دعمت فرضية احتمال مسؤولية CFCs عن تفكك غاز الأوزون. وهكذا تحول البحث النظري الذي أجري من أجل المعرفة إلى بحث تطبيقي. و**البحث التطبيقي** بحث يجرى لحل مشكلة محددة. فما زال العلماء يراقبون كميات CFCs في الجو والتغيرات السنوية في كمية غاز الأوزون في الستراتوسفير، انظر **الشكل 15–1**. كما تجرى أبحاث تطبيقية من أجل الحصول على بدائل لمركبات CFCs التي أصبحت ممنوعة.

الشكل 15–1 جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية يستعمل لقياس كمية غاز الأوزون والغازات الأخرى الموجودة في الستراتوسفير في أثناء أشهر الشتاء المعتمة في القارة المتجمدة الجنوبية.

الشكل 16–1 تستعمل خيوط النايلون في كثير من المنتجات، وكان قبل الحرب العالمية الثانية يستعمل في الأغراض العسكرية.

تستعمل ألياف النايلون في صناعة أشرطة التثبيت.

خيوط النايلون يمكن سحبها من سطح المحلول.

اكتشافات غير مقصودة لم تشهد الصناعة حقبة كهذه من قبل. فمن الممكن أن تساهم المواد وأساليب التصنيع المبتكرة في فتح آفاق جديدة مستقبلاً؛ وليس هناك مكان أفضل من مشروع «نيوم NEOM»؛ والذي يُعدّ بيئة لتمكين نخبة العقول وأمهر الكفاءات من تجسيد الأفكار الرائدة في عالم يصنعه الخيال. * المصدر: كتيب مشروع نيوم NEOM؛ ص:12.

وسيوفر مشروع نيوم NEOM بيئة مثالية للعلماء، فكثيرًا ما يُجري العلماء تجاربهم، ثم يتوصلوا إلى نتائج مختلفة عما كانوا يتوقعون. وهناك الكثير من الاكتشافات العلمية التي لم تكن متوقعة. ولعلك تعرف المثالين التاليين من هذه الاكتشافات.

الربط مع علم الأحياء يعد ألكسندر فلمنج من المشهورين في القيام باكتشافات غير متوقعة. وفي بعض هذه الاكتشافات وجد فلمنج أن أحد الأطباق المحتوية على بكتيريا ستافيلوكوكس تلوث بعفن (فُطر) أخضر، عُرف فيما بعد بفطر البنسلين، فقام بمراقبته بحرص واهتمام، ولاحظ وجود منطقة خالية حوله ماتت فيها البكتيريا. في هذه الحالة علم أن مادة كيميائية من الفطر (البنسلين) سببت قتل البكتيريا.

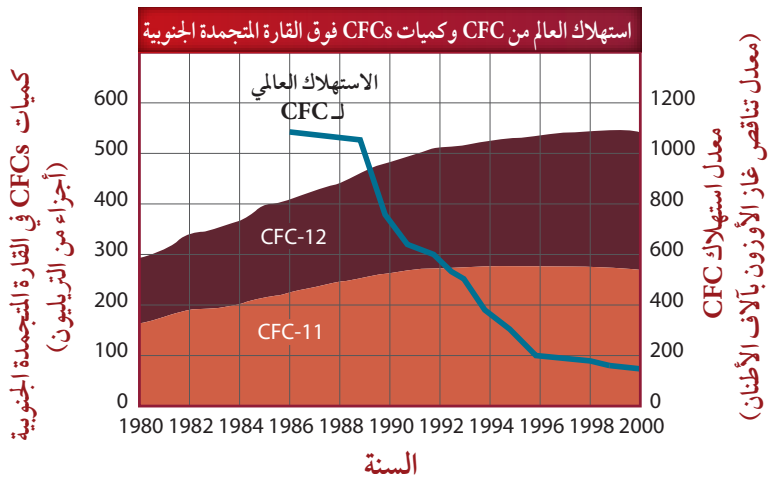
ويعد اكتشاف النايلون مثالاً آخر على الاكتشافات غير المقصودة. ففي عام 1931م قام موظف يدعى جوليان هيل بغمس قضيب زجاجي ساخن في مخلوط من المحاليل، وبشكل غير متوقع سحب أليافًا طويلة كتلك المبينة في **الشكل 16–1** . تابع هيل وزملاؤه تطوير هذه الألياف إلى حرير اصطناعي يتحمل درجات الحرارة العالية، حتى تم تطوير النايلون في عام 1934م. وخلال الحرب العالمية الثانية كان النايلون يستعمل بديلاً للحرير في المظلات. أما اليوم فيستعمل بكثرة في صناعة الأنسجة وبعض أنواع البلاستيك وأشرطة التثبيت، كما في **الشكل 16–1** .

الطلاب في المختبر Students in the Laboratory

سوف تتعلم حقائق كثيرة عن المواد في أثناء دراستك للكيمياء. كما ستقوم بإجراء بحوث وتجارب تستطيع من خلالها وضع فرضيات واختبارها، وجمع البيانات وتحليلها، واستخلاص النتائج. عندما تعمل في مختبر الكيمياء تكون مسؤولاً عن سلامتك وسلامة من يعملون معك؛ ففي المختبر قد يعمل عدة أشخاص معًا في مكان صغير، لذا يكون من المهم أن يمارس كل منهم أساليب عمل آمنة. ويضم **الجدول 2–1** قائمة بتعليمات السلامة التي يجب أن تتبعها في كل مرة تدخل فيها إلى المختبر، وهي تعليمات يستعملها الكيميائيون وغيرهم من العلماء.

الجدول 2-1 السلامة في المختبر

1. ادرس التجربة العلمية (المختبرية) المحددة لك قبل أن تأتي إلى المختبر، وإذا كان لديك أسئلة فاطلب مساعدة المعلم.
2. لا تُجر التجارب دون إذن معلمك، ولا تعمل بمفردك أبدًا. تعلم كيف تطلب المساعدة عند الضرورة.
3. تفهم رموز السلامة. اقرأ جميع علامات التحذير وتقيد بها.
4. البس النظارة الواقية ومعطف المختبر في أثناء العمل. والبس قفازات عندما تستعمل المواد الكيميائية التي تسبب التهيج أو يمكن امتصاص الجلد لها. اربطي شعرك إذا كان طويلاً.
5. لا تلبس عدسات لاصقة في المختبر، حتى تحت النظارات؛ لأنها قد تمتص الأبخرة، وقد يصعب إزالتها.
6. تجنب لبس الملابس الفضفاضة أو الأشياء المتدلية مثل الشماغ. والبس الأحذية المغلقة على أصابع القدم.
7. لا تدخل الطعام والشرابَ إلى المختبر ولا تأكل في المختبر أبدًا.
8. اعرف مكان وكيفية استعمال طفاية الحريق والماء، وبطانية الحريق، والإسعافات الأولية، وقواطع الغاز والكهرباء.
9. نظف الأشياء التي تنسكب على الأرض والممرات والأدوات، وأخبر معلمك عن أي حادث أو جرح أو إجراء عملي خاطئ أو عطل في الأدوات.
10. إذا لامستْ مادة كيميائية عينك أو جلدك فاغسلها بكميات كبيرة من الماء، وأخبر معلمك عن طبيعة المادة.
11. تعامل مع المواد الكيميائية بحرص، وتفحص بطاقات عبوات المواد قبل استخدامها في التجربة. اقرأ البطاقة ثلاث مرات قبل حملها، وفي أثنائه وبعد إرجاعها إلى مكانها الأصلي.
12. لا تأخذ العبوات إلى مكان عملك ما لم يطلب إليك ذلك. استعمل أنابيب اختبار أو أوراقًا أو كؤوسًا للحصول على المواد الكيميائية. خذ كميات قليلة؛ لأن الحصول على كمية إضافية لاحقًا أسهل من التخلص من الفائض.
13. لا تُعِد المواد الكيميائية غير المستعملة إلى العبوة الأصلية.
14. لا تدخل القطارة في عبوات المواد الكيميائية، بل اسكب قليلاً من المادة الكيميائية في كأس، ثم استعمل القطارة.
15. لا تتذوق أبدًا أي مادة كيميائية أو تسحبها بفمك، بل بالماصة.
16. احفظ المواد القابلة للاشتعال بعيدًا عن اللهب.
17. لا تستعمل المواد السامة والقابلة للاشتعال إلا تحت إشراف معلمك. استعمل خزانة طرد الغازات عند استعمال هذه المواد.
18. عند تسخين مادة في أنبوب اختبار لا توجِّه فوهة الأنبوب إلى جسمك أو إلى شخص آخر، ولا تنظر أبدًا في فوهة الأنبوب.
19. لا تسخّن المخابير المدرجة أو السحاحات أو الماصات باستعمال لهب بنزن.
20. توخَّ الحذر عند الإمساك بأجهزة ساخنة أو زجاج ساخن؛ فالزجاج الساخن لا يختلف في مظهره عن الزجاج البارد.
21. تخلص من الزجاج المكسور، والمواد الكيميائية غير المستعملة، ونواتج التفاعلات كما يطلب المعلم.
22. اعرف الطريقة الصحيحة لتحضير محاليل الأحماض. أضف الحمض دائمًا إلى الماء ببطء.
23. أبقِ منطقة الميزان نظيفة دائمًا، ولا تضع المواد الكيميائية على كفة الميزان مباشرة.
24. بعد الانتهاء من التجربة نظف الأدوات واحفظها، ونظف مكان العمل، وتأكد من إطفاء الغاز وإغلاق مصدر الماء. اغسل يديك بالماء والصابون قبل أن تغادر المختبر.



الشكل 17–1 هذا الرسم البياني يبين تركيز اثنين من مركبات CFCs في الجو فوق القارة المتجمدة الجنوبية، والاستهلاك العالمي لمركبات CFCs من 1980 – 2000 م.

وتستمر القصة The Story Continues

لنعد الآن إلى المادتين اللتين سبق الحديث عنهما. لقد حدث الكثير منذ أن وضع مولينا وورولاند فرضيتهما في سبعينيات القرن الماضي عن دور مركبات CFCs في تفكيك الأوزون الجوي. ومن خلال البحوث التطبيقية وجد العلماء أن مركبات CFCs ليست وحدها التي تتفاعل مع غاز الأوزون، وإنما هناك بعض المواد الأخرى التي تتفاعل معه أيضًا، فرابع كلوريد الكربون CCl_4 وميثيل الكلوروفورم CH_3CCl_3 وبعض المواد التي تحتوي على البروم كلها تفكك غاز الأوزون.

ميثاق مونتريال لأن تناقص الأوزون أصبح موضع اهتمام العالم فقد تصدت دول كثيرة لهذه المشكلة. وقد اجتمع لهذه الغاية زعماء من عدة دول في مونتريال بكندا عام 1987م كان من بينها المملكة العربية السعودية، ووقعوا على ميثاق مونتريال، الذي يقضي بموافقة الدول التي وقعت هذه الاتفاقية على إنهاء استعمال هذه المركبات، ووضع قيود على كيفية استعمالها، كما شاركت ووافقت على النظام الموحد بشأن المواد المستنفذة لطبقة الأوزون لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية المُعدّل عام 2012، والذي أحد أهدافه التخلص التام من استهلاك المواد المستنفذة لطبقة الأوزون وإحلال البدائل الآمنة؛ وبما يتوافق مع المصالح الوطنية لدول المجلس وفقا لبرتوكول مونتريال. وكما ترى في **الشكل 17–1** فإن الاستعمال العالمي لمركبات CFCs بدأ يتراجع بعد ميثاق مونتريال. وعلى أي حال فإن الشكل يبين أن كمية CFCs فوق القارة المتجمدة الجنوبية لم تتقلص مباشرة.

اختبار الرسم البياني حدد متى بدأت كمية مركبات CFCs تستقر بعد توقيع ميثاق مونتريال؟

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

٢٠٤٠١ الحد من التلوث بمختلف أنواعه (مثل التلوث الهوائي، الصوتي، المائي، والترابي).

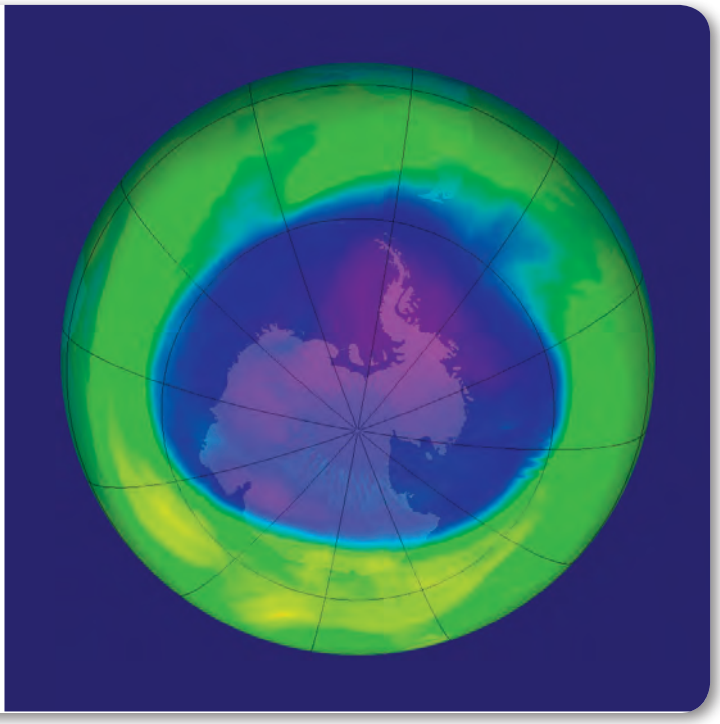
المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

ثقب الأوزون حاليًا عرف العلماء أيضًا أن ثقب الأوزون يتكون سنويًا فوق القارة المتجمدة الجنوبية في فصل الربيع. وتتكون غيوم جليدية في طبقة الستراتوسفير فوق هذه القارة عندما تنخفض درجات الحرارة هناك إلى $-78^{\circ}C$ وهذه الغيوم تحدث تغيرات تساعد على إنتاج كلور وبروم نشطين كيميائيًا. وعندما تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع في الربيع يبدأ هذان العنصران النشطان في التفاعل مع غاز الأوزون مسبِّبين تناقصه، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث ثقب في الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية. كما يحدث تناقص لغاز الأوزون فوق القطب الشمالي، لكن درجة الحرارة لا تبقى منخفضة مدة كافية هناك، مما يعني تناقصًا أقل في غاز الأوزون عند القطب الشمالي.

ماذا قرأت؟ بيِّن العوامل التي تستثير تكوُّن ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية.

يبين **الشكل 18–1** ثقب الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية في سبتمبر من عام 2005م. وقد بلغ سمك طبقة الأوزون حده الأدنى في ذلك الشهر من السنة. وإذا قارنت بين الألوان في الصورة ومفتاح اللون فستدرك أن مستوى غاز الأوزون يقع بين 110 DU و200 DU. لاحظ أن مستوى غاز الأوزون في معظم المنطقة المحيطة بثقب الأوزون حوالي 300 DU، وهو مستوى طبيعي.



الشكل 18–1 وصل سمك طبقة الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية إلى أقل سمك له في سبتمبر 2005 م. يبين مفتاح الألوان أدناه ما يمثله كل لون في هذه الصورة المأخوذة بالقمر الاصطناعي.

قارن كيف تختلف مستويات غاز الأوزون هذه عن المستوى الطبيعي له؟

ومـن الجديـر بالذكر أن العلماء لا يزالون غير متأكدين من تحديد الوقت الذي تعود فيه طبقة الأوزون إلى ما كانت عليه. فقد توقعوا أنها سـوف تعود إلى وضعها عام 2050م، إلّا أن النماذج الحاسوبية الحديثة تتوقع أنها لن تبدأ في استعادة وضعها قبل عام 2068م. على أن تحديد موعد دقيق لذلك ليس مهمًّا ما دام أنها ستعود يومًا ما.

تجربة عملية

الاستعمال الفعّال لموقد بنزن

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

فوائد الكيمياء The Benefits of Chemistry

يُعـد الكيميائيون جـزءًا من العلماء الذين يحلون الكثير من المشـكلات أو القضايا التي نواجههـا هذه الأيام. وهم لا يشـاركون فقط في حل مشـكلة تـآكل الأوزون، بل إنهم يشـاركون في التوصل إلى اكتشـاف بعض الأدوية ولقاحات الأمـراض، ومنها الإيدز والأنفلونـزا. وغالبًا ما يرتبط الكيميائي مع كل موقف يمكن أن تتخيله؛ لأن كل شيء في الكون مكوَّن من مادة.

مختبر تحليل البيانات

فسر الرسوم البيانية

كيف تختلف مستويات غاز الأوزون في أثناء السنة في القارة المتجمدة الجنوبية؟

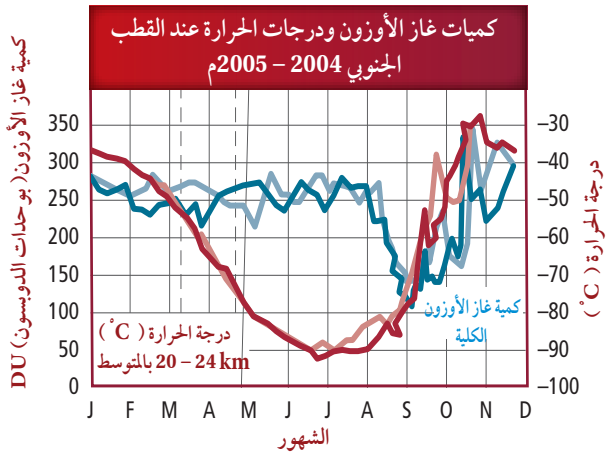
تستمر بعض مراكز الأبحاث في مراقبة تركيز غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير فوق القارة المتجمدة الجنوبية.

التفكير الناقد

1. **صف** نمط تغـير الكمية الكلية لغاز الأوزون ودرجة الحرارة على ارتفاع 20–24 km عن سطح الأرض.
2. **قـوّم** كيـف تختلف بيانـات عـام 2004م عـن بيانات 2005م؟
3. **حـدد** الشـهر الذي كانـت كمية الأوزون فيـه أقل ما يمكن.
4. **قـوّم** هـل تؤيد هذه البيانات ما درسـته سـابقًا في هذا الفصل عن تفكك غاز الأوزون؟ فسِّر إجابتك.

البيانات والملاحظات

هذا الرسم البياني يعرض بيانات جمعها أحد مراكز الأبحاث فوق القارة المتجمدة الجنوبية عامي 2004 و2005م. الخط الأغمق يمثل بيانات 2005م.



الشكل 19–1 هذه السيارة التي تعمل بالهواء المضغوط، وهذه الغواصة الصغيرة التي يبلغ طولها 4 mm فقط مثالان على التقنية التي نتجت عن دراسة المادة.

يبين **الشكل 19–1** بعض التطورات التقنية الممكنة نتيجة دراسة المادة. فالسيارة الموجودة عن اليمين تعمل بالهواء المضغوط، وعندما يُسمح لهذا الهواء بالتمدد فإنه يدفع المكابس التي تحرك السيارة، ولا يؤدي استعمال الهواء المضغوط في تشغيل السيارات إلى تسرب ملوثات إلى الجو. أما الصورة عن اليسار فهي لغواصة صغيرة دخل في صناعتها الليزر والحاسوب. هذه الغواصة التي لا يتجاوز طولها 4 mm، ويمكن أن تستعمل في اكتشاف الأمراض والتشوهات في الجسم البشري وإصلاحها.

التقويم 1-4

الخلاصة

- الطرائق العلمية يمكن أن تستعمل في البحوث النظرية والتطبيقية.
- بعض الاكتشافات العلمية تتم دون قصد، وبعضها الآخر نتيجة البحث الجاد لتلبية حاجة ما.
- السلامة في المختبر مسؤولية كل فرد يعمل فيه.
- كثير من وسائل الراحة التي نستمتع بها اليوم هي نتاج تطبيقات الكيمياء.

20. الفكرة الرئيسة **سم** ثلاثة منتجات تقنية حسَّنت من حياتنا أو العالم من حولنا.

21. قارن بين البحث النظري والبحث التطبيقي.

22. صنِّف التقنية، هل هي ناتجة عن البحوث النظرية أو التطبيقية؟ اشرح وجهة نظرك.

23. لخص السبب وراء كل من:

a. لبس المعطف والنظارة في المختبر.

b. عدم إعادة المواد الكيميائية غير المستعملة إلى العبوة الأصلية.

c. عدم لبس عدسات لاصقة في المختبر.

d. عدم لبس ملابس فضفاضة أو أشياء متدلية مثل الشماغ في المختبر.

24. فسر الأشكال العلمية ما احتياطات السلامة التي ستتخذها عند رؤية رموز السلامة التالية؟

في الميدان

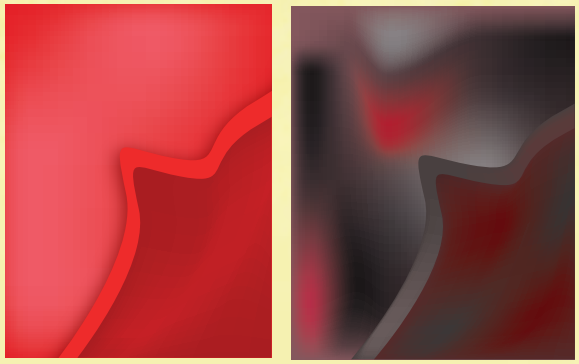
مهن: مرمّم اللوحات الفنية

ترميم اللوحات الفنية

لا تبقى اللوحات الفنية على حالها إلى الأبد؛ فهي تتلف بفعل العديد من المؤثرات، ومنها اللمس، أو الدخان الناتج عن الحرائق. وترميم هذه اللوحات هي مهمة مرمّم اللوحات الفنية، وهي عملية ليست سهلة؛ لأن المواد المستعملة في الترميم قد تُتلف اللوحات الفنية.

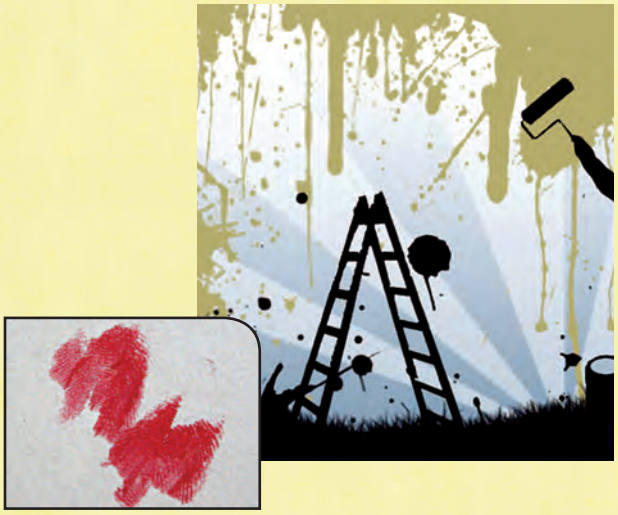
الأكسجين في الجو: يشكل الأكسجين 21% من الغلاف الجوي، وهو غالبًا في صورة غاز (O_2) الموجود بالقرب من سطح الأرض. أما في طبقات الجو العليا فتقوم الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس بتفكيك غاز الأكسجين إلى ذرات (O). ورغم أن غاز الأكسجين نشط كيميائيًّا، إلاّ أن الأكسجين الذري أنشط؛ فهو يستطيع إتلاف مَرْكبات الفضاء في مداراتها. وهذا سبب قيام وكالة الفضاء الأمريكية NASA بدراسة تفاعل الأكسجين الذري مع غيره من المواد.

الأكسجين والفن التشكيلي: الأكسجين الذري نشط وخصوصًا في التفاعل مع عنصر الكربون (المادة الأساسية الموجودة في السناج؛ والسناج هو: دقائق من الكربون تتخلّف من نقص في حريق الوقود). وعندما عالج علماء NASA الرسوم التي يعلوها السناج، كما في **الشكل 1** بالأكسجين الذري، تفاعل الكربون الموجود في السناج مع الأكسجين الذري، وتحول إلى غازات.



الشكل 1 الصورة اليمنى تبين تلف اللوحة الزيتية الناتج عن السناج. أما الصورة اليسرى فتُظهر اللوحة بعد معالجتها بالأكسجين الذري، ولم يحدث تلف إلا ما حدث للإطار اللامع للوحة.

تأثير الأكسجين: لأن الأكسجين الذري يؤثر فيما يلامسه فقط فإن طبقات الرسم التي تحت السناج لا تتأثر. إذا قارنت الصورة الموجودة عن اليمين في **الشكل 1** بالصورة التي عن اليسار فسوف تلاحظ أن السناج قد أزيل دون أن تتأثر اللوحة، وهذا بخلاف معظم المعالجات التقليدية التي تستعمل فيها مذيبات عضوية لإزالة السناج؛ حيث تتفاعل هذه المذيبات غالبًا مع السناج ومع الألوان.



الشكل 2 هذه البقعة الحمراء لم يكن من الممكن إزالتها بالطرائق التقليدية، لكن الأكسجين الذري أزالها دون إتلاف اللوحة.

اللوحة من الأمثلة الناجحة الأخرى على إزالة البقع ما حدث لإحدى اللوحات حين تلوثت بصبغة حمراء، كما في **الشكل 2**. معظم الأساليب التقليدية لإصلاح اللوحة تؤدي إلى امتزاج الصبغة الحمراء بالقماش. أما عندما استعمل الأكسجين الذري فقد زال اللون الأحمر عن اللوحة.

الكتابة في الكيمياء

اكتب مقالة لجريدة توضح فيها كيف يستعمل الأكسجين الذري في إصلاح اللوحات الفنية.

مختبر الكيمياء

تعرُّف مصدر الماء

الخلفية تتنوع مكونات ماء الصنبور من منطقة إلى أخرى. ويصنف الماء إلى ماء عسر أو ماء يسر بحسب كمية الكالسيوم أو الماغنسيوم الموجودة في الماء، والتي تقاس بوحدة mg/L. افترض وجود عينتين من الماء في مختبر تحليل الماء، إحداهما ماء يسر أخذ من المنطقة A والأخرى ماء عسر أخذ من المنطقة B.

سؤال من أي منطقة أُخذت العينتان؟

المواد والأدوات اللازمة

- أنابيب اختبار مع سدادات عدد 3
- حامل أنابيب اختبار
- قلم تلوين
- مخبار مدرج 25 mL
- ماء مقطر
- قطارة
- دورق 250 mL
- عينة ماء 1
- عينة ماء 2
- سائل تنظيف الأواني
- مسطرة

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية .
2. ارسم جدول بيانات كالموضح أدناه، ثم عنون أنابيب الاختبار الثلاثة: D (للماء المقطر)، 1(للعينة A)، 2 (للعينة B).
3. قس 20 mL من الماء المقطر بالمخبار المدرج، واسكبه في أنبوب الاختبار D. ضع علامة على الأنبوب تمثل ارتفاع الماء.
4. كرر الخطوة 3 لكل من العينة A,B.
5. أضف قطرة من سائل تنظيف الأواني إلى كل أنبوب، وأغلق الأنابيب بإحكام باستخدام السدادات، ثم رج كل عينة مدة 30 s لتكون رغوة، ثم قس ارتفاع الرغوة باستخدام المسطرة.

جدول البيانات	
العينة	ارتفاع الرغوة
D	
A	
B	

6. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من السوائل في المغسلة، واشطفها بماء الصنبور. ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها.

حلل واستنتج

1. **قارن** أي العينتين أنتجت رغوة أكثر؟
2. **استنتج** ينتج الماء اليسر رغوة أكثر من الماء العسر. استعن بالجدول أدناه لتحديد المنطقة التي أخذت منها كل عينة.
3. **احسب** إذا كان حجم عينة الماء العسر الذي حصلت عليه من معلمك 50 mL وتحتوي على 7.3 mg من الماغنسيوم فما مقدار عسر الماء في هذه العينة وفقًا للجدول أدناه؟ (50 mL = 0.5 L).

تصنيف مقدار عسر الماء	
التصنيف	كتلة الكالسيوم أو الماغنسيوم mg/L
يسر	0 – 60
متوسط	61 – 120
عسر	121 – 180
عسر جدًّا	> 180

4. **تطبيق الطرائق العلمية** حدد المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة في هذه التجربة، وهل كان هناك عينة ضابطة في التجربة؟ فسر ذلك. هل توصل زملاؤك إلى النتيجة نفسها؟ لماذا؟
5. **تحليل الخطأ** هل يمكن تغيير خطوات العمل لجعل النتائج أكثر دقة؟ فسر ذلك.

التوسع في الاستقصاء

استقصاء هناك الكثير من المنتجات يُدّعى أنها تجعل الماء يسرًا. قم بزيارة محالّ بيع المستلزمات المنزلية أو المحال التجارية لإحضار بعض هذه المنتجات، ثم صمم تجربة للبحث في صحة الادعاء.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة الكيمياء علم أساسي في حياتنا.

1-1 قصة مادتين

الفكرة الرئيسة الكيمياء هي دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.

المفردات

- الكيمياء
- المادة الكيميائية

المفاهيم الرئيسة

- الكيمياء هي دراسة المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.
- المادة الكيميائية لها تركيب منتظم وثابت.
- غاز الأوزون يوجد في طبقة الستراتوسفير ويكوِّن طبقة واقية للأرض من الأشعة فوق البنفسجية.
- CFCs مواد مصنعة مكونة من الكلور والفلور والكربون، وتعمل على تقليل سمك طبقة الأوزون.

1-2 الكيمياء والمادة

الفكرة الرئيسة تتناول مجالات علم الكيمياء دراسة الأنواع المختلفة من المادة.

المفردات

- الكتلة
- الوزن
- النموذج

المفاهيم الرئيسة

- النماذج أدوات يستعملها العلماء، وكذلك الكيميائيون لتفسير الأحداث التي لا تُرى بالعين المجردة، والتي ينتج عنها تغيرات ملحوظة.
- الملاحظات التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة للمادة تعكس سلوكيات الذرات التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
- هناك فروع عدة لعلم الكيمياء، منها الكيمياء العضوية وغير العضوية والفيزيائية والتحليلية والحيوية.

1 دليل مراجعة الفصل

1-3 الطرائق العلمية

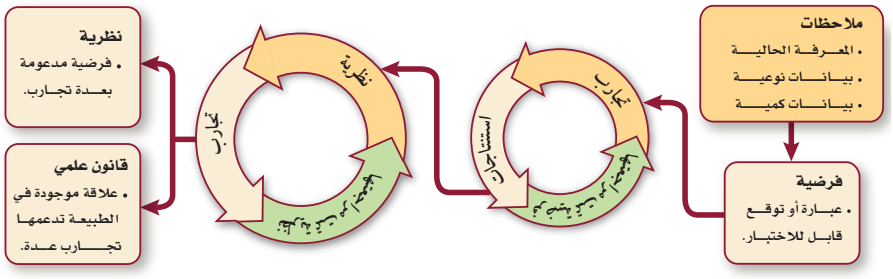
الفكرة الرئيسة يتبع العلماء الطريقة العلمية لطرح أسئلة واقتراح إجابات لها واختبارها وتقويم نتائج الاختبارات.

المفردات

- الطريقة العلمية
- البيانات النوعية
- البيانات الكمية
- الفرضية
- التجربة
- المتغير المستقل
- المتغير التابع
- الضابط
- الاستنتاج
- النظرية
- القانون العلمي

المفاهيم الرئيسة

- الطرائق العلمية طرائق منظمة لحل المشكلات.
- البيانات النوعية تصف الملاحظات، والبيانات الكمية تستعمل الأرقام.
- المتغيرات المستقلة تُغيَّر في التجربة، أما المتغيرات التابعة فتتغير تبعًا لتغير المتغيرات المستقلة.
- النظرية فرضية يدعمها الكثير من التجارب.



1-4 البحث العلمي

الفكرة الرئيسة بعض البحوث العلمية تؤدي إلى تطوير تقنيات يمكن أن تحسن حياتنا.

المفردات

- البحث النظري
- البحث التطبيقي

المفاهيم الرئيسة

- الطرائق العلمية يمكن أن تستعمل في البحوث النظرية والتطبيقية.
- بعض الاكتشافات العلمية تتم دون قصد، وبعضها الآخر نتيجة البحث الجاد لتلبية حاجة ما.
- السلامة في المختبر مسؤولية كل فرد يعمل فيه.
- كثير من وسائل الراحة التي نستمتع بها اليوم هي نتاج تطبيقات الكيمياء.

1–1

إتقان المفاهيم

25. عرف كلًّا من المادة الكيميائية والكيمياء.

26. **الأوزون** في أي طبقات الغلاف الجوي يوجد غاز الأوزون؟

27. ما العناصر الثلاثة الموجودة في مركبات الكلوروفلوروكربون؟

28. لاحظ العلماء أن سُمك طبقة الأوزون يتناقص. ما سبب ذلك؟

إتقان حل المسائل

29. يتكون جزيء الأوزون من ثلاث ذرات أكسجين. كم جزيء أوزون ينتج عن 6 ذرات أكسجين، و9 ذرات أكسجين، و27 ذرة أكسجين؟

30. **قياس التركيز** يبين **الشكل 6–1** أن مستوى CFC كان 272 ppt عام 1995م. وإذا كانت النسبة المئوية تعني أجزاء من المئة، فما النسبة المئوية التي تمثلها 272 ppt؟

1–2

إتقان المفاهيم

31. أي القياسين يعتمد على قوة الجاذبية: قياس الكتلة أم قياس الوزن؟ فسِّر إجابتك.

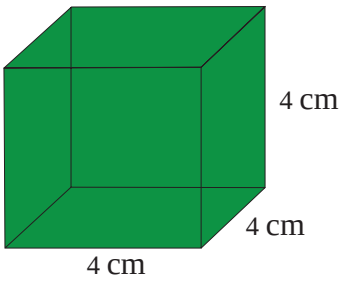
32. أي مجالات الكيمياء يدرس نظريات تركيب المادة، وأيها يدرس تأثير المواد الكيميائية في البيئة؟

إتقان حل المسائل

33. في أي المدينتين الآتيتين تتوقع أن يكون وزنك أكبر: في مدينة أبها التي ترتفع 2200 m عن سطح البحر، أم في مدينة جدة التي تقع عند مستوى سطح البحر؟

34. قرأت أن "تريليون ذرة يمكن أن توضع فوق نقطة في نهاية هذه الجملة". اكتب العدد تريليون بالأرقام.

35. ما كتلة المكعب أدناه، إذا علمت أنّ كتلة مكعب طول ضلعه 2 cm من المادة نفسها تساوي 4.0 g.



1–3

إتقان المفاهيم

36. كيف تختلف البيانات الكمية عن البيانات النوعية؟ أعط مثالاً على كل منهما.

37. ما الفرق بين الفرضية والنظرية والقانون؟

38. **تجارب مختبرية** طلب إليك دراسة مقدار السكر الذي يمكن إذابته في الماء عند درجات حرارة مختلفة. ما المتغير المستقل؟ وما المتغير التابع؟ وما العامل الذي يجب أن يبقى ثابتًا في هذه التجربة؟

39. بين ما إذا كانت البيانات التالية نوعية أم كمية:

a. كتلة كأس 6.6 g .

b. بلورات السكر بيضاء ولامعة.

c. الألعاب النارية ملونة.

40. إذا كانت الأدلة التي جمعتها في أثناء إجراء تجربة ما لا تدعم الفرضية، فماذا يجب عليك تجاه الفرضية؟

تقويم الفصل 1

إتقان حل المسائل

41. تتفاعل ذرة كربون C مع جزيء واحد من الأوزون O_3، وينتج جزيء واحد من أول أكسيد الكربون CO وجزيء واحد من غاز الأكسجين O_2. ما عدد جزيئات الأوزون اللازمة لإنتاج 24 جزيئًا من غاز الأكسجين؟

1–4

إتقان المفاهيم

42. السلامة في المختبر أكمل كلًّا من الجمل التالية، بحيث تعبِّر بشكل صحيح عن إحدى قواعد السلامة في المختبر.

a. ادرس واجب المختبر المحدد لك....

b. أبق الطعام والشراب و ....

c. اعرف أين تجد، وكيف تستعمل ....

إتقان حل المسائل

43. إذا كانت خطوات العمل تتطلب إضافة حجمين من الحمض إلى حجم واحد من الماء، وبدأت بـ 25 mL ماء، فما حجم الحمض الذي ستضيفه؟ وكيف تضيفه؟

التفكير الناقد

44. الربط اذكر مجال الكيمياء الذي يدرس كل موضوع من الموضوعات الآتية: تلوث الماء، هضم الطعام، إنتاج ألياف النسيج، صنع النقود من الفلزات، معالجة الإيدز.

45. صنّف تتفكك مركبات CFCs لتكوِّن مواد كيميائية تتفاعل مع الأوزون. هل هذه ملاحظة عينية أم مجهرية؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

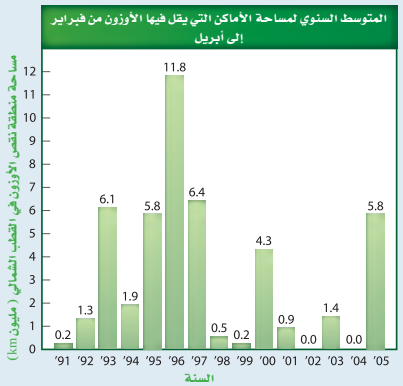
46. استنزاف غاز الأوزون اكتب وصفًا تبين فيه استنزاف مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs لغاز الأوزون خلال الزمن.

47. التقنية اذكر تطبيقات تقنية للكيمياء من واقع حياتك. أعدّ كتيبًا عن اكتشافاتها وتطورها.

أسئلة المستندات

استنزاف غاز الأوزون تختلف مساحة ثقب الأوزون فوق كل من القطبين الشمالي والجنوبي، وتقوم إحدى مؤسسات الدراسات البيئية بجمع البيانات ومراقبة مناطق انخفاض سمك طبقة الأوزون عند كل من القطبين.

الشكل 20–1 يبين متوسط المساحات التي يقل فيها تركيز الأوزون في منطقة القطب الشمالي من فبراير إلى أبريل في السنوات من 1991م إلى 2005م.



الشكل 20–1

48. في أي السنوات كانت منطقة نقص الأوزون أكبر ما يمكن؟ وفي أي السنوات كانت أصغر ما يمكن؟

49. ما متوسط مساحة هذه المنطقة بين عامي 2000م و2005م؟ قارن بينه وبين متوسط مساحتها بين عامي 1995م و 2000 م؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

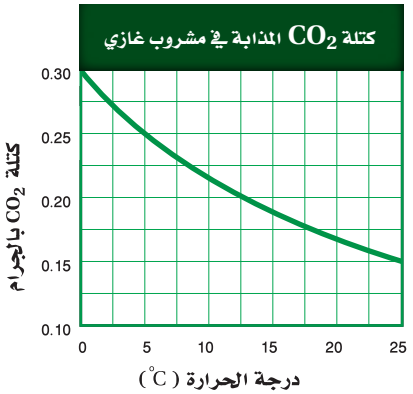
1. ما الشيء الذي يجب ألا تفعله في أثناء العمل في المختبر؟

   a. قراءة المكتوب على العبوات قبل استعمال محتوياتها.
   b. إعادة المتبقي من المواد الكيميائية إلى العبوات الأصلية.
   c. استعمال كميات كبيرة من الماء لغسل الجلد الذي تعرض للمواد الكيميائية.
   d. أخذ ما تحتاج إليه فقط من المواد الكيميائية.

استعن بالجدول والشكل الآتيين للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 5.

صفحة من دفتر مختبر أحد الطلاب

الخطوة	ملاحظات
الملاحظة	– المشروبات الغازية تزداد فورانًا عندما تسخن. –المشروبات الغازية تفور لأنها تحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب.
الفرضية	– يزداد ذوبان ثاني أكسيد الكربون بازدياد درجة الحرارة. – هذه العلاقة تنطبق على ذائبية المواد الصلبة.
التجربة	– قياس كتلة ثاني أكسيد الكربون في عينات مختلفة من مشروب غازي عند درجات حرارة مختلفة.
تحليل البيانات	انظر الرسم البياني.
النتيجة	



2. ما العامل الذي يبقى ثابتًا أثناء التجربة؟

   a. درجة الحرارة.
   b. كمية CO_2 المذابة في كل عينة.
   c. كمية المشروب الغازي في كل عينة.
   d. نوع المشروب المستخدم.

3. إذا افترضنا أن جميع البيانات التجريبية صحيحة فإن الاستنتاج المعقول من هذه التجربة هو:

   a. تذوب كميات كبيرة من CO_2 في السائل عند درجات حرارة منخفضة.
   b. تحتوي العينات المختلفة من المشروب على الكمية نفسها من CO_2 عند كل درجة حرارة.
   c. العلاقة بين درجة الحرارة والذائبية للمواد الصلبة هي العلاقة نفسها لـ CO_2.
   d. يذوب CO_2 بشكل أفضل في درجات الحرارة العالية.

4. الأسلوب العلمي الذي اتبعه هذا الطالب يبين أن:

   a. البيانات التجريبية تدعم الفرضية.
   b. التجربة تصف بدقة ما يحدث في الطبيعة.
   c. تخطيط التجربة ضعيف.
   d. يجب رفض الفرضية.

اختبار مقنن

5. المتغير المستقل في التجربة هو:

a. عدد العينات التي تم اختبارها.

b. كتلة CO_2 المستعملة.

c. نوع المشروب المستعمل.

d. درجة حرارة المشروب.

6. أي البحوث التالية مثال على بحث نظري؟

a. إنتاج عناصر اصطناعية لدراسة خواصها.

b. إنتاج مواد بلاستيكية مقاومة للحرارة لاستعمالها في الأفران المنزلية.

c. إيجاد طرائق لإبطاء صدأ الحديد.

d. البحث عن أنواع أخرى من الوقود لتسيير السيارات.

7. ما فرع علم الكيمياء الذي يستقصي تحلل مواد التغليف في البيئة؟

a. الكيمياء الحيوية.

b. الكيمياء النظرية.

c. الكيمياء البيئية.

d. الكيمياء غير العضوية.

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤال 8 .

أثر شرب الصودا في معدل ضربات القلب

الطالب	عدد علب الصودا	عدد ضربات القلب/دقيقة
1	صفر	73
2	1	84
3	2	89
4	3	96

8. أي الطلاب استُخدم ضابطًا في التجربة:

a. الطالب 1 **b.** الطالب 2 **c.** الطالب 3 **d.** الطالب 4

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 9 و 10.

الخواص الفيزيائية لثلاثة عناصر

العنصر	الرمز	درجة الانصهار (°C)	اللون	الكثافة g/cm^3
صوديوم	Na	897.4	رمادي	0.986
فوسفور	P	44.2	أبيض	1.83
نحاس	Cu	1085	برتقالي	8.92

9. أعط أمثلة على بيانات نوعية تنطبق على الصوديوم.

10. أعط أمثلة على بيانات كمية تنطبق على النحاس.

11. أعلن طالب أن لديه نظرية لتفسير حصوله على علامة متدنية في الاختبار. هل هذا استعمال مناسب لمصطلح نظرية؟ فسّر إجابتك.

أسئلة الإجابات المفتوحة

أجب عن السؤالين 12و 13 المتعلقين بالتجربة التالية:

تبحث طالبة كيمياء في كيفية تأثير حجم الجسيمات في سرعة الذوبان. حيث قامت بإضافة مكعبات سكر، وحبيبات سكر، وسكر مطحون على الترتيب إلى ثلاثة أكواب ماء، وحركت المحاليل مدة 10 ثوان، وسجلت الوقت الذي استغرقه كل نوع من السكر للذوبان في كل كأس.

12. حدد المتغير المستقل والمتغير التابع في هذه التجربة. كيف يمكن التمييز بينهما؟

13. ما العامل الذي يجب تركه ثابتًا في هذه التجربة؟ ولماذا؟

الفصل 2

المادة - الخواص والتغيرات
Matter– Properties and Changes

الفكرة العامة كل شيء مكون من مادة، وله خواص معينة.

2–1 خواص المادة

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية، ولها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

2–2 تغيرات المادة

الفكرة الرئيسة يمكن أن يحدث للمادة تغيرات فيزيائية وكيميائية.

2–3 المخاليط

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة على شكل مخاليط. المخلوط مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر.

2–4 العناصر والمركبات

الفكرة الرئيسة المركب مكون من عنصرين أو أكثر متحدَيْن معًا اتحادًا كيميائيًّا.

حقائق كيميائية

- الماء هو المادة الوحيدة على الأرض التي توجد طبيعيًّا في الحالات الصلبة والسائلة والغازية.
- يبقى للماء التركيب نفسه، سواء أكان متجمدًا في مكعب ثلج، أم متدفقًا في نهر، أم في الهواء في صورة بخار ماء.
- يغطي الماء حوالي 70% من سطح الأرض.

تجربة استهلالية

كيف يمكنك ملاحظة التغير الكيميائي؟

معظم المواد المألوفة لا تتغير كثيرًا مع الوقت، لكن خلط المواد معًا يجعل التغير ممكنًا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع **قطعة من فلز الخارصين في أنبوب اختبار كبير**.
3. ثبت الأنبوب بماسك في حامل، بحيث تكون فوهة الأنبوب بعيدة عنك.

تحذير: HCl **قد ينتج أبخرة ضارة ويسبب الحروق.**

4. خذ 10 mL من **محلول حمض الهيدروكلوريك الذي تركيزه** 3M باستعمال **مخبار مدرج**، ثم ضعه على طاولة المختبر.
5. أشعل **شظية خشب بعود ثقاب** مدة خمس ثوان، ثم انفخ عليها لتطفئ اللهب تاركًا إياها على شكل جمرة.

تحذير: تأكد أن فوهة الأنبوب موجّهة بعيدًا عنك عند تقريب الجمرة إليها.

6. قرّب الجمرة المتوهجة من فوهة الأنبوب، ثم انقلها إلى فوهة المخبار المدرج، وسجل ملاحظاتك.
7. تخلص من الجمرة كما يطلب المعلم.
8. صُبّ حمض الهيدروكلوريك HCl بحذر في أنبوب الاختبار الذي يحوي الخارصين.
9. انتظر دقيقة، ثم كرر الخطوة رقم 5.
10. قرب الجمرة المتوهجة من فوهة أنبوب الاختبار ودوّن ملاحظاتك.

التحليل

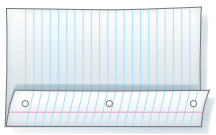
1. **صف** أي تغيرات شاهدتها في أثناء التجربة.
2. **استنتج** سبب تكون فقاعات عند إضافة حمض الهيدروكلوريك HCl إلى فلز الخارصين.
3. **استنتج** ما الذي حدث للجمرة المتوهجة في الخطوة 10؟ لماذا لم يحدث ذلك في الخطوة 6؟

استقصاء لماذا انتظرت قبل استعمال شظية الخشب؟ صمم تجربة لتحديد ما إذا كانت النتائج ستختلف مع الوقت.

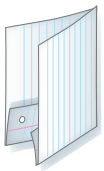
المطويات
منظمات الأفكار

الخواص والتغيرات قم بعمل المطوية التالية لمساعدتك على تنظيم دراستك للتغيرات والخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة.

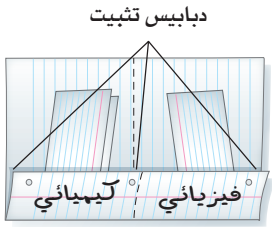
الخطوة 1 اطو الجزء السفلي لورقة، بعرض 5 cm، كما هو مبين في الشكل المجاور.



الخطوة 2 اطو الورقة من المنتصف.



الخطوة 3 افتح الورقة، وثبتها، كما في الشكل؛ لتكوّن جيبين. سمِّ الجيبين: فيزيائي وكيميائي.



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسمين 1–2 و 2–2** من هذا الفصل. عندما تقرأ هذه الأقسام استعمل بطاقات أو أرباع أوراق عادية لتلخيص ما تعلمته عن خواص المادة وتغيراتها. ضع هذه البطاقات في جيوب المطوية.

2–1

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

خواص المادة Properties of matter

الأهداف

- **تعين** خواص المواد.
- **تفرِّق** بين الحالات الفيزيائية للمادة.
- **تميِّز** بين الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد.

مراجعة المفردات

الكثافة : نسبة كتلة الجسم إلى حجمه.

المفردات الجديدة

حالات المادة

البلازما

المادة الصلبة

السائل

الغاز

البخار

الخاصية الفيزيائية

الخاصية غير المميزة

الخاصية المميزة

الخاصية الكيميائية

الفكرة الرئيسة **توجد معظم المواد المألوفة في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية، ولها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.**

الربط مع الحياة إذا ترك كأس ماء فيه جليد يطفو على السطح فترة كافية في درجة حرارة الغرفة فسوف ينصهر الجليد. هل يتغير تركيب الماء عندما يتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة؟

المواد الكيميائية النقية Substances

عرفت أن المادة هي كل ما له كتلة ويشغل حيزًا، وأن كل شيء من حولنا مادة، فملح الطعام النقي مثلاً نوع من المواد المألوفة لديك، وهو ذو تركيب مميز وثابت؛ حيث يتكون دائمًا من كلوريد الصوديوم بنسبة 100%، ولا يتغير تركيبه من عينة إلى أخرى؛ فالملح الذي يستخرج من البحر أو من المنجم له دائمًا نفس التركيب والخواص. وقد اكتشف الملح بكميات كبيرة في مدينة القصب في المملكة العربية السعودية، ويستخرج بحفر برك كبيرة يضخّ داخلها الماء بمحركات كهربائية، ثم يترك فترة من الزمن، وعندما يتبخر الماء يترسَّب الملح على وجه البركة مشكِّلًا طبقة سميكة من الملح الأبيض، انظر **الشكل 1–2**.

درست في الفصل الأول أن المادة ذات التركيب المنتظم والثابت تسمى مادة كيميائية (أو مادة نقية) كملح الطعام. ومن المواد الكيميائية النقية أيضًا «الماء النقي»، وهو مكون من هيدروجين وأكسجين. أما ماء الشرب وماء البحر فليسا نقيين؛ لأننا إذا أخذنا عينات من أماكن مختلفة فسوف نجدها تحتوي على كميات مختلفة من المعادن والمواد الذائبة الأخرى. المواد الكيميائية النقية مهمة، ولهذا فإن جزءًا كبيرًا من هذا الكتاب سوف يركز على تراكيب المواد، وكيف يتفاعل بعضها مع بعض.

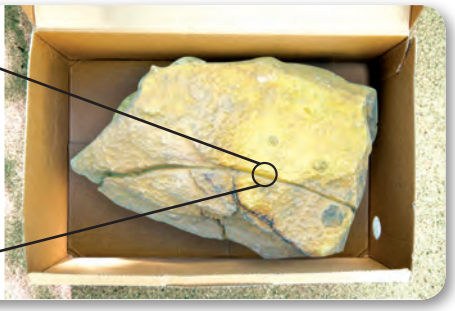
الشكل 1–2 لملح الطعام التركيب نفسه سواء استُخرِج من البحر أَم من منجم.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اقتصاد مزدهر

٣.٣.٧ رفع نسبة المحتوى المحلي في القطاعات غير النفطية.



الشكل 2–2 للمادة الصلبة شكل محدد، ولا تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه؛ لأن جسيمات المادة الصلبة مرصوصة بإحكام.

حالات المادة States of Matter

تخيل أنك تجلس على مقعد، تتنفس بسرعة وتشرب الماء بعد لعب مباراة كرة قدم. إنك في هذه الحالة تتعامل مع ثلاثة أشكال من المادة: المقعد الصلب، والماء السائل، والهواء الذي تتنفسه وهو غاز.

وفي الحقيقة، يمكن تصنيف جميع المواد الموجودة في الطبيعة على الأرض ضمن واحدة من هذه الحالات الثلاث التي تسمى **حالات المادة**. ويمكن تمييز كل حالة منها من خلال الطريقة التي تملأ بها الوعاء الذي توضع فيه. وقد ميّز العلماء حالة أخرى للمادة تسمى «**البلازما**» وهي حالة مميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أوالجزيء. وقد يبدو أنها غير شائعة، رغم أنّ معظم المواد في الكون في حالة البلازما؛ فمعظم مكونات النجوم بلازما في درجات حرارة عالية، كما أنها توجد في لوحات إعلانات النيون وفي المصابيح الكهربائية، وشاشات التلفاز.

ماذا قرأت؟ سَمِّ حالات المادة.

المواد الصلبة **المادة الصلبة** حالة من حالات المادة، لها شكل وحجم محددان. فالخشب والحديد والورق والسكر جميعها أمثلة على المواد الصلبة. وجسيمات المادة الصلبة متراصة بإحكام، وعند تسخينها تتمدد قليلاً. ولأن شكلها ثابت فإنها لا تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه، فإذا وضعت حجرًا في وعاء فإنه لن يأخذ شكل الوعاء، كما هو مبين في **الشكل 2–2**. إن التراصّ المحكم لجسيمات المواد الصلبة يجعلها غير قابلة للانضغاط، بمعنى أنه لا يمكن ضغطها إلى حجم أصغر. ومن الجدير بالذكر أن المادة الصلبة لا تُحدَّد بمدى تماسكها أو قساوتها، فالأسمنت قاسٍ والشمع لين، وكلاهما مادة صلبة.

السوائل **السائل** حالة من حالات المادة، له صفة الجريان، حجمه ثابت، ولكنه يأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه. ومن السوائل: الماء والدم والزئبق. الجسيمات في السائل ليست ثابتة في مكانها، وهي أقل تراصًّا من جسيمات المادة الصلبة، مما يجعلها قادرة على الحركة وتجاوز بعضها بعضًا. هذه الخاصية تسمح للسائل بالجريان ليأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه، كما هو مبين في **الشكل 3–2**، رغم أنه قد لا يملأ الوعاء كله.

حجم السائل ثابت بغض النظر عن حجم الوعاء الذي يحتويه. ونتيجة للطريقة التي ترتبط بها جسيمات السائل فإنه غير قابل للانضغاط، ولكنه كالمواد الصلبة قابل للتمدد بالتسخين.

ماذا قرأت؟ **قارن** خواص السوائل والمواد الصلبة من حيث ترتيب جسيماتها.

King Faisal PRIZE

مُنح البروفيسور إريك كورنل جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم عام ١٤١٧هـ في مجال الفيزياء، لنجاحه مع زميله الدكتور كارل وايمان، في اكتشاف أن للمادة حالة جديدة لم تسبق مشاهدتُها هي حالة التكاثف التي تحدث إذا انخفضت درجة حرارتها تحت مستوى معيَّن.

* المصدر: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/

الشكل 3–2 السائل يأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه، وجسيماته ليست ثابتة في أماكنها.

الشكل 4–2 تأخذ الغازات شكل وحجم الأوعية التي توجد فيها. وجسيمات الغاز بعضها بعيدة جدًّا عن بعضها البعض.

الغازات **الغاز** حالة من حالات المادة، يأخذ شكل الإناء الذي يملؤه، كما هو مبين في **الشكل 4–2**. جسيمات الغاز متباعدة جدًّا بعضها عن بعض بالمقارنة بجسيمات المواد الصلبة والسائلة. لذا فإن الغازات تنضغط بسهولة.

ربما تكون كلمة بخار مألوفة لديك، لكن البخار والغاز –رغم التشابه بينهما– لا يعنيان الشيء نفسه. فكلمة غاز تشير إلى مادة توجد في الحالة الغازية في درجات الحرارة العادية. أما كلمة **بخار** فتشير إلى الحالة الغازية لمادة توجد بشكل صلب أو سائل في درجات الحرارة العادية. فبخار الماء يسمى بخارًا لأن الماء يوجد بشكل سائل في درجات الحرارة العادية.

ماذا قرأت؟ **فرق** بين الغاز والبخار.

مختبر حل المشكلات

السبب والنتيجة

كيف يخرج الغاز المضغوط؟ وجود أسطوانات الغاز أمر مألوف في مختبر الكيمياء. فمثلاً، يوضع غاز النيتروجين فوق بعض التفاعلات ليمنع تأثير غازات الجو في التجربة. في ضوء معرفتك بالغازات، بيِّن كيف يمكنك ضبط خروج النيتروجين المضغوط؟

التحليل

جسيمات الغاز متباعدة، وهي تملأ عادة الأوعية التي توجد فيها حتى لو كانت غرفة المختبر. تأتي أسطوانات الغاز من المزوِّد مغلقة لمنع تسرب الغاز منها. وفي المختبر يقوم الكيميائي أو فنيّ المختبر بتثبيت منظم للغاز على فوهة الأسطوانة.

التفكير الناقد

1. **فسر** لماذا يجب ضبط خروج الغاز المضغوط من الأسطوانة؟
2. **توقع** ماذا يحدث إذا فتح صمام أسطوانة الغاز بشكل كامل فجأة، أو ثقبت الأسطوانة؟

الجدول 1-2 الخواص الفيزيائية لبعض المواد المألوفة

المادة	اللون	الحالة عند 25°C	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/cm^3)
الأكسجين	عديم اللون	غاز	−218	−183	0.0014
الزئبق	فضي	سائل	−39	357	13.5
الماء	عديم اللون	سائل	صفر	100	1.00
السكر	أبيض	صلب	185	يتحلل	1.59
كلوريد الصوديوم	أبيض	صلب	801	1413	2.17

الخواص الفيزيائية للمادة Physical Properties of Matter

ربما تكون معتادًا على تعرّف المواد من خلال خواصها – مميزاتها وسلوكها. يمكنك مثلاً أن تحدد قلم الرصاص من شكله ولونه ووزنه. وهذه المميزات كلها خواص فيزيائية لقلم الرصاص. **الخاصية الفيزيائية** خاصية يمكن ملاحظتها أو قياسها دون التغيير في تركيب العينة. والخواص الفيزيائية تصف المواد النقية؛ لأنها ذات تركيب منتظم وثابت، وخواصها ثابتة. وتعد الكثافة واللون والرائحة والقساوة ودرجة الانصهار ودرجة الغليان من الخواص الفيزيائية المألوفة التي يقوم العلماء بتسجيلها لاستعمالها في تعرف المواد. ويتضمن **الجدول 1–2** قائمة ببعض المواد المألوفة وخواصها الفيزيائية.

ماذا قرأت؟ عرف الخاصية الفيزيائية، وأعط أمثلة عليها.

الخواص المميزة والخواص غير المميزة يمكن تصنيف الخواص الفيزيائية إلى نوعين: **الخواص غير المميزة**، وهي التي تعتمد على كمية المادة الموجودة، ومنها الكتلة والطول والحجم. **والخواص المميزة** التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة، ومنها الكثافة ودرجة الانصهار ودرجة الغليان. فكثافة مادة ما عند درجة حرارة وضغط ثابتين هي نفسها مهما كانت كمية المادة الموجودة.

يمكن معرفة المادة في كثير من الأحيان بالاعتماد على خواصها المميزة. وفي بعض الحالات قد تكفي خاصية مميزة واحدة لتحديد المادة. فمعظم التوابل المبينة في **الشكل 5–2** مثلاً يمكن تعرّفها من رائحتها.

الشكل 5–2 كثير من التوابل يمكن تعرُّفها من رائحتها، وهي خاصية مميزة.

استنتج سمّ خاصية غير مميزة لأحد التوابل المبينة في الشكل.

تجربة عملية

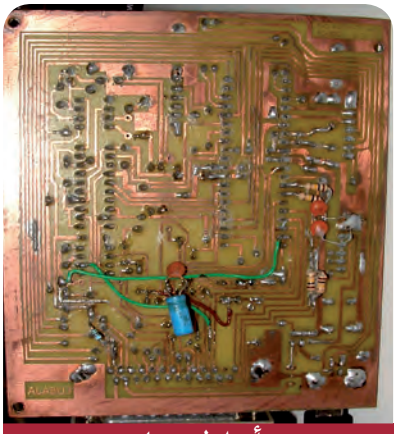
كثافة الخشب

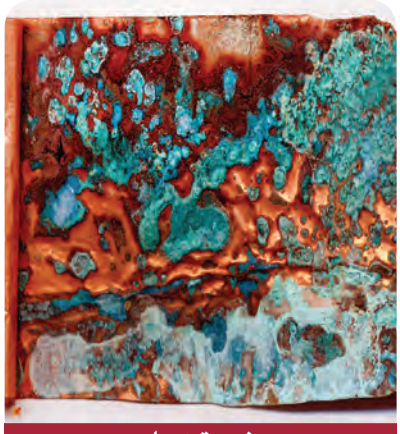
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

الكيمياء في واقع الحياة

الخواص الفيزيائية

المعادن يستعمل العلماء الخواص الفيزيائية للمواد ومنها اللون والقساوة لتحديد نوع المعدن. فمعدن المالاكايت مثلاً أخضر دائمًا ولين نسبيًّا. وقد استُعمل سابقًا صبغةً، ويستعمل الآن في صناعة المجوهرات.


أسلاك نحاس


صفيحة نحاس

الشكل 6–2 من الخواص الفيزيائية للنحاس أنه يمكن تشكيله في عدة أشكال، كالأسلاك على اللوحات الإلكترونية. أما تغير لونه من الأحمر إلى الأخضر عندما يتفاعل مع المواد الموجودة في الجو فهو خاصية كيميائية.

الخواص الكيميائية للمادة Chemical Properties of Matter

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

تظهر الخواص الكيميائية لمادة ما عندما يتغير تركيب هذه المادة، باتحادها مع مادة أخرى، أو تعرضها لمؤثر ما، كالطاقة الحرارية أو الكهربائية. وتسمى قدرة مادة ما على الاتحاد مع غيرها أو التحول إلى مادة أخرى **خاصية كيميائية**.

يُعد تكون الصدأ عند اتحاد الحديد مع الأكسجين في الهواء الرطب مثالًا على خاصية كيميائية للحديد. كما أن عدم قدرة مادة على التغير إلى مادة أخرى هي أيضًا خاصية كيميائية. فعندما يوضع الحديد مثلًا في غاز النيتروجين عند درجة حرارة الغرفة لا يحدث تغير كيميائي.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية.

ملاحظة خواص المادة Observing Properties of Matter

لكل مادة خواصها الفيزيائية والكيميائية المميزة لها. ويبين **الشكل 6–2** بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للنحاس. فالنحاس يمكن أن يتشكل في أشكال عديدة. وهذه خاصية فيزيائية. وعندما يتصل بالهواء مدة طويلة فإنه يتفاعل مع المواد في الهواء ويصبح أخضر اللون، وهذه خاصية كيميائية. ويبين **الجدول 2–2** عددًا من الخواص الفيزيائية والكيميائية للنحاس.

الجدول 2-2 خواص النحاس

خواص فيزيائية	خواص كيميائية
• بني محمر، لامع • قابل للسحب والطَّرْق • موصل جيد للحرارة والكهرباء • الكثافة = $8.96\ g/cm^3$ • درجة الانصهار = 1085^oC • درجة الغليان = 2562^oC	• يكوِّن مركب كربونات النحاس الأخضر عندما يتعرض للهواء الرطب. • يكوِّن مركبات جديدة عندما يتحد مع حمض النيتريك وحمض الكبريتيك. • يكوِّن محلولًا شديد الزرقة عندما يتفاعل مع الأمونيا.

الشكل 7–2 لأن كثافة الجليد أقل من كثافة الماء فإن الجبال الجليدية تطفو فوق سطح المحيط.

تجربة عملية
خواص الماء
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

خواص المادة وحالاتها يمكن أن تختلف خواص النحاس الموجودة في **الجدول 2–2** باختلاف الظروف التي تتم ملاحظتها عندها. ولأن شكل أو حالة المادة خاصية فيزيائية فإن تغير الحالة يضيف خاصية فيزيائية أخرى للمادة. ولهذا من الضروري تحديد الظروف– ومنها الضغط ودرجة الحرارة – التي يتم خلالها ملاحظة خواص المادة؛ لأن كلًّا من الخواص الفيزيائية والكيميائية تعتمد على هذه الظروف.

خذ خواص الماء مثلًا؛ فلعلك تعرف أن الماء سائل (وهذه خاصية فيزيائية)، وليس نشطًا كيميائيًّا (وهذه خاصية كيميائية). وربما تعرف أيضا أن كثافة الماء تساوي $1.00\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية). وتنطبق هذه الخواص جميعها على الماء عند الظروف القياسية وهي درجة الحرارة والضغط عند $25^\circ C$ و $1atm$. أما في درجات الحرارة الأعلى من $100^\circ C$ فإن الماء يكون غازًا (خاصية فيزيائية)، وكثافته = $0.0006\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية)، وهو يتفاعل بسرعة مع عدة مواد (خاصية كيميائية). وما دون $0^\circ C$ يصبح الماء صلبًا (خاصية فيزيائية)، وكثافته $0.92\ g/cm^3$ (خاصية فيزيائية). إن الكثافة المنخفضة للجليد تجعل الجبال الجليدية تطفو فوق سطح المحيط، كما يبين **الشكل 7–2**.

المفردات

مفردات علمية

البيئة
الظروف والأشياء المحيطة بالمخلوق الحي والتي تؤثر فيه.

تتكيف الحيوانات مع التغيرات التي تحدث في بيئاتها.

التقويم 2-1

الخلاصة

- الحالات الثلاث المألوفة للمادة هي الصلبة والسائلة والغازية.
- يمكن ملاحظة الخواص الفيزيائية دون التغيير في تركيب المادة.
- الخواص الكيميائية تصف قدرة المادة على الاتحاد مع المواد الأخرى أو التحول إلى مواد جديدة.
- قد تؤثر الظروف الخارجية في الخواص الفيزيائية والكيميائية.

1. الفكرة الرئيسة **كون** جدولاً يصف حالات المادة الثلاث من حيث شكلها وحجمها وقابليتها للانضغاط.
2. **صف** الخواص التي تصف المادة على أنها مادة كيميائية نقية.
3. **صنف** كلًّا من الخواص التالية إلى فيزيائية وكيميائية:
   a. الحديد والأكسجين يكوِّنان الصدأ.
   b. الحديد أكبر كثافة من الألومنيوم.
   c. يحترق الماغنسيوم ويتوهج عند إشعاله.
   d. الزيت والماء لا يمتزجان.
   e. ينصهر الزئبق عند $-39^\circ C$.
4. **نظّم**. كوّن جدولاً يقارن بين الخواص الفيزيائية والكيميائية. أعط مثالين على كل نوع منها.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2–2

تغيرات المادة Changes in Matter

الأهداف

- **تعرِّف** التغير الفيزيائي، وتعطي أمثلة عليه.
- **تعرِّف** التغير الكيميائي، وتعطي عدة مؤشرات على حدوثه.
- **تطبِّق** قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية.

مراجعة المفردات

الملاحظة: جمع منظم وموجه للمعلومات حول ظاهرة معينة.

المفردات الجديدة

التغير الفيزيائي

تغير الحالة

التغير الكيميائي

قانون حفظ الكتلة

الفكرة الرئيسة **يمكن أن يحدث للمادة تغيرات فيزيائية وكيميائية.**

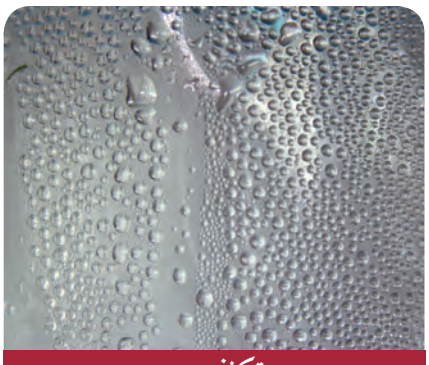
الربط مع الحياة يكون الفحم في الموقد على شكل مادة صلبة سوداء اللون أولاً، ثم يتغير لونه إلى الأحمر المشع، وأخيرًا يتحول إلى رماد وثاني أكسيد الكربون وماء. وهذا التغير يرجع إلى خواصه الفيزيائية والكيميائية.

التغيرات الفيزيائية Physical Changes

تخضع المواد في كثير من الأحيان لتغيرات تؤدي إلى حدوث اختلافات كبيرة في مظهرها، إلا أن تركيبها يبقى ثابتًا. ومن ذلك تشكيل صفيحة من الألومنيوم في صورة كرة؛ ففي حين يتحول شكل هذه الصفيحة الملساء المستوية الشبيهة بالمرآة إلى كرة فإن تركيبها لا يتغير؛ فهي ما زالت من الألومنيوم. هذا النوع من التغير الذي يحدث دون أن يغير تركيب المادة يسمى **التغير الفيزيائي**. ومن ذلك أيضًا تقطيع ورقة، وكسر لوح زجاجي.

تغير الحالة تعتمد حالة المادة – كغيرها من الخواص الفيزيائية – على درجة حرارة الوسط المحيط وضغطه. فعندما تتغير درجة الحرارة تتحول معظم المواد من حالة إلى أخرى. **تغير الحالة** هو تحول المادة من حالة إلى أخرى.

الربط مع علم الأرض **دورة الماء** تسمح دورة الماء بوجود الحياة على الأرض. ففي درجات الحرارة الأقل من $0^{\circ}C$ يكون الماء صلبًا عند الضغط الجوي العادي، ويسمى الماء عندها جليدًا. وعند تسخين الجليد يبدأ في الانصهار ويصبح ماء سائلًا. هذا التغير في حالة الماء يعد تغيرًا فيزيائيًّا؛ لأنه رغم أن الجليد والماء مختلفان في المظهر إلا أن تركيبهما واحد. وإذا ارتفعت درجة حرارة الماء إلى $100^{\circ}C$ فإن الماء يبدأ في الغليان، ويتحول الماء السائل إلى بخار. إن الانصهار وتكوُّن البخار تغيران فيزيائيان، وهما تغيران في الحالة أيضًا. ويبين **الشكل 8–2** عمليتي التكثف والتجمد، وهما من تغيرات الحالة المألوفة. وتشير مصطلحات الغليان، والتجمد، والتكثف، والتبخر، والانصهار عادة إلى تغيرات في حالة المادة.


تكثف

تجمد

الشكل 8–2 يمكن أن يحدث التكثّف عندما يلامس الغاز سطحًا باردًا، مما يؤدي إلى تكوّن قطرات. كما يحدث التجمد عندما يبرد السائل؛ فالماء المتساقط يكوّن إبرًا جليدية عندما يبرد.

درجة الحرارة والضغط اللذان يحدث عندهما تغير في حالة مادةٍ ما هما خاصيتان فيزيائيتان مهمتـان، وتسـميان «درجة انصهار» و «درجة غليان» المـادة. انظر **الجدول 1–2** الذي يضم درجات انصهار ودرجات غليان عدة مواد مألوفة. هاتان الخاصيتان من الخواص الفيزيائية النوعية كالكثافة، ولهذا يمكن استعمالهما في تعيين المواد المجهولة.

التغيرات الكيميائية Chemical Changes

العملية التي تتضمن تغيُّر مادة أو أكثر إلى مواد جديدة تسمى **التغير الكيميائي**، ويشار إليه عادة بالتفاعـل الكيميائي. وللمواد الجديدة الناتجة عن التفاعل تراكيب وخواص مختلفـة عن تراكيب وخـواص المواد قبل التفاعل. فمثلاً، يتكوّن صدأ الحديد، الموضح في **الشـكل 9–2**، من تفاعل الحديد مع أكسجين الهواء، وهو يختلف في خصائصه عن خصائص كل من الحديد والأكسجين.

تسـمى المـواد التي نبدأ بهـا التفاعل «المتفاعِـلات». أما المواد الجديدة المتكوِّنة فتسـمى «النواتج». وتشـير المصطلحـات التالية: تحلـل، انفجار، صدأ، تأكسـد، تآكل، فقدان البريق، تخمر، احتراق، تعفن– إلى التفاعل الكيميائي.

ماذا قرأت؟ **عرف** التغير الكيميائي.

دلائـل حـدوث التفاعـلات الكيميائية إضافة إلى ما سـبق، وكما في **الشـكل 9–2** –فإن الصـدأ مادة بنية تميل إلى اللون البرتقالي، تكون في صورة مسـحوق، تختلف في مظهرها كثيـرًا عـن الحديـد والأكسـجين. فالصـدأ لا ينجـذب إلى المغناطيس في حـين ينجذب الحديـد إليه. ويعـد اختلاف خواص الصـدأ عن خواص كل من الحديد والأكسـجين دليـلًا عـلى حـدوث تفاعـل كيميائـي. كـما يعـد تعفـن الفواكه والخبـز مثـالاً آخر على التفاعـلات الكيميائية؛ فطعـم هذه الأطعمة بعد التعفُّـن وقابليتها للهضم يختلفان عن طعمها وقابليتها للهضم وهي طازجة.

قانون حفظ الكتلة Law of onservation of Mass

تأخَّر اسـتعمال العلماء لـلأدوات الكمية في دراسـة التفاعلات الكيميائية حتـى أواخر القرن الثامن عشر؛ حيث تم تطوير الميزان الحساس في ذلك الوقت. وعند استعمال الميزان في قياس كتل المتفاعلات والنواتج لكثير من التفاعلات لوحظ أن الكتلة الكلية في التفاعل تبقى ثابتة. وقد لخص الكيميائيون هذه الملاحظات في قانون علمي سمي **قانون حفظ الكتلة**. وهو ينص عـلى أن الكتلة لا تفنى ولا تسـتحدث في أثناء التفاعـل الكيميائي– إلا بقدرة الله تعالى – أي أنها محفوظة، بمعنى أن كتلة النواتج تساوي كتلة المتفاعلات، ويعبر عن ذلك بالمعادلة:

قانون حفظ الكتلة

كتلة المتفاعلات = كتلة النواتج

ارجع إلى التجربة الاستهلالية صفحة 13، واستقصِ كيف تحقق قانون حفظ الكتلة؟

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الشـكل 9–2 عندمـا يصـدأ الحديد، أو يتعفَّـن الطعـام تنتج مـواد جديدة نتيجة حدوث تفاعل كيميائي.

عيـن المتفاعلات والنواتـج في تفاعل تكوّن الصدأ.

مثال 2-1

حفظ الكتلة في إحدى التجارب وُضع 10 g من أكسيد الزئبق II الأحمر في كأس مفتوحة، وسخنت حتى تحولت إلى زئبق سائل وغاز أكسجين، فإذا كانت كتلة الزئبق السائل 9.26 g فما كتلة الأكسجين الناتج عن هذا التفاعل ؟

1 تحليل المسألة

تم إعطاؤك كتلة المادة المتفاعلة وكتلة أحد النواتج في التفاعل، وتبعًا لقانون حفظ الكتلة فإن مجموع كتل النواتج يجب أن يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة.

المعطيات

كتلة أكسيد الزئبق II = 10.0 g

كتلة الزئبق = 9.26 g

المطلوب

كتلة الأكسجين = ؟ g

2 حساب المطلوب

ضع قانون حفظ الكتلة

كتلة المتفاعلات = كتلة النواتج

كتلة أكسيد الزئبق II = كتلة الزئبق + كتلة الأكسجين

أوجد كتلة الأكسجين

كتلة الأكسجين = كتلة أكسيد الزئبق II – كتلة الزئبق

عوض بالقيم المعطاة في المعادلة

كتلة الأكسجين = 10.00 g – 9.26 g = 0.74 g

3 تقويم الإجابة

إذا كان مجموع كتلتي الزئبق والأكسجين = كتلة أكسيد الزئبق II فالحل صحيح.

مسائل تدريبية

5. استعن بالبيانات في الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين التاليين:

كم جرامًا من البروم تفاعل، وكم جرامًا من المركب نتج؟

تفاعل الألومنيوم مع سائل البروم

المادة	قبل التفاعل	بعد التفاعل
ألومنيوم	10.3 g	0.0 g
سائل البروم	100.0 g	8.5 g
المركب	0.0 g	

6. حصل طالب في تجربة لتحليل الماء على 10.0 g هيدروجين و 79.4 g أكسجين. ما مقدار الماء المستعمل في هذه العملية؟

7. أضاف طالب 15.6 g صوديوم إلى كمية وافرة من غاز الكلور، وبعد انتهاء التفاعل حصل على 39.7 g من كلوريد الصوديوم. ما كتلة كل من الكلور والصوديوم المتفاعلين؟

8. تفاعلت عينة مقدارها 10.0 g من الماغنسيوم مع الأكسجين لتكوين 16.6 g من أكسيد الماغنسيوم. كم جرامًا من الأكسجين تفاعل؟

9. **تحفيز** تفاعل 106.5 g من حمض الهيدروكلوريك $HCl_{(g)}$ مع كمية مجهولة من الأمونيا $NH_{3(g)}$ لإنتاج 157.5 g من كلوريد الأمونيوم $NH_4Cl_{(s)}$. ما كتلة الأمونيا $NH_{3(g)}$ المتفاعلة؟ وهل طبق قانون حفظ الكتلة في هذا التفاعل؟ فسِّر إجابتك.

الشكل 10–2 عند تسخين أكسيد الزئبق II فإنه يتفاعل ليكون الزئبق والأكسجين. ويكون مجموع كتلتيهما مساويًا كتلة أكسيد الزئبق II.

كان الكيميائي الفرنسي أنتوني لافوازييه (1743–1794م) أول من استعمل الميزان الحساس في التفاعلات الكيميائية. وقد درس تحلل أكسيد الزئبق II بالحرارة، وهو كما يظهر في **الشكل 10–2** مادة صلبة حمراء تتفاعل عند تسخينها لتكون سائل الزئبق الفضي وغاز الأكسجين العديم اللون. إن تغير اللون وظهور غاز مؤشران على حدوث التفاعل. وعندما يجرى التفاعل في وعاء مغلق فإن الأكسجين لا يستطيع الخروج. ومن ثم يمكن قياس كتلة المواد قبل التفاعل وبعده، وستكون هي نفسها في الحالتين. ويعد قانون حفظ الكتلة أحد القوانين الأساسية في الكيمياء.

التقويم 2-2

الخلاصة

- التغير الفيزيائي يغير من الخواص الفيزيائية للمادة دون أن يغير تركيبها.
- التغير الكيميائي، والذي يسمى أيضًا «التفاعل الكيميائي»، يتضمن تغيرًا في تركيب المادة.
- في التفاعل الكيميائي تتحول المتفاعلات إلى نواتج.
- ينص قانون حفظ الكتلة على أن الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في أثناء التفاعل الكيميائي–إلا بقدرة الله تعالى– فهي محفوظة.

10. الفكرة الرئيسة **صنف** الأمثلة التالية إلى تغيرات فيزيائية أو كيميائية.

a. سحق علبة ألومنيوم.

b. تدوير علب الألومنيوم المستعملة لإنتاج علب جديدة.

c. اتحاد الألومنيوم مع الأكسجين لإنتاج أكسيد الألومنيوم.

11. صف نتائج التغير الفيزيائي، وأعط ثلاثة أمثلة عليه.

12. صف نتائج التغير الكيميائي، واذكر أربعة أدلة على حدوثه.

13. احسب. حل المسائل الآتية:

a. إذا تفاعل 22.99 g من الصوديوم تمامًا مع 35.45 g من الكلور فما كتلة كلوريد الصوديوم الناتج؟

b. إذا تفاعل 12.2 g من مادة X مع عينة من Y ونتج 78.9 g من XY فما كتلة Y المتفاعلة؟

14. قوّم إذا قال لك صديق: "إذا كان تركيب المادة لا يتغير خلال التغير الفيزيائي فإن مظهرها لا يتغير". فهل هو على صواب؟ فسر إجابتك.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تقارن** بين المخاليط والمواد النقية.
- **تصنف** المخاليط إلى متجانسة وغير متجانسة.
- **تميز** بين طرائق فصل المخاليط.

مراجعة المفردات

مادة كيميائية : مادة ذات تركيب منتظم وثابت. وتسمى أيضًا مادة نقية.

المفردات الجديدة

المخلوط
المخلوط غير المتجانس
المخلوط المتجانس
المحاليل
الترشيح
الكروماتوجرافيا
التقطير
التبلور
التسامي

المخاليط Mixtures

الفكرة الرئيسة **توجد معظم المواد المألوفة على شكل مخاليط. المخلوط مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر.**

الربط مع الحياة الصوت الذي تسمعه عندما تفتح علبة مشروب غازي هو صوت تسرب الغاز من العلبة. وربما لاحظت عند ترك العلبة مفتوحة أن معظم غاز ثاني أكسيد الكربون يتسرب منها، إلا أن المشروب يبقى حلوًا مهما تركت العلبة مفتوحة.

المخاليط Mixtures

درست أن المادة النقية ذات تركيب منتظم وثابت. ماذا يحدث عند مزج مادتين نقيتين أو أكثر معًا؟ **المخلوط** مزيج مكون من مادتين نقيتين أو أكثر مع احتفاظ كل من هذه المواد بخواصها الأصلية. ويختلف تركيب المخاليط بحسب نسب مكوناتها. لذا يمكن تحضير عدد لا نهائي من المخاليط. ومما يجدر بالذكر أن معظم المواد في الطبيعة توجد في صورة مخاليط، فمن الصعب إبقاء أي مادة نقية تمامًا.

يبين **الشكل 11–2** مخلوطين، ورغم أنك لا تستطيع أن تميز بين مكوني مخلوط الزئبق–الفضة في **الشكل a 11–2**، إلا أنك تستطيع فصلهما عن طريق التسخين، فيتبخر الزئبق أولاً، وبذلك تحصل على بخار الزئبق وحده، والفضة الصلبة وحدها.

وعند خلط الزيت والتوابل والخل معًا، كما في **الشكل b 11–2**، تمتزج هذه المواد لكنها لا تتفاعل، ويظل بإمكانك تمييز جميع المواد. وإذا بقي المخلوط من دون تحريك فترة كافية فإن الزيت يكوّن طبقة فوق الخل.

أنواع المخاليط إن مزيجي المواد النقية في **الشكل 11–2** مخلوطان. ورغم اختلاف الخواص المرئية للمخاليط إلا أنه يمكن تعريفها بعدة طرائق، وتصنيفها إلى متجانسة وغير متجانسة.

الشكل 11–2 هناك أنواع مختلفة من المخاليط **a**. من غير الممكن رؤية المكونات المختلفة لبعض المخاليط كهذه الحشوة المكونة من مخلوط فضة – زئبق. **b**. يمكن رؤية مكونات بعض المخاليط الأخرى كمطيب السلطة.

المخلوط غير المتجانس مخلوط لا تمتزج فيه المواد، بل تبقى المواد فيه متمايزًا بعضها من بعض، وتركيبه غير منتظم؛ لأن المواد فيه لم تمتزج تمامًا وظلت متمايزة. ومن ذلك سلطة الخضار، وعصير البرتقال الطبيعي الذي يتكون من مزيج غير متجانس من العصير واللب، وفي العادة يطفو اللب على سطح العصير. ولذا يمكن القول إن وجود مادتين أو أكثر معًا بشكل متمايز يشير إلى مخلوط غير متجانس.

المخلوط المتجانس مخلوط له تركيب ثابت، وتمتزج مكوناته بانتظام، فإذا أخذت قطعتين من مملغم الفضة والزئبق (سبيكة معدنية) فستجد أن تركيبها هو نفسه مهما اختلف حجم القطعة.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين المخاليط المتجانسة وغير المتجانسة، وأعط أمثلة عليها.

يطلق على المخاليط المتجانسة أيضا اسم **المحاليل**. وأكثر المحاليل المألوفة هي المحاليل السائلة، كالشاي والعصائر. لكن المحاليل قد تكون صلبة أو سائلة أو غازية؛ فهي قد تكون مخلوطًا من مادة صلبة مع غاز، أو مادة صلبة مع سائل، أو غاز مع سائل... وهكذا. ويبين **الجدول 3–2** قائمة بأنواع مختلفة من المحاليل وأمثلة عليها، كما أننا نجد مثالًا على كل نوع في **الشكل 12–2**.

المحلول الصلب المعروف بالفولاذ يسمى «سبيكة». والسبيكة مخلوط متجانس من الفلزات، أو من فلز ولا فلز، يكون فيه الفلز هو المكون الأساسي. الفولاذ مثلًا مخلوط من فلز الحديد ولافلز الكربون. وإن وجود ذرات الكربون في المخلوط يزيد من صلابة الفلز. وتقوم المصانع بمزج أنواع مختلفة من الفلزات في سبائك للوصول إلى مواد أكثر قوة ومقاومة؛ فالمجوهرات كثيرًا ما تصنع من سبائك، ومنها البرونز والذهب الأبيض.

الجدول 3-2 أنواع المحاليل

المحلول	مثال
غاز – غاز	الهواء في أسطوانة الغواص مزيج من غازات النيتروجين والأكسجين والأرجون.
غاز – سائل	الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الذائبان في ماء البحر.
سائل – غاز	الهواء الرطب الذي يتنفسه الغواص يحوي قطرات ماء.
سائل – سائل	عندما تمطر يمتزج ماء المطر بماء البحر.
صلب – سائل	الأملاح الصلبة الذائبة في ماء البحر.
صلب – صلب	أسطوانة الغوص مصنوعة من مزيج من المعادن.

الشكل 12–2 كل أنواع المحاليل ممثلة في هذه الصورة.

المفردات

مفردات أكاديمية

مخلوط

جاءت من الكلمة اللاتينية *misceo* وتعني *mix* أي يخلط.

مهن في الكيمياء

عالِم الكيمياء هو عالم يحضّر مواد جديدة ويحلل خواصها. وقد يعمل في مختبر وطني، أو في الصناعة، أو في الجوانب الأكاديمية. قام علماء (ناسا) مثلًا بتطوير سبائك من الألومنيوم والسليكون يمكن استعمالها في صناعة محركات وآلات قوية وخفيفة.

فصل المخاليط Separating Mixtures

توجد معظم المواد في الطبيعة على شكل مخاليط. ولفهم المادة بشكل أفضل علينا فصل المخاليط إلى مكوناتها النقية. ولأن المواد تختلط معًا بشكل فيزيائي فإن العمليات المستعملة في فصل بعضها عن بعض هي عمليات فيزيائية تقوم على الخواص الفيزيائية للمواد. فعلى سبيل المثال، يمكن فصل مخلوط من برادة الحديد والرمل باستعمال مغناطيس؛ حيث يجذب المغناطيس برادة الحديد فقط، ويفصلها عن الرمل. لقد تم تطوير عدد كبير من التقنيات التي تستفيد من اختلافات الخواص الفيزيائية للمواد لفصل مكونات المخاليط بعضها عن بعض.

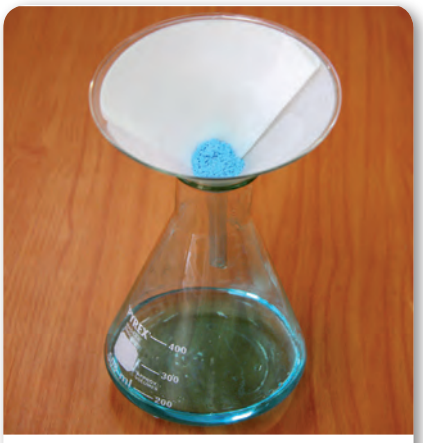
الترشيح يمكن فصل المخاليط غير المتجانسة المكونة من مواد صلبة وسوائل بسهولة عن طريق الترشيح. **والترشيح** طريقة يستعمل فيها حاجز مساميّ لفصل المادة الصلبة عن السائل. يبين **الشكل 13–2** مخلوطًا يصب على ورقة ترشيح طويت على شكل مخروط، حيث يمر السائل منها تاركًا المادة الصلبة على الورقة.

الكروماتوجرافيا تعد **الكروماتوجرافيا** (التحليل الاستشرابي) طريقة لفصل مكونات المخلوط (الطور المتحرك) بالاعتماد على قابلية انجذاب كل مكون من مكونات المخلوط لسطح مادة أخرى (الطور الثابت). ويكون الطور المتحرك غالبًا مادة غازية أو سائلة، والطور الثابت مادة صلبة، ومنها ورق الكروماتوجرافيا كما هو موضح في **الشكل 14–2**. وفي هذه الطريقة يتباعد أولاً مكون المخلوط الذي قوى تماسك جزيئاته أقل على ورقة الكروماتوجرافيا، ثم يليه المكون الذي قوى تماسك جزيئاته أكبر فأكبر.

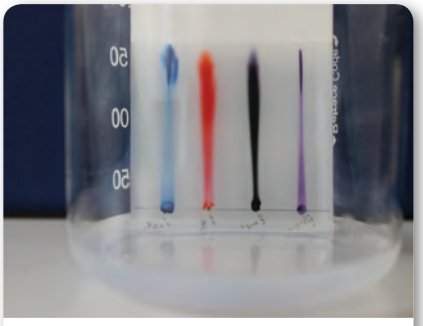
التقطير يمكن فصل معظم المخاليط المتجانسة عن طريق التقطير. **والتقطير** طريقة لفصل المواد اعتمادًا على الاختلاف في درجات غليانها، حيث يسخن المخلوط حتى تغلي المادة التي درجة غليانها أقل، وتتحول إلى بخار يكثّف ويُجمع على شكل سائل.

التبلور يعد ترسيب بلورات السكر من محلوله مثالًا على الفصل بالتبلور. **التبلور** طريقة للفصل تؤدي إلى الحصول على مادة نقية صلبة من محلولها. عندما يحتوي المحلول على أكبر قدر ممكن من المادة المذابة (محلول مشبع) فإن إضافة أي كمية من المذاب مهما قلت تجعل المادة المذابة في المحلول تترسب وتكوِّن بلورات على أي سطح متوافر. وعندما يتبخر الماء من محلول السكر المائي يصبح المحلول أكثر تركيزًا، وهذا يشبه إضافة المزيد من المادة المذابة إلى المحلول. ويبين **الشكل 15–2** أنه عند زيادة تبخر الماء يكوّن السكر بلورات صلبة على الخيط. وتمتاز عملية التبلور أنها تنتج مواد صلبة عالية النقاوة.

التسامي يمكن فصل المخاليط **بالتسامي**، وهو عملية تتبخر فيها المادة الصلبة دون أن تنصهر، أي دون أن تمر بالحالة السائلة. يستعمل التسامي لفصل مادتين صلبتين في خليط، إحداهما لها القدرة على التسامي، وليس للأخرى ذلك.



الشكل 13–2 عندما يمر المخلوط عبر ورقة الترشيح تبقى المادة الصلبة في الورقة، في حين يتجمع السائل المتبقي في الكأس.



الشكل 14–2 تنفصل المكونات المختلفة للحبر بناءً على قابلية انجذاب كل مكون من مكونات الحبر (الطور المتحرك) لسطح ورق الكروماتوجرافيا (الطور الثابت)

الشكل 15–2 عندما يتبخر الماء من محلول السكر المائي تتكون بلورات السكر على الخيط.

تجربة

فصل الأصباغ

كيف تسمح الكروماتوجرافيا الورقية بفصل المواد النقية؟

الكروماتوجرافيا أداة تشخيصية مهمة يستعملها الكيميائيون وفنِّيو المختبرات الجنائية لفصل المواد الكيميائية وتحليلها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. املأ **كأسًا بلاستيكيّة بالماء** حتى ارتفاع يقل 2 cm تقريبًا عن حافتها العليا. امسح أي قطرات ماء على حافة الكأس.
3. ضع **ورقة ترشيح** دائرية على سطح جاف ونظيف، وضع نقطة حبر في مركز الورقة بالضغط بقوة على الورقة برأس **ريشة قلم حبر سائل أسود.**
4. استعمل **مقصًا** أو أداة حادة أخرى لعمل ثقب صغير بقطر رأس القلم في مركز بقعة الحبر.

تحذير: الأجسام الحادة يمكن أن تجرح الجلد.

5. استعمل ربع ورقة ترشيح قطرها حوالي 11 cm لعمل فتيلة لسحب الماء. ضع نهاية الفتيلة في الثقب الموجود في مركز ورقة الترشيح الدائرية.
6. ضع الورقة مع الفتيلة على سطح كأس الماء، بحيث تكون الفتيلة في الماء. سيصعد الماء في الفتيلة ويتحرك نحو الخارج خلال ورقة الترشيح.
7. عندما يصل الماء إلى حوالي 1 cm من حافة ورقة الترشيح (بعد حوالي 20 دقيقة). اسحب الورقة بحرص من الكأس المليئة بالماء، وضعها على كأس فارغة أخرى.

التحليل

1. **سجل** عدد الأصباغ التي يمكنك تحديدها على ورقة الترشيح. علّم حدود دوائر الألوان.
2. **استنتج** لماذا ترى ألوانًا مختلفة في أماكن مختلفة من الورقة؟
3. **قارن** النتائج التي حصلت عليها بالأشكال التي حصل عليها زملاؤك. فسر الاختلافات التي قد تظهر.

التقويم 2-3

الخلاصة

- المخلوط مزيج مكون من مادتين نقيتين أو أكثر مع احتفاظ كل من هذه المواد بخواصها الأصليه.
- المحاليل مخاليط متجانسة.
- يمكن فصل مكونات المخاليط بطرائق فيزيائية. من طرائق الفصل المألوفة الترشيح، والتقطير، والتبلور، والتسامي، والكروماتوجرافيا.

15. الفكرة الرئيسة **صنف** كلًّا مما يلي إلى مخلوط متجانس أو غير متجانس.
   a. ماء الصنبور **b.** الهواء **c.** فطيرة الزبيب.
16. **قارن** بين المخاليط والمواد النقية.
17. **سمِّ** طريقة الفصل التي يمكن استعمالها في فصل مكونات المخاليط التالية :
   a. سائلين عديمي اللون.
   b. مادة صلبة غير ذائبة مخلوطة مع سائل.
   c. كرات زجاجية حمراء وزرقاء متساوية في الحجم والكتلة.
18. **صمم** خريطة مفاهيمية تلخص العلاقات بين المادة، والعناصر، والمركبات، والمواد الكيميائية النقية، والمخاليط المتجانسة، والمخاليط غير المتجانسة.

2–4

العناصر والمركّبات Elements and Compounds

الأهداف

- **تميز** بين العناصر والمركّبات.
- **تصف** ترتيب العناصر في الجدول الدوري.
- **تشرح** سلوك المركّبات وفق قانوني النسب الثابتة والمتضاعفة.

مراجعة المفردات

النسبة: علاقة جزء بآخر أو بالكل من ناحية الكمية.

المفردات الجديدة

العنصر

الجدول الدوري

المركّب

قانون النسب الثابتة

النسبة المئوية بالكتلة

قانون النسب المتضاعفة

الفكرة الرئيسة **المركب مكوّن من عنصرين أو أكثر متحدين معًا اتحادًا كيميائيًّا.**

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الربط مع الحياة عندما تأكل سلطة الفواكه قد تأكل قطعًا منها منفردة، أما عندما تأكل مربى الفواكه فإنك لا تستطيع فصل كل قطعة من الفواكه وحدها. وكما أن المربى مكونة من فواكه فإن المركب مكون من عناصر، ولكنك لا تراها منفردة.

العناصر Elements

رغم أن للمادة أشكالاً كثيرة إلا أنه يمكن فصل مكوناتها إلى عدد صغير من الوحدات البنائية الأساسية تسمى عناصر. **العنصر** مادة كيميائية نقية لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية. هناك 92 عنصرًا في الطبيعة. ومن هذه العناصر: النحاس Cu والأكسجين O والذهب Au، وهناك أيضًا عناصر لا توجد في الطبيعة، وإنما يتم تحضيرها في المختبر.

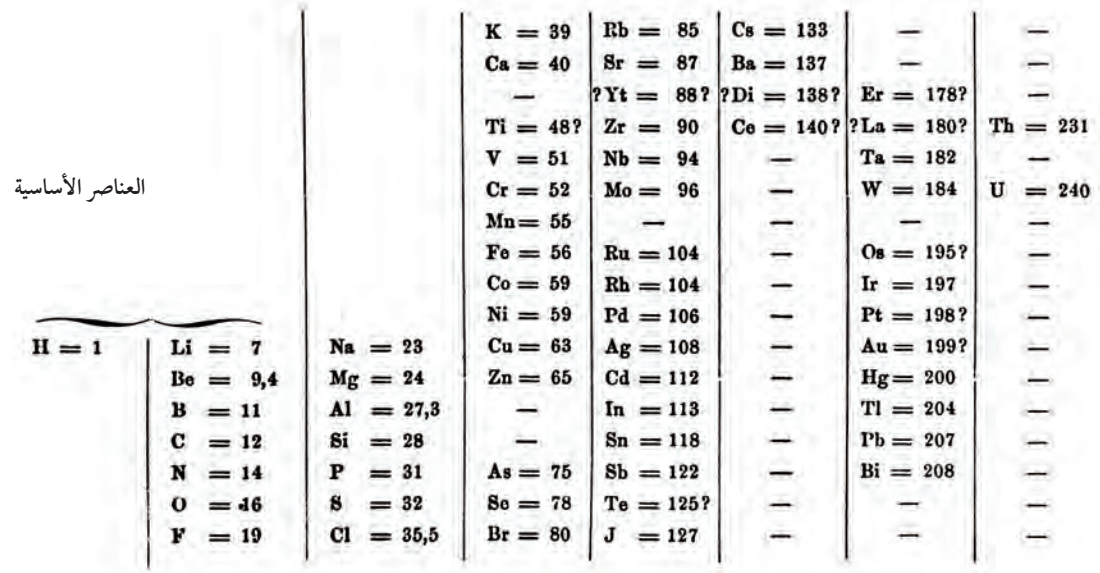
لكل عنصر اسم كيميائي، ورمز خاص به. ويتكون الرمز من حرف أو اثنين أو ثلاثة، بحيث يكون الحرف الأول كبيرًا، أما باقي الأحرف فتكون صغيرة. ومن المعلوم أن أسماء العناصر ورموزها متفق عليها عالميًّا من قبل العلماء لتسهيل التواصل بينهم. ولا تتوافر العناصر الطبيعية على نحْو متساو؛ فالهيدروجين H يشكل 75% من كتلة الكون، في حين يشكل الأكسجين O والسليكون Si مجتمعين 75% من كتلة القشرة الأرضية، ويشكل الأكسجين O والكربون C والهيدروجين H أكثر من 90% من جسم الإنسان. ومن جهة أخرى فإن عنصر الفرانسيوم Fr هو أحد أقل العناصر وجودًا في الطبيعة؛ إذ يقدَّر وجوده بأقل من 20 g موزعة في قشرة الأرض. وتوجد العناصر في حالات فيزيائية مختلفة في الظروف العادية، كما هو مبين في **الشكل 16–2**.

بالون هيليوم – غاز

جهاز قياس ضغط الدم (زئبق – سائل)

وعاء نحاس – صلب

الشكل 16–2 توجد العناصر في حالات مختلفة في الظروف العادية.



العناصر الأساسية

H = 1			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
	Li = 7		Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
	Be = 9,4		—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
	B = 11		Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231
	C = 12		V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
	N = 14		Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
	O = 16		Mn = 55	—	—	—	—
	F = 19		Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
		Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—
		Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
		Al = 27,3	—	In = 113	—	Tl = 204	—
		Si = 28	—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
		P = 31	As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
		S = 32	Se = 78	Te = 125?	—	—	—
		Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—	—	—

الشكل 17–2
كان مندليف من أوائل العلماء الذين رتبوا العناصر بطريقة دورية، كما هو مبين في الجدول. لاحظ الأنماط الدورية في خواص العناصر.

نظرة أولية على الجدول الدوري مع ازدياد عدد العناصر المكتشفة في بدايات القرن التاسع عشر بدأ العلماء يلاحظون أنماط التشابه بين العناصر في الخواص الفيزيائية والكيميائية ودراستها. وقد صمم العالم الروسي ديمتري مندليف Dmitri Mendelev (1834 – 1907م) جدولًا كما في **الشكل 17–2** نظم فيه جميع العناصر التي كانت معروفة في ذلك الوقت. كان تصنيفه قائمًا على التشابهات بين العناصر وكتلها. وهو يعد النسخة الأولى مما سمي بعد ذلك **"الجدول الدوري"**. ينظم الجدول الدوري العناصر في شبكة تسمَّى الصفوفُ الأفقيةُ فيها "الدورات"، وتسمَّى الأعمدةُ "المجموعات" أو "العائلات". والعناصر الموجودة في مجموعة واحدة لها خواص فيزيائية وكيميائية متشابهة. وقد سمي الجدول دوريًّا لأن نمط الخواص المتشابهة يتكرر من دورة إلى أخرى، وسوف تجد في نهاية هذا الكتاب صورة للجدول الدوري الحديث.

المركبات Compounds

كثير من المواد الكيميائية النقية تصنف على أنها مركبات. ويتكون **المركب** من عنصرين مختلفين أو أكثر متحدين كيميائيًّا. وتوجد معظم المواد في الكون على شكل مركبات. يوجد الآن حوالي (10) ملايين مركب معروف، وهي في ازدياد مستمر؛ إذ يتم تحضير أو اكتشاف حوالي (100,000) مركب سنويًّا.

ماذا قرأت؟ عرف العنصر والمركب.

تسهِّل معرفة الرموز الكيميائية للعناصر كتابةَ صيغ المركبات. فملح الطعام مثلًا يسمّى كلوريد الصوديوم، وهو مكون من ذرة واحدة من الصوديوم Na وذرة واحدة من الكلور Cl وصيغته الكيميائية NaCl، كما أن الماء مكون من ذرتين من الهيدروجين H، وذرة من الأكسجين O وصيغته الكيميائية H_2O، وهنا يشير الرقم السفلي (2) إلى ذرتين من الهيدروجين يتحدان مع ذرة واحدة من الأكسجين.

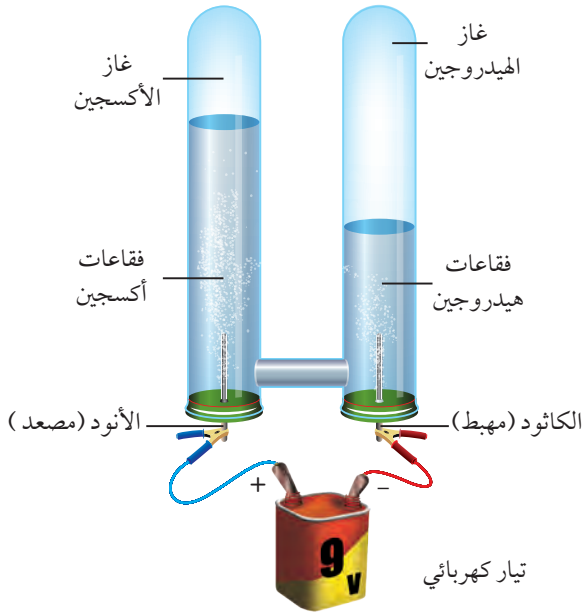
المفردات

مفردات علمية

العنصر
Element

مادة كيميائية نقيَّة لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية.

الرصاص من أثقل العناصر.



الشكل 18–2 يتحلل الماء إلى مكوناته: الأكسجين والهيدروجين بعملية التحليل الكهربائي.

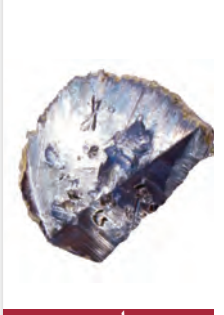
حدد النسبة بين كمية الهيدروجين وكمية الأكسجين المنطلقين خلال التحليل الكهربائي للماء.

فصل المركّبات إلى مكوناتها لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد أبسط منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية، لكن يمكن تجزئة المركبات إلى مواد أبسط بطرائق كيميائية. وعمومًا فإن المركّبات التي توجد في الطبيعة أكثر استقرارًا من حالة العناصر المكونة لها، ولكي تتفكك هذه المركبات إلى عناصر فإنها تحتاج إلى طاقة كالحرارة والكهرباء. ويبين **الشكل 18–2** تركيب جهاز يستعمل لإحداث تغير كيميائي للماء وتحليله إلى العناصر المكونة له –الهيدروجين والأكسجين– من خلال عملية تسمّى "التحليل الكهربائي". يقوم التيار الكهربائي في هذه العملية بتحليل الماء H_2O إلى غاز الهيدروجين H_2 وغاز الأكسجين O_2. ولأن الماء H_2O يتكون من ذرتين من الهيدروجين H_2 وذرة أكسجين O فإن حجم غاز الهيدروجين H_2 الناتج يكون ضعف حجم غاز الأكسجين O_2.

ماذا قرأت؟ اشرح عملية التحليل الكهربائي.

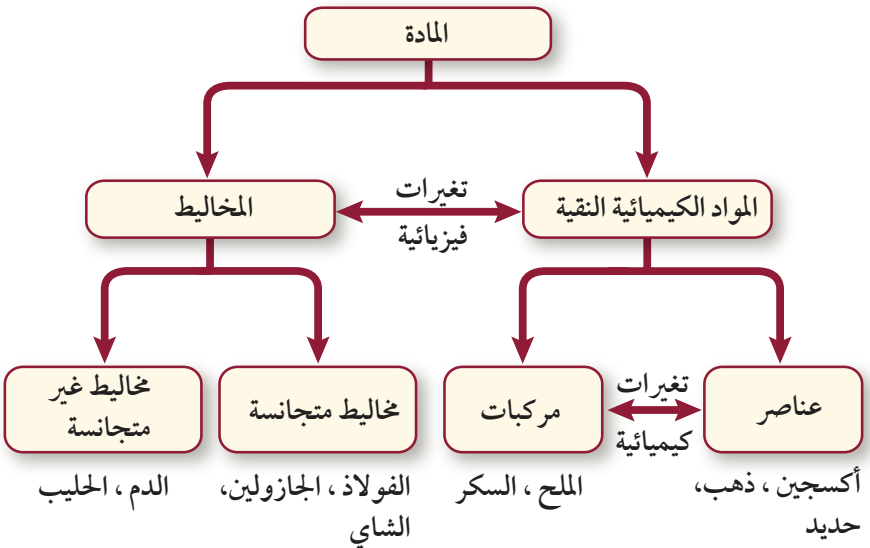
خواصّ المركّبات تختلف خواصّ المركّبات عن خواص العناصر الداخلة في تركيبها. ويوضح مثال الماء في **الشكل 18–2** هذه الحقيقة. الماء مركب مستقر، وهو سائل في درجات الحرارة العادية، وعند تفكيكه فإن الأكسجين والهيدروجين الناتجين يختلفان كثيرًا عن الماء؛ فالأكسجين والهيدروجين غازان عديما اللون والرائحة، ويتفاعلان بشدة مع عدة عناصر. وهذا الاختلاف في الخواص ناتج عن تفاعل كيميائي بين العناصر. يبين **الشكل 19–2** العناصر المكونة لمركب "يوديد البوتاسيوم". لاحظ اختلاف خواص يوديد البوتاسيوم KI عن خواص العنصرين المكونين له. البوتاسيوم K فلز فضي، واليود I_2 مادة صلبة سوداء اللون توجد على هيئة غاز بنفسجي اللون في درجة حرارة الغرفة، في حين أن يوديد البوتاسيوم KI ملح أبيض.

الشكل 19–2 عندما يتفاعل البوتاسيوم واليود يكوِّنان يوديد البوتاسيوم الذي يختلف عنهما في خواصه.


يود

بوتاسيوم

يوديد البوتاسيوم



الشكل 20–2 يمكن تصنيف المادة إلى عدة أصناف لها خواص محددة.

افحص كيف ترتبط المخاليط مع المواد النقية؟ وكيف ترتبط العناصر مع المركّبات؟

تعلم أنه يمكن تصنيف المواد إلى مواد نقية ومخاليط. وكما درست في السابق فإن المخلوط إما أن يكون متجانسًا أو غير متجانس. وتعرف أيضًا أن العنصر مادة كيميائية نقية لا يمكن تجزئتها إلى مواد أبسط منها، في حين أن المركب ناتج عن اتحاد عنصرين أو أكثر، ويمكن تحليله إلى مكوناته. استعمل **الشكل 20–2** لمراجعة تصنيف المواد، وكيف ترتبط مكوناتها معًا.

ماذا قرأت؟ لخص الأنواع المختلفة من المادة، وكيف يرتبط بعضها مع بعض؟

قانون النسب الثابتة Law of Definite Proportions

قال تعالى: ﴿وَكُلُّ شَيْءٍ عِندَهُۥ بِمِقْدَارٍ ﴿٨﴾﴾ الرعد. من الحقائق العجيبة في هذا الكون أن الله تعالى أوجد المركّبات، والتي تتكون من العناصر نفسها بنسب ثابتة ومقدَّرة بقدر منه سبحانه. وهذا ما يعرف بـ**"قانون النسب الثابتة"**، الذي ينص على أن المركب يتكون دائمًا من العناصر نفسها بنسب كتلية ثابتة، مهما اختلفت كمياتها. كما أن كتلة المركب تساوي مجموع كتل العناصر المكونة له.

يمكن التعبير عن الكميات النسبية للعناصر في مركب ما **بالنسبة المئوية بالكتلة**، وهي نسبة كتلة كل عنصر إلى كتلة المركب الكلية معبرًا عنها بالنسبة المئوية.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (\%)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

نحصل على النسبة المئوية بالكتلة بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب، ثم ضرب هذه النسبة في مائة للتعبير عنها بنسبة مئوية.

ماذا قرأت؟ اكتب نص قانون النسب الثابتة.

الجدول 4-2 تحليل السكروز

العنصر	التحليل الكتلي (g) من 20.00 g من حبيبات سكر المائدة	النسبة المئوية بالكتلة (%)	التحليل الكتلي (g) من 500.00 g من سكر القصب	النسبة المئوية بالكتلة (%)
كربون	8.44	$\frac{8.44\ \text{g C}}{20.00\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 42.20\%$	211.0	$\frac{211.0\ \text{g C}}{500\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 42.20\%$
هيدروجين	1.30	$\frac{1.30\ \text{g H}}{20.00\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 6.50\%$	32.5	$\frac{32.50\ \text{g H}}{500\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 6.50\%$
أكسجين	10.26	$\frac{10.26\ \text{g O}}{20.00\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 51.30\%$	256.5	$\frac{256.5\ \text{g O}}{500\ \text{g من السكروز}} \times 100 = 51.30\%$
المجموع	20.00	100%	500.0	100%

تتكوّن حبيبات سكر المائدة (السكروز) من ثلاثة عناصر، هي الكربون والهيدروجين والأكسجين. ويبين **الجدول 4–2** نتائج تحليل 20.0 g من هذا السكر. لاحظ أن مجموع الكتل المنفردة لعناصر العينة 20.0 g، وهي تساوي كمية حبيبات السكر التي تم تحليلها، وهذا يوضح قانون النسب الثابتة الذي ينطبق على المركبات: كتلة المركب تساوي مجموع كتل العناصر المكونة له.

وإذا حللت 500.0 g من السكروز الذي مصدره قصب السكر، والتي يبين **الجدول 4–2** نتائج تحليلها، تلاحظ أن النسب المئوية بالكتلة لمكونات سكر القصب مساوية للقيم التي تم الحصول عليها من حبيبات السكر. وبحسب قانون النسب الثابتة، فإن عينات مركب ما، مهما كان مصدرها، يجب أن يكون لها نسب كتلية متساوية. وبالعكس فإن المركبات التي لها نسب كتلية مختلفة يجب أن تكون مركبات مختلفة. وهكذا يمكنك أن تستنتج أن عينات السكروز يجب أن تتكون دائماً من كربون بنسبة 42.20% وهيدروجين بنسبة 6.50% وأكسجين بنسبة 51.30% مهما كان مصدرها.

مسائل تدريبية

19. عينة من مركبٍ مجهولٍ كتلتها 78.0 g، تحتوي على 12.4 g هيدروجين. ما النسبة المئوية بالكتلة للهيدروجين في المركب؟

20. يتفاعل 1.0 g هيدروجين كليًّا مع 19.0 g فلور. ما النسبة المئوية بالكتلة للهيدروجين في المركب الناتج؟

21. تتفاعل 3.5 g من العنصر X مع 10.5 g من العنصر Y لتكوين المركب X Y. ما النسبة المئوية بالكتلة لكل من العنصرين X و Y في المركب الناتج؟

22. تم تحليل مركبين مجهولين فَوُجِد أن المركب الأول يحتوي على 15.0 g هيدروجين و 120.0 g أكسجين، وأن المركب الثاني يحتوي على 2.0 g هيدروجين و 32.0 g أكسجين. هل المركبان مركب واحد؟ فسِّر إجابتك.

23. تحفيز مركبان كل ما تعرفه عنهما أنهما يحتويان على النسبة بالكتلة نفسها من الكربون. هل هما المركب نفسه؟ فسِّر إجابتك.

قانون النسب المتضاعفة Law of Multiple Proportions

تختلف المركّبات تبعًا لاختلاف العناصر الداخلة في تركيبها. ومع ذلك، فإن مركّبات مختلفة قد تحتوي على العناصر نفسها. وهذا يحدث عندما تكون النسب الكتلية للعناصر المكونة لهذه المركبات مختلفة. ينص **قانون النسب المتضاعفة** على أنه عند تكوين مركبات مختلفة من اتحاد العناصر نفسها فإن النسبة بين كتل أحد العناصر التي تتحد مع كتلة ثابتة من عنصر آخر في هذه المركبات هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة. ويتم التعبير عن النسب عادة باستعمال أعداد يفصل بينها نقطتان إحداها فوق الأخرى (2:3 مثلًا) أو على شكل كسر .

ماذا قرأت؟ **اكتب** نص قانون النسب المتضاعفة بكلماتك الخاصة.

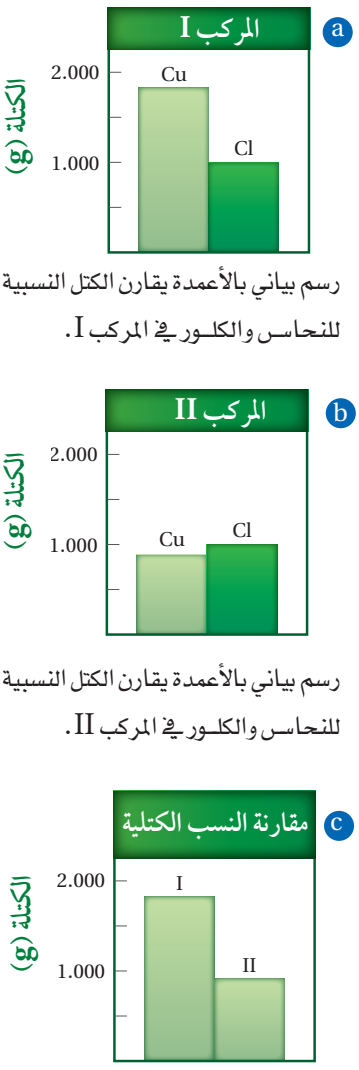
الماء وفوق أكسيد الهيدروجين يوضح مركبا الماء H_2O وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 قانون النسب المتضاعفة؛ فكلا المركبين مكوّن من العناصر نفسها (هيدروجين وأكسجين)، لكن الماء مكون من ذرتي هيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين، في حين أن فوق أكسيد الهيدروجين يتكون من ذرتي هيدروجين وذرتي أكسجين. لاحظ أن فوق أكسيد الهيدروجين يختلف عن الماء في أنه يحتوي على ضعف الكمية من الأكسجين، وعندما تقارن كتلة الأكسجين في فوق أكسيد الهيدروجين بكتلته في الماء فستحصل على نسبة 1 : 2.

مركبات مكونة من نحاس وكلور من الأمثلة الأخرى على المركبات التي توضح قانون النسب المتضاعفة مركبات النحاس والكلور؛ إذ يتحد النحاس Cu مع الكلور Cl في ظروف مختلفة لتكوين مركبين مختلفين. ويبين **الجدول 5–2** نتائج تحليل المركبين؛ فالمركب رقم (I) يحتوي على 64.20% نحاس، في حين يحتوي المركب (II) على 47.27% نحاس، ويحتوي المركب (I) على 35.80% كلور، في حين يحتوي المركب (II) على 52.73% كلور. قارن بين نسب كتل الكلور في المركبين مستعينًا **بالجدول 5–2 والشكل 21–2**. لاحظ أن نسبة كتلة النحاس إلى الكلور في المركب I تساوي ضعف نسبة النحاس إلى الكلور في المركب II .

$$\frac{\text{النسبة الكتلية للمركب I}}{\text{النسبة الكتلية للمركب II}} = \frac{1.739\ \text{g Cu/gCl}}{0.8964\ \text{g Cu/gCl}} = 2.00$$

اختبار الرسم البياني **فسر** لماذا تكون نسبة كتلتي النحاس في المركبين 1: 2؟

الشكل 21–2 اتحاد النحاس والكلور ينتج عنه مركبات مختلفة.



رسم بياني بالأعمدة يقارن الكتل النسبية للنحاس والكلور في المركب I.

رسم بياني بالأعمدة يقارن الكتل النسبية للنحاس والكلور في المركب II.

رسم بياني بالأعمدة يقارن الكتل النسبية للنحاس في كلا المركبين. النسبة هي 2:1.

الجدول 5-2 تحليل البيانات لمركبي نحاس

المركب	Cu%	Cl%	كتلة Cu (g) في 100.0g من المركب	كتلة Cl (g) في 100.0 g من المركب	النسبة الكتلية $\left(\frac{\text{كتلة Cu}}{\text{كتلة Cl}}\right)$
I	64.20	35.80	64.20	35.80	1.793 g Cu/1 g Cl
II	47.27	52.73	47.27	52.73	0.8964 Cu/1 g Cl

كلوريد النحاس I

كلوريد النحاس II

الشكل 22–2 عند اتحاد الكتل النسبية المختلفة للعنصر ينتج عنه مركبات مختلفة. ورغم أن المركبين يتكونان من النحاس والكلور فإن المركب I يظهر باللون الأخضر، بينما يظهر المركب II باللون الأزرق.

يظهر في **الشكل 22–2** المركبان الناتجان عن اتحاد النحاس والكلور، والذي سبق الحديث عنهما في الجدول 5–2 **والشكل 21–2**، ويسميان كلوريد النحاس I، وكلوريد النحاس II. وكما يشير قانون النسب المتضاعفة فإن النسبة بين كتلتين مختلفين من النحاس تتحد كل منهما مع كتلة ثابتة من الكلور في المركبين هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة، تساوي 1: 2.

التقويم 2-4

الخلاصة

- لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد نقية أبسط منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية.
- تترتب العناصر في الجدول الدوري للعناصر في دورات ومجموعات.
- تنتج المركبات عن اتحاد عنصرين أو أكثر، وتختلف خواصها عن خواص العناصر المكونة لها.
- ينصّ قانون النسب الثابتة على أن المركب يتكون دائمًا من العناصر نفسها، وبالنسب نفسها.
- ينصّ قانون النسب المتضاعفة على أنه إذا كوَّنَتْ عناصر أكثر من مركب فإن النسبة بين كتل أحد هذه العناصر التي تتحد مع كتلة ثابتة من عنصر آخر هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة.

24. الفكرة الرئيسة **قارن** بين العناصر والمركبات.

25. **صف** الملامح التنظيمية الأساسية للجدول الدوري للعناصر.

26. **فسر** كيف ينطبق قانون النسب الثابتة على المركبات؟

27. **اذكر** مثالين لمركبات ينطبق عليها قانون النسب المتضاعفة.

28. **أكمل** الجدول التالي، ثم حلل البيانات الموجودة فيه لتقرر ما إذا كان المركب I والمركب II هما المركب نفسه. إذا كان المركبان مختلفين فاستعمل قانون النسب المتضاعفة لتبين العلاقة بينهما.

بيانات تحليل مركبين للحديد

المركب	الكتلة الكلية (g)	كتلة Fe (g)	كتلة O (g)	النسبة المئوية بالكتلة للحديد	النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين
I	75.00	52.46	22.54		
II	56.00	43.53	12.47		

29. **احسب** النسبة المئوية بالكتلة للهيدروجين وللأكسجين في الماء بالرجوع إلى الجدول الدوري.

30. **ارسم** رسمًا بيانيًّا يوضح قانون النسب المتضاعفة.

في الميدان

مهن: المحقِّق

الكشف عن مسرِّعات الحرائق المتعمدة

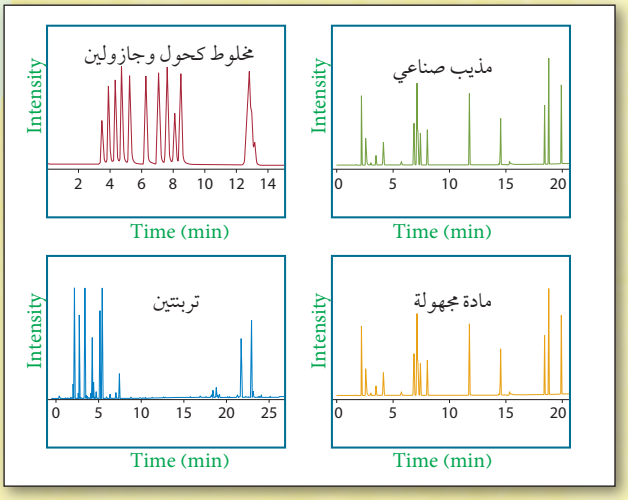
إذا احترق مستودع، وساده الخراب والدمار، وكانت الحرارة والدخان يملآن المكان، واللهب ينتشر، والجدران والسُّقف تتهاوى، فهل يمكنك تحديد ما إذا كان الحريق متعمدًا أو غير متعمد؟

المسرّعات إن من يحققون في الحرائق يحللون الأدلة لتقدير كيف بدأت النار؟ وكيف انتشرت؟ فإذا كان هناك شك في أن الحريق متعمد فإن احتمال مساهمة المسرِّعات (مواد تسرّع انتشار النار) أمر وارد.

خواصّ المسرّعات قد تكون المسرّعات مفيدة إذا استعملت وقودًا، ويعد وجودها خطراً كبيراً في حال وجود حريق؛ فهي مذيبات قوية، وتمتص بسرعة، ولا تمتزج بسهولة مع الماء، وتطفو غالبًا فوقه. وفي درجات الحرارة العادية تنتج المسرّعات أبخرة يمكن أن تشتعل.

دلائل وجود المسرّعات من دلائل وجود المسرّعات نمط الاحتراق غير العادي، مثل المبين في **الشكل 1**. في هذه الحالة –التي تسمى نمط الاحتراق المتهاوي– تم صب سائل قابل للاحتراق في هذه المنطقة، وانتشر بين لوحات الأرضية إلى العوارض السفلية (أعمدة البناء السفلية).

الشكل 1 المسرّعات قد تسبب نمط الاحتراق المتهاوي.



الشكل 2: أشكال بيانية (كروماتوجرام) مميزة للمركبات كبصمات الأصابع

ومن المؤشرات الأخرى وجود بقع صغيرة على سطح أي مادة رطبة، شبيهة ببقع زيت السيارات الطافية على الوحل في شارع رطب. إذا رأى المحققون مثل هذه البقع فإنهم يأخذون عينات منها ليفحصوها.

التحليل الكيميائي يأخذ المحققون أي عينات يجمعونها إلى المختبر لتحليلها كيميائيًا. وهناك تفصل مكونات كل عينة بعضها عن بعض بعملية تسمى "الكروماتوجرافيا الغازية"، مما يجعل المكونات تظهر في شكل بياني (كروماتوجرام) كتلك المبينة في **الشكل 2** لمخلوط من الكحول والجازولين والتربنتين ومذيب صناعي. وهذه الأشكال تشبه بصمات الأصابع؛ فهي تميز كل مادة. وبمقارنة الشكل البياني (الكروماتوجرام) للمادة المجهولة مع الأشكال الخاصة بالمركبات المعروفة يمكن تحديد نوع المسرع.

الكتابة في الكيمياء

التفكير الناقد انظر إلى الشكل البياني (الكروماتوجرام) للمادة المجهولة، وقارنه بالأشكال الخاصة بالمواد الثلاث المعروفة. هل تستطيع معرفة أي مسرع استُعمل؟ هل تعطيك هذه المعرفة أي تصور عمن قام بالجريمة؟ فسر إجابتك.

مختبر الكيمياء

تحديد نواتج التفاعل الكيميائي

الخلفية **يمكن دراسة التغيرات الكيميائية بملاحظة التفاعلات الكيميائية. ويمكن تحديد نواتج التفاعلات من خلال اختبار اللهب.**

سؤال هل يتفاعل النحاس مع نترات الفضة؟ ما العناصر التي تتفاعل؟ وما المركب الناتج عن تفاعلها؟

المواد والأدوات اللازمة

محلول $AgNO_3$	حلقة من الحديد
ورق صنفرة	حامل حلقي
ساق تحريك زجاجية	طبق بتري بلاستيكي
ورق ترشيح	لهب بنزن
كأس زجاجية 50 mL	مشابك ورق
مخبار مدرج 50 mL	سلك نحاسي
دورق مخروطي 250 mL	قمع

إجراءات السلامة

تحذير: نترات الفضة سامة جدًّا، لذا تجنب ملامستها للعين والجلد.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادلك سلكًا نحاسيًّا طوله 8 cm بورق الصنفرة حتى يصبح لامعًا. لاحظ خصائصه الفيزيائية ودوِّنها.
3. ضع 25 mL من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ في كأس سعتها 50 mL، ودوِّن خصائصه الفيزيائية.
4. اجعل جزءًا من السلك على هيئة ملف زنبركي الشكل، واجعل من طرف جزئه الآخر خطافًا وعلقه في ساق التحريك.
5. ضع ساق التحريك على فوهة الدورق بشكل عرضي، بحيث ينغمر جزء من السلك في المحلول.
6. سجّل ملاحظاتك عن السلك والمحلول كل 5 دقائق مدة 20 دقيقة.
7. حضِّر جهاز الترشيح: صل الحلقة الحديدية بالحامل الحلقي، وعدِّل ارتفاعها بحيث تصل نهاية القمع إلى داخل عنق الدورق المخروطي.
8. اثن ورقة الترشيح الدائرية نصفين مرتين لتكوّن ربع دائرة، وقص الجزء السفلي من الجهة اليمنى للورقة المقابل لك، ثم افتح الورقة المطوية على شكل مخروط وضعها في القمع.
9. أخرج السلك من الدورق، وتخلص منه بحسب توجيهات معلمك.
10. مستعينًا بالساق الزجاجية، اسكب السائل ببطء داخل القمع؛ لكي تحجز المواد الصلبة الناتجة في ورقة الترشيح.
11. اجمع ما ترشح في الدورق المخروطي، وانقله إلى طبق بتري.
12. عدِّل شدة لهب بنزن حتى يصبح لونه أزرق، ثم استخدم الملقط لتسخّن مشبك الورق على اللهب حتى يثبت لونه.
13. اغمر المشبك الساخن في السائل في طبق بتري، مستخدمًا الملقط. ثم ضعه مرة أخرى فوق اللهب، وسجّل اللون الذي لاحظته. بعد إزالة المشبك عن اللهب اتركه ليبرد قبل أن تلمسه بيدك.
14. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المواد الكيميائية وفق توجيهات معلمك.

حلّل واستنتج

1. **لاحظ واستنتج** صف التغيرات التي لاحظتها في الخطوة 6. هل كان هناك دليل على حدوث تغير كيميائي؟ توقع المواد الناتجة.
2. **قارن** ابحث في أحد المصادر لتحديد ألوان كل من فلز الفضة، ونترات النحاس في الماء، ثم قارن هذه المعلومات بملاحظاتك على المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في الخطوة 6.
3. **حدد** يبعث النحاس ضوءًا أزرق مائلًا إلى الخضرة في اختبار اللهب. هل تؤكد ملاحظاتك وجود النحاس في السائل الذي جُمع في الخطوة 11؟
4. **صنف** من أي أنواع المخاليط يعد نترات الفضة في الماء؟ أي أنواع المخاليط تكوَّن بعد الخطوة 6؟

التوسع في الاستقصاء

قارن ملاحظاتك مع ملاحظات زملائك في المجموعات الأخرى، وكوّن فرضية لتفسير أي اختلافات، ثم صمم تجربة لاختبارها.

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة كل شيء مكون من مادة، وله خواص معينة.

2-1 خواص المادة

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة على شكل مواد صلبة أو سائلة أو غازية، ولها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة.

المفردات

- حالات المادة
- المادة الصلبة
- السائل
- الغاز
- البخار
- الخاصية الفيزيائية
- الخاصية غير المميزة
- الخاصية المميزة
- الخاصية الكيميائية

المفاهيم الرئيسة

- الحالات الثلاث المألوفة للمادة هي الصلبة والسائلة والغازية.
- يمكن ملاحظة الخواص الفيزيائية دون تغيير تركيب المادة.
- الخواص الكيميائية تصف قدرة المادة على الاتحاد مع المواد الأخرى، أو التحول إلى مواد جديدة.
- قد تؤثر الظروف الخارجية في الخواص الفيزيائية والكيميائية .

2-2 تغيرات المادة

الفكرة الرئيسة يمكن أن يحدث للمادة تغيرات فيزيائية وكيميائية.

المفردات

- التغير الكيميائي
- تغير الحالة
- التغير الفيزيائي
- قانون حفظ الكتلة

المفاهيم الرئيسة

- التغير الفيزيائي يغير من الخواص الفيزيائية للمادة دون أن يغير تركيبها.
- التغير الكيميائي، والذي يسمى أيضا «التفاعل الكيميائي» يتضمن تغيرًا في تركيب المادة.
- في التفاعل الكيميائي تتحول المتفاعلات إلى نواتج.
- ينصّ قانون حفظ الكتلة على أن الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في أثناء التفاعل الكيميائي –إلا بقدرة الله تعالى– فهي محفوظة.

كتلة المتفاعلات = كتلة النواتج

2-3 المخاليط

الفكرة الرئيسة توجد معظم المواد المألوفة على شكل مخاليط. المخلوط مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر.

المفردات

- المخلوط
- المخلوط غير المتجانس
- المخلوط المتجانس
- المحلول
- الترشيح
- التقطير
- التبلور
- التسامي
- الكروماتوجرافيا

المفاهيم الرئيسة

- المخلوط مزيج من مادتين كيميائيتين أو أكثر بنسب مختلفة.
- المحاليل مخاليط متجانسة.
- يمكن فصل مكونات المخاليط بطرائق فيزيائية. من طرائق الفصل المألوفة الترشيح، والتقطير، والتبلور، والتسامي، والكروماتوجرافيا.

2-4 العناصر والمركبات

الفكرة الرئيسة المركب مكون من عنصرين أو أكثر متحدين معًا اتحادًا كيميائيًّا.

المفردات

- العنصر
- الجدول الدوري
- المركب
- قانون النسب الثابتة
- النسبة المئوية بالكتلة
- قانون النسب المتضاعفة

المفاهيم الرئيسة

- لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد نقية أبسط منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية.
- العناصر مرتبة في الجدول الدوري للعناصر في دورات ومجموعات.
- تنتج المركبات عن اتحاد عنصرين أو أكثر، وتختلف خواصها عن خواص العناصر المكونة لها.
- ينص قانون النسب الثابتة على أن المركب يتكون دائمًا من العناصر نفسها وبالنسب نفسها.
- ينص قانون النسب المتضاعفة على أنه إذا كوَّنَت العناصر أكثر من مركب فإن النسبة بين كتل أحد هذه العناصر التي تتحد بكتلة ثابتة مع عنصر آخر هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة.

الفصل 2 التقويم

2–1

إتقان المفاهيم

31. اذكر ثلاثة أمثلة على مواد كيميائية نقية، وبين لماذا هي نقية؟

32. هل ثاني أكسيد الكربون مادة كيميائية نقية؟ ولماذا؟

33. اذكر ثلاث خواص فيزيائية للماء.

34. أي الخواص التالية مميزة للمادة؟ وأيها غير مميزة؟

a. درجة الانصهار **b.** الكتلة

c. الكثافة **d.** الطول

35. هل العبارة التالية صحيحة أم لا؟ علل إجابتك.
"لا تتأثر الخواص بالضغط ودرجة الحرارة".

36. اذكر حالات المادة الثلاث، وأعط أمثلة عليها.

37. صنف المواد التالية إلى صلبة أو سائلة أو غازية في ضوء حالاتها في درجات الحرارة العادية: الحليب، الهواء، النحاس، الهيليوم، الماس، الشمع

38. صنف الخواص التالية إلى فيزيائية أو كيميائية.

a. للألومنيوم لون فضي.

b. كثافة الذهب $19\ g/cm^3$.

c. يشتعل الصوديوم عند وضعه في الماء.

d. يغلي الماء عند $100^\circ C$.

e. تتكون طبقة سوداء على الفضة.

f. الزئبق سائل في درجات الحرارة العادية.

39. فُرِّغت علبة حليب في وعاء. صف التغيرات الحادثة في شكل الحليب وحجمه نتيجة ذلك.

40. درجة الغليان عند أي درجة حرارة يغلي 250 mL من الماء، و1000 mL من الماء؟ هل درجة غليان الماء خاصية مميزة أم غير مميزة؟

إتقان حل المسائل

41. التحليل الكيميائي أراد عالم أن يعين مادة مجهولة بناء على خواصها الفيزيائية. المادة لونها أبيض، ولم تفلح المحاولات في تحديد درجة غليانها. استعمل **الجدول 6–2** أدناه لتسمي هذه المادة.

الجدول 6-2 الخواص الفيزيائية لبعض المواد المألوفة

المادة	اللون	الحالة عند $25^\circ C$	درجة الغليان ($^\circ C$)
أكسجين	عديم اللون	غاز	−183
ماء	عديم اللون	سائل	100
سكروز	أبيض	صلب	يتحلل
كلوريد الصوديوم	أبيض	صلب	1413

2–2

إتقان المفاهيم

42. صنف كلًّا من التغيرات التالية إلى كيميائي أو فيزيائي:

a. كسر قلم جزأين.

b. تجمد الماء وتكوين الجليد.

c. قلي البيض. **d.** حرق الخشب.

e. تغير لون ورق الشجر في فصل الخريف.

43. هل يعد تخمر الموز عملية فيزيائية أم كيميائية؟ فسر ذلك.

44. هل يعد تغير حالة المادة عملية فيزيائية أم كيميائية؟ فسر ذلك.

45. اذكر أربعة مؤشرات على حدوث التفاعل الكيميائي.

46. صدأ الحديد يتحد الحديد مع الأكسجين في وجود بخار الماء لتكوين أكسيد الحديد، أو ما يعرف بصدأ الحديد. ما المواد المتفاعلة، وما المواد الناتجة؟

47. بعد أن اشتعلت شمعة مدة ثلاث ساعات بقي نصفها. وضح لماذا لا يخالف هذا المثال قانون حفظ الكتلة؟

48. وضح الفرق بين التغير الفيزيائي والتغير الكيميائي.

تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

49. إنتاج الأمونيا تفاعل 28.0 g من النيتروجين كليًّا مع 6.0 g هيدروجين. ما كتلة الأمونيا الناتجة؟

50. تفاعل 45.98 g صوديوم مع كمية زائدة من غاز الكلور، فنتج 116.89 g من كلوريد الصوديوم. ما كتلة غاز الكلور الذي استهلك في هذا التفاعل؟

51. تتحلل مادة ما كتلتها 680.0 g إلى عناصرها بالتسخين. ما مجموع كتل عناصرها بعد التسخين؟

52. عند حرق 180.0 g جلوكوز في وجود 192.0 g أكسجين نتج ماء وثاني أكسيد الكربون. فإذا كانت كتلة الماء الناتج 108.0 g، فما كتلة ثاني أكسيد الكربون الناتج؟

2–3

إتقان المفاهيم

53. صف خواص المخلوط.

54. اذكر طريقة الفصل التي يمكن استعمالها لفصل المخاليط التالية:

a. برادة الحديد والرمل.

b. الرمل والملح.

c. مكونات الحبر.

d. غازي الهيليوم والأكسجين.

55. ما صحة العبارة التالية: "المخلوط مادة ناتجة عن اتحاد مادتين أو أكثر كيميائيًّا"؟ فسر إجابتك.

56. فيم يختلف المخلوط المتجانس عن المخلوط غير المتجانس؟

57. ماء البحر مكون من ملح ورمل وماء. هل هو مخلوط متجانس أو غير متجانس؟ فسر إجابتك.

58. ما الكروماتوجرافيا؟ وكيف تعمل؟

2–4

إتقان المفاهيم

59. عرف العنصر.

60. صحح العبارات التالية:

a. العنصر مزيج من مركبين أو أكثر.

b. عندما تذوب كمية من السكر كليًّا في الماء ينتج محلول غير متجانس.

61. ما أهم إسهامات العالم مندليف في الكيمياء؟

62. سمِّ العناصر المكونة لكل من المواد التالية:

a. ملح الطعام NaCl

b. الإيثانول C_2H_5OH

c. الأمونيا NH_3

d. البروم Br_2

63. هل يمكن التمييز بين العنصر والمركب؟ كيف؟

64. هل تختلف خواص المركب عن خواص العناصر المكونة له؟

65. ما القانون الذي يشير إلى أن المركب يتكون من العناصر نفسها متحدة بنسب كتلية ثابتة؟

66. ما النسبة المئوية بالكتلة للكربون في 44.0 g CO_2؟

67. صنف المركبات الواردة في **الجدول 7–2** إلى: (1:1)، (2:2)، (2:1)، (1:2)

الجدول 7-2 نسب العناصر في المركبات

المركب	أبسط نسب صحيحة للعناصر
NaCl	
CuO	
H_2O	
H_2O_2	

إتقان حل المسائل

68. تحتوي عينة كتلتها 25.3 g من مركب ما على 0.8 g أكسجين. ما النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين في المركب؟

تقويم الفصل 2

69. يتحد الماغنسيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم. إذا تفاعل 10.57 g ماغنسيوم تمامًا مع 6.96 g أكسجين فما النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين في أكسيد الماغنسيوم؟

70. عند تسخين أكسيد الزئبق فإنه يتحلل إلى زئبق وأكسجين. إذا تحلل 28.4 g من أكسيد الزئبق ونتج 2.0 g أكسجين فما النسبة المئوية بالكتلة للزئبق في أكسيد الزئبق؟

71. يتحد الكربون مع الأكسجين ويكوّن مركبين، يحتوي الأول منهما على 4.82 g كربون لكل 6.44 g أكسجين، ويحتوي الثاني على 20.13 g كربون لكل 53.7 g أكسجين. ما نسبة الكربون إلى كتلة ثابتة من الأكسجين في المركبين المذكورين؟

72. عينة كتلتها 100.0 g من مركب ما تحتوي على 64.0 g من الكلور. ما النسبة المئوية بالكتلة للكلور في المركب؟

73. ما القانون الذي تستعمله لمقارنة CO مع CO_2 ؟ فسر ذلك. دون اللجوء إلى أي حسابات، حدد أي المركبين يحتوي على نسبة مئوية بالكتلة أعلى للأكسجين.

74. أكمل **الجدول 8–2** الآتي:

الجدول 8-2 كتل العناصر في المركبات

المركب	كتلة المركب (g)	كتلة الأكسجين (g)	النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين	كتلة العنصر الثاني في المركب (g)
CuO	84.0	16		
H_2O	18.0	16		
H_2O_2	34.0	32		
CO	28.0	16		
CO_2	44.0	32		

مراجعة عامة

75. أي حالات المادة قابلة للانضغاط؟ وأيها غير قابلة للانضغاط؟ فسر إجابتك.

76. صنف المخاليط التالية إلى متجانسة أو غير متجانسة:

a. النحاس الأصفر (سبيكة من الخارصين والنحاس)

b. السَّلطة. **c.** الدم.

d. مسحوق شراب مذاب في الماء.

77. يتحد الفوسفور مع الهيدروجين ليكون الفوسفين. وفي هذا التفاعل يتحد 123.9 g من الفوسفور مع كمية وافرة من الهيدروجين لإنتاج 129.9 g فوسفين، وبعد انتهاء التفاعل بقي 310.0 g من الهيدروجين غير متفاعل. ما كتلة الهيدروجين التي استعملت في هذا التفاعل؟ وما كتلة الهيدروجين قبل التفاعل؟

78. إذا كان لديك 100 ذرة من الهيدروجين، و100 ذرة من الأكسجين، فما عدد جزيئات الماء التي يمكن أن تكونها؟ هل تستعمل جميع الذرات الموجودة من كلا العنصرين؟ إذا كان الجواب لا، فما الذي يبقى؟

79. صنِّف المواد التالية إلى مواد نقية، أو مخلوط متجانس، أو مخلوط غير متجانس:

a. الهواء **c.** التراب **e.** الترسبات

b. الدخان **d.** الماء النقي **f.** الماء الموحل

80. حدد ما إذا كان كل مما يلي مخلوطًا متجانسًا أم مخلوطًا غير متجانس، أم مركبًا، أم عنصرًا:

a. ماء الشرب النقي. **c.** الهيليوم.

b. الماء المالح. **d.** ماء البحر. **e.** الهواء.

81. الطبخ اذكر الخواص الفيزيائية للبيض قبل سلقه وبعده. بناء على ملاحظاتك، هل يحدث تغير فيزيائي أو تغير كيميائي عند سلق البيض؟ فسر إجابتك.

82. البيتزا هل البيتزا مخلوط متجانس أو غير متجانس؟

83. يتفاعل الصوديوم كيميائيًّا مع الكلور ليكون كلوريد الصوديوم. هل كلوريد الصوديوم مخلوط أو مركب؟

84. بيِّن ما إذا كان اتحاد العناصر التالية يؤدي إلى تكوين مركب أو مخلوط:

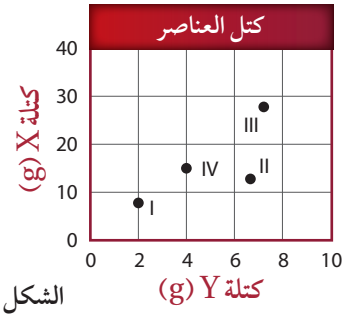
a. $H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$ ماء

b. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$ هواء

تقويم الفصل 2

التفكير الناقد

85. تفسير البيانات يحتوي مركب على عنصرين X وY. حُللت أربع عينات (I، II، III، IV) ذات كتل مختلفة، ثم رُسمت كميات العنصرين في كل عينة بيانيًّا كما في **الشكل 22–2** أدناه.



الشكل 22–2

a. ما العينات المأخوذة من المركب نفسه ؟ كيف عرفت؟

b. ما النسبة تقريبًا لكتلة X إلى كتلة Y في العينات من المركب نفسه؟

c. ما النسبة تقريبًا لكتلة X إلى كتلة Y في العينات التي ليست من المركب نفسه؟

86. طبِّق الهواء خليط مكون من غازات كثيرة، ومنها النيتروجين والأكسجين والأرجون. هل يمكن استخدام عملية التقطير لفصل الغازات المكونة للهواء؟ فسر إجابتك.

87. تحليل هل يعد خروج الغاز من عبوة المشروب الغازي المفتوحة تغيرًا فيزيائيًّا، أم تغيرًا كيميائيًّا؟ فسر إجابتك.

مسألة تحفيز

88. مركبات الرصاص عينة من مركب تحوي 4.46 g من الرصاص لكل 1g من الأكسجين، وعينة أخرى كتلتها 68.54g تحوي 28.26 g من الأكسجين. هل العينتان من المركب نفسه؟ فسر إجابتك.

مراجعة تراكمية

89. ما الكيمياء ؟

90. ما الكتلة ؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

91. العناصر المصنَّعة اختر أحد العناصر المصنعة واكتب تقريرًا قصيرًا عن تطوره. ناقش في التقرير الاكتشافات الحديثة، واكتب فيه أهم مراكز الأبحاث التي توصلت إلى هذا النوع من البحث، وصف فيه خصائص العنصر المصنّع.

أسئلة المستندات

الأصباغ فهم العلماء منذ زمن طويل خصائص العناصر والمركبات. كما استخدم الفنانون الكيميـاء لتحضير الأصباغ من المواد الطبيعية. يوضح **الجدول 9–2** بعض الأصباغ التي استخدمت قديمًا.

الجدول 9-2 كتل العناصر في المركبات

اسم الصيغة	الصيغة الكيمائية	الملاحظات
الفحم	عنصر الكربون (الكربون الأسود)	نتج عن تقطير الخشب في وعاء مغلق.
الأزرق المصري	سليكات النحاس الكالسيوم $CaCuSi_4O_{10}$	مركب بلوري يحوي شوائب زجاج.
النيلة	$C_{16}H_{10}N_2O_2$	تم تحضيرها من نباتات مختلفة من جنس الشبرق أو القطف.
أكسيد الحديد الأحمر (الهيماتيت) وهو المكون الرئيسي للصدأ	Fe_2O_3	يستخدم بصورة مستمرة في كافة المناطق الجغرافية وطوال الزمن.
الزنجار	$CuCO_3 . Cu(OH)_2$	مركبات أخرى من النحاس تحوي كربونات، تسمى الزنجار.

92. a. قارن نسبة الكربون بالكتلة لكل من الفحم، والنيلة، والزنجار.

b. قارن نسبة الأكسجين بالكتلة لأكسيد الحديد الأحمر مع الأزرق المصري.

93. اذكر مثالًا على عنصر ومثالًا على مركب، مستعينًا **بالجدول 9–2** أعلاه.

94. هل يعد إنتاج الفحم بالتقطير الجاف للخشب تغيرًا فيزيائيًّا أم تغيرًا كيميائيًّا؟ فسر إجابتك.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2 .

التحليل الكتلي لعينتي كلور - فلور				
العينة	كتلة الكلور (g)	كتلة الفلور (g)	% Cl	% F
I	13.022	6.978	65.11	34.89
II	5.753	9.248	?	?

1. ما النسبة المئوية لكل من الكلور والفلور في العينة رقم II.
   - **a.** 0.6220 و 61.65
   - **b.** 61.65 و 38.35
   - **c.** 38.35 و 0.6220
   - **d.** 38.35 و 61.650
2. إلى أي القانونين (النسب الثابتة أم المتضاعفة) تخضع نسبة كتلتي الكلور والفلور في العينتين؟
   - **a.** قانون النسب الثابتة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركب واحد.
   - **b.** قانون النسب المتضاعفة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركب واحد.
   - **c.** قانون النسب الثابتة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركبين مختلفين.
   - **d.** قانون النسب المتضاعفة؛ لأن العينتين مأخوذتان من مركبين مختلفين.
3. أي خواص السكر التالية ليست فيزيائية؟
   - **a.** يوجد على شكل بلورات صلبة في درجات الحرارة العادية
   - **b.** يظهر بلون أبيض.
   - **c.** يتحلل إلى كربون وبخار ماء عند تسخينه.
   - **d.** طعمه حلو.
4. أي العبارات التالية تصف مادة في الحالة الصلبة؟
   - **a.** تنساب جسيماتها بعضها فوق بعض.
   - **b.** يمكن ضغطها إلى حجم أصغر.
   - **c.** تأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه.
   - **d.** جسيماتها متلاصقة بقوة.
5. تتشابه العناصر: Li، Na، K، Cs في الخواص الكيميائية. تقع هذه العناصر في الجدول الدوري ضمن :
   - **a.** صف **b.** دورة **c.** مجموعة **d.** عنصر.
6. يتفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم. ما العبارة غير الصحيحة فيما يتعلق بهذا التفاعل؟
   - **a.** كتلة أكسيد الماغنسيوم الناتج تساوي مجموع كتلتي العنصرين المتفاعلين.
   - **b.** يصف التفاعل تكوين مادة جديدة.
   - **c.** أكسيد الماغنسيوم الناتج هو مركب كيميائي.
   - **d.** خواص أكسيد الماغنسيوم تشبه خواص الماغنسيوم والأكسجين.

أسئلة الإجابات القصيرة

7. قارن بين المتغير المستقل والمتغير التابع في التجربة.

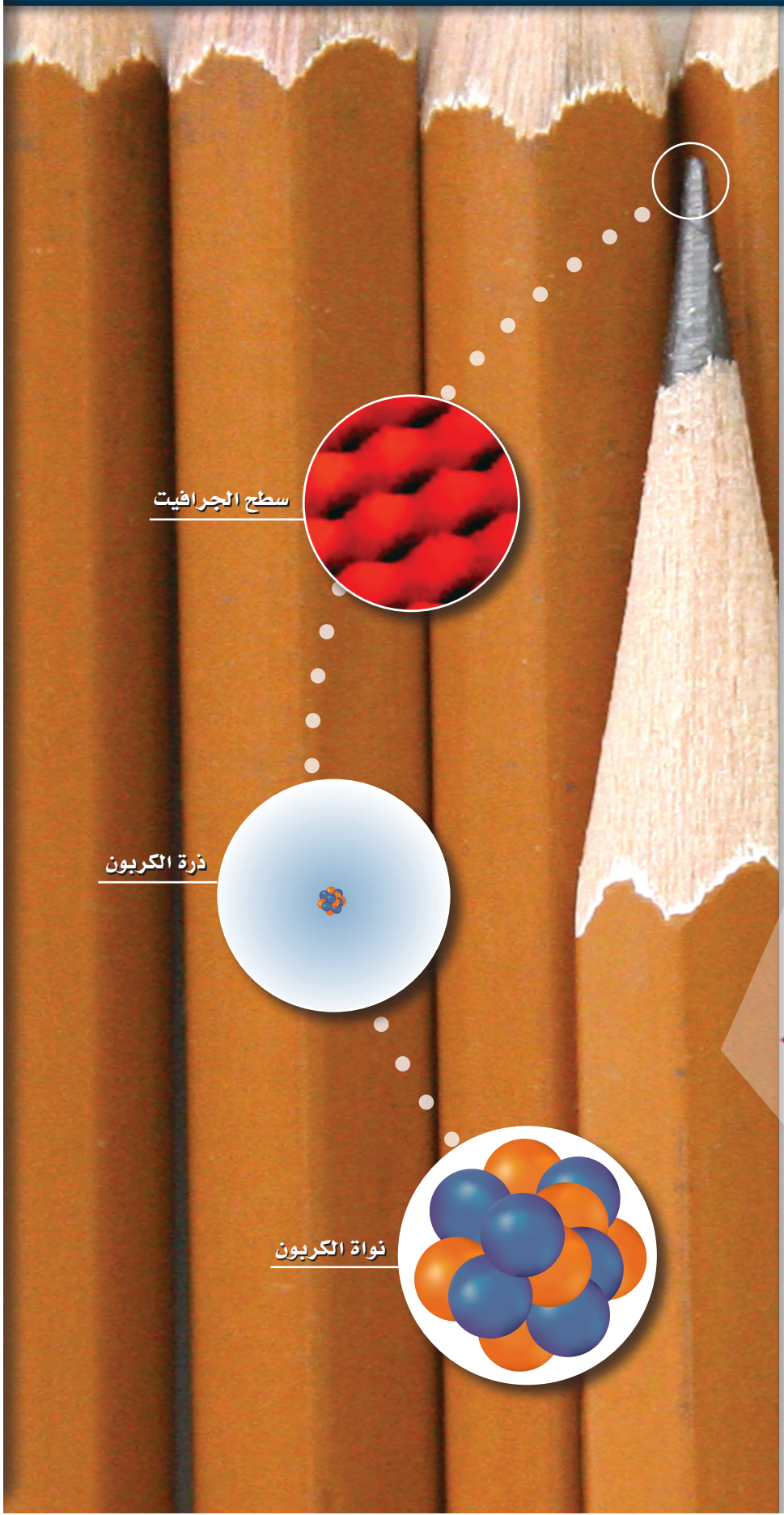
أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 8 إلى 10:

خواص المواد المكونة لمخلوط نشارة الخشب وملح الطعام				
المادة	ذائبة في الماء	ذائبة في الكحول	الكثافة (g/cm^3)	حجم الجسيمات (mm)
نشارة الخشب	لا	لا	0.21	1
ملح الطعام	نعم	لا	2.17	2

8. هل المخلوط (نشارة الخشب وملح الطعام) متجانس أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.
9. هل تصف البيانات خواص فيزيائية أو كيميائية؟ فسر إجابتك.
10. اقترح طريقة لفصل مكونات المخلوط (نشارة الخشب وملح الطعام) بناء على خواص مكوناته المبينة في الجدول.
11. وضح الفروق بين التغير الكيميائي والتغير الفيزيائي. هل يعد احتراق الجازولين تغيرًا فيزيائيًا أم كيميائيًا؟ فسر إجابتك.

الفصل 3 تركيب الذرة
The Structure of Atom



الفكرة العامة الذرات هي الوحدات البنائية الأساسية للمادة.

3–1 الأفكار القديمة للمادة

الفكرة الرئيسة حاول الإغريق القدماء فهم المادة، إلا أن الدراسة العلمية للذرة بدأت مع جون دالتون في أوائل القرن التاسع عشر.

3–2 تعريف الذرة

الفكرة الرئيسة تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات، وإلكترونات تتحرك حول النواة.

3–3 كيف تختلف الذرات؟

الفكرة الرئيسة يحدد عدد البروتونات والعدد الكتلي نوع الذرة.

3–4 الأنوية غير المستقرة والتحلل الإشعاعي

الفكرة الرئيسة الذرات غير المستقرة تصدر إشعاعات للوصول إلى حالة الاستقرار.

حقائق كيميائية

- يتكون الماس والجرافيت من العنصر نفسه، الكربون.
- عندما اكتشف الجرافيت اعتقد خطأً أنه الرصاص، ولذا سمي قلم الجرافيت قلم الرصاص.
- هناك حوالي 5×10^{22} ذرة من الكربون في جزء صغير من جرافيت قلم الرصاص.

تجربة استهلالية

كيف يمكن ملاحظة تأثير الشّحنات الكهربائية؟

تلعبُ الشحنات الكهربائية دورًا مهمًّا في تركيب الذرة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قص قطعًا صغيرة من **الورق**، ثم وزعها على الطاولة.
3. مرر **مشطًا بلاستيكيًّا** خلال شعرك وقربه إلى قطع الورق. وسجِّل ملاحظاتك.
4. املأ بالونين بالهواء، واربط كلًّا منهما بخيط.
5. ادلك كلًّا منهما بقطعة صوفٍ، ثم قرب أحدهما إلى الآخر، ودوِّن ملاحظاتك.

التحليل

1. **فسِّر** ملاحظاتك في ضوء معرفتك بالشحنة الكهربائية. حدد أيّ الشحنات متشابهة، وأيّها مختلفة؟
2. **وضح** كيف عرفت؟
3. **استنتج** لماذا انجذبت القطع غير المشحونة إلى المشط المشحون في الخطوة 3 أعلاه.

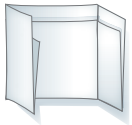
استقصاء كيف يمكنك الربط بين الشحنات المختلفة التي لاحظتها وتركيب المادة؟

المطويات
منظمات الأفكار

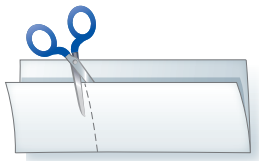
الذرة قم بعمل المطوية التالية لمساعدتك على تنظيم دراستك لتركيب الذرة.

الخطوة 1 اثن ورقة من النصف طوليًّا. واجعل الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية 2 cm.

الخطوة 2 اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



الخطوة 3 افتح الورقة، ثم قصها عند أحد خطوط الثني، بحيث تحصل على جزء صغير وآخر كبير. كما هو مبين في الشكل.



الخطوة 4 سمِّ الأجزاء كما هو مبين في الشكل.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1–3** من هذا الفصل. وعند الانتهاء من قراءته سجل معلوماتك حول الذرة وتركيبها.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–1

الأفكار القديمة للمادة

Early Ideas About Matter

الأهداف

- **تقارن** بين النماذج الذرية لديموقريطوس، وأرسطو، وجون دالتون.
- **تفهم** كيف فسرت نظريةُ دالتون الذرية قانون حفظَ الكتلة؟

مراجعة المفردات

النظرية: تفسير مدعوم بتجارب عديدة، وهي لا تزال عرضةً لبيانات تجريبية جديدة، يمكن تعديلها. وتعد ناجحةً إذا استطعنا استعمالها للقيام بتنبؤات صحيحة.

المفردات الجديدة

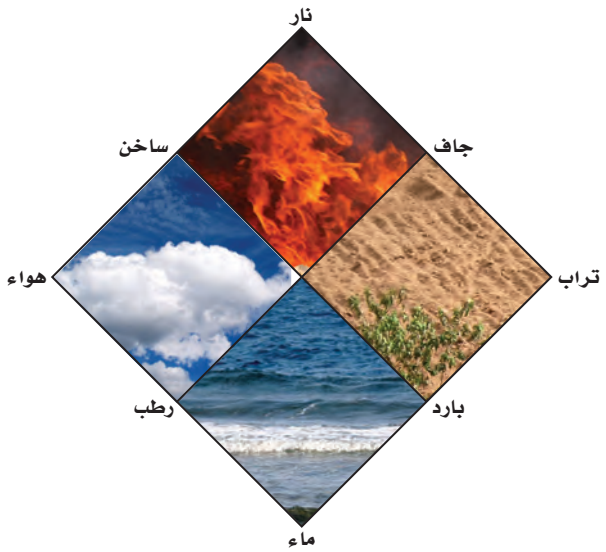
نظرية دالتون الذرية

الفكرة الرئيسة **حاول الإغريق القدماء فهم المادة، إلا أن الدراسة العلمية للذرة بدأت مع جون دالتون في أوائل القرن التاسع عشر.**

الربط مع الحياة قد يتدرب فريق كرة القدم، ويجرب طرائق مختلفة لتطوير أفضل خطة ممكنة للعب، وبعد رؤيتهم نتائج خططهم يقوم المدرب بتعديلات لتحسين أداء الفريق. بطريقة مشابهة جرب العلماء خلال السنين المئتين الأخيرة نماذج للذرة، وقاموا بتعديل نماذجهم بعد جمعهم بيانات جديدة.

الفلاسفة الإغريق Greek Philosophers

لم تكن العلوم قبل آلاف السنين كما نعرفها اليوم. ولم يعرف أحد التجربة الضابطة. وكان هناك أدوات بسيطة للبحث العلمي. وفي ظل تلك الظروف كانت قدرة العقل والتفكير الذهني هي الطرائق الأولية للوصول إلى الحقيقة. لقد جذب الفضول العلمي انتباه الكثير من المفكرين الأكاديميين المعروفين بالفلاسفة، الذين بحثوا في أسرار الحياة المتعددة. وعندما تساءل هؤلاء الفلاسفة عن طبيعة المادة وضع كثير منهم تفسيرات قائمة على خبراتهم الحياتية الخاصة، واستنتج كثير منهم أن المادة مكونة من أشياء كالتراب، والماء، والهواء، والنار، كما هو مبين في **الشكل 1–3**. لقد كان من المتفق عليه أن المادة يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر فأصغر. ورغم أن هذه الأفكار الأولية كانت إبداعية إلا أنه لم يكن هناك وسيلة متوافرة لاختبار صدقها.



الشكل 1–3 كثير من فلاسفة الإغريق اعتقد أن المادة مكونة من أربعة عناصر: التراب، والماء، والهواء، والنار. وقاموا بربط كل عنصر بخواص معينة. وأن مزج الخواص المتعاكسة –مثل ساخن وبارد، رطب وجاف– عكست التماثل الملاحظ في الطبيعة. غير أن هذه الأفكار لم تكن صحيحة ولا علمية.

ديموقريطوس Democritus كان الفيلسوف الإغريقي ديموقريطوس (460–370ق.م) أول من اقترح فكرة أن المادة ليست قابلة للانقسام إلى ما لا نهاية. واعتقد أن المادة مكونة من أجزاء صغيرة تسمى الذرات، واعتقد كذلك أن الذرات لا يمكن استحداثها أو تحطيمها أوتجزئتها. **والجدول 1–3** يبين أفكار ديموقريطوس.

إن كثيرًا من أفكار ديموقريطوس لا تتفق مع النظرية الحديثة للذرة، بل ووجهت بانتقادات من الفلاسفة الآخرين وقتها، حيث تساءلوا: ما الذي يربط الذرات معًا؟ ولم يستطع ديموقريطوس الإجابة عن هذا السؤال.

أرسطو Aristotle وقد جاءت هذه الانتقادات الكثيرة من أرسطو الذي رفض فكرة الذرات؛ لأنها لا تتفق مع أفكاره حول الطبيعة. وكانت أهم انتقاداته تتعلق بفكرة ديموقريطوس أن الذرات تتحرك في الفراغ؛ وذلك لأنه لم يكن يعتقد وجود فراغ. **والجدول 1–3** يبين أفكار أرسطو. ولأن أرسطو كان أحد فلاسفة الإغريق ذوي التأثير الكبير، فقد رُفضت نظرية ديموقريطوس.

ومن الإنصاف أن نشير إلى أنه لم يكن بمقدور ديموقريطوس ـ أو بمقدور أحد آخر في عصره– أن يحدد ما يربط الذرات معًا. وقد مضى أكثر من ألفي سنة قبل أن يعرف العلماء الجواب. وعلى كل حال فإن من المهم إدراك أن أفكار ديموقريطوس كانت مجرد أفكار وليست علمًا. ومن دون القدرة على إجراء تجارب ضابطة لم يكن بإمكان ديموقريطوس اختبار صدق فكرته. ولسوء حظ التقدم العلمي فإن أرسطو استطاع أن يكسب موافقة قطاع واسع من الفلاسفة حول أفكاره عن الطبيعة، تلك الأفكار التي أنكرت وجود الذرات، وبشكل لا يصدق؛ فقد كان تأثير أرسطو عظيمًا. وظل التقدم العلمي بدائيًّا فيما يتعلق بالذرات.

المفردات

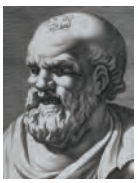
مفردات أكاديمية

Atom (الذرة)

جاءت من الكلمة الإغريقية atomos وتعني لا تتجزأ.

أما في اللغة العربية فالذرة تعني الجزء المتناهي في الصغر.

الجدول 1-3 أفكار الفلاسفة الإغريق حول المادة

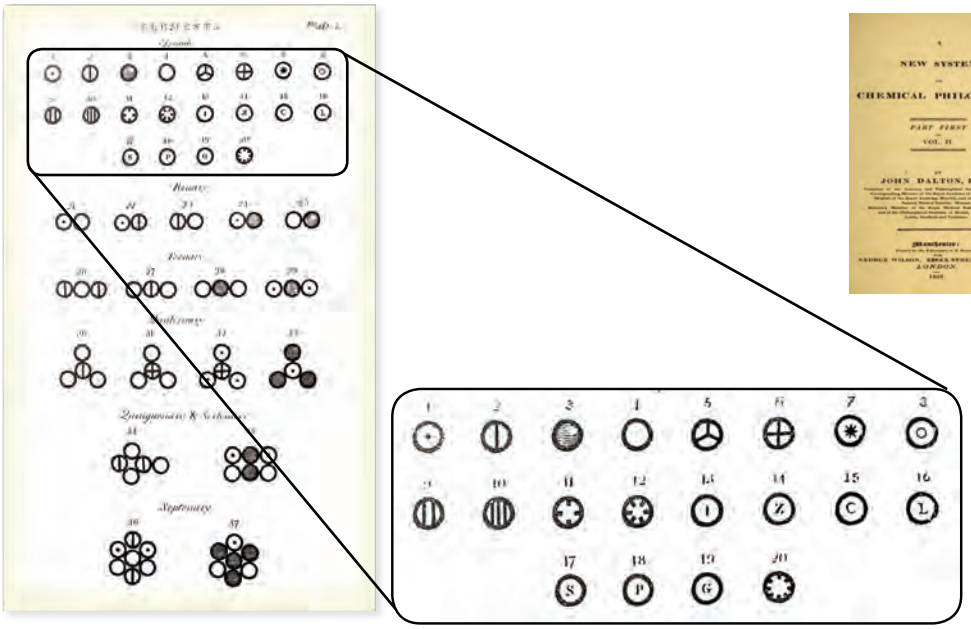
الفيلسوف	الأفكار
ديموقريطوس Democritus (460–370) ق.م 	• تتكون المادة من ذرات تتحرك في الفراغ. • الذرات صلبة، متجانسة، لا تفنى ولا تتجزأ. • الأنواع المختلفة من الذرات لها أحجام وأشكال مختلفة. • حجم الذرات وشكلها وحركتها يحدد خواص المادة.
أرسطو Aristotle (384–322) ق.م	• لا وجود للفراغ. • المادة مكونة من التراب، والنار، والهواء، والماء.

الجدول 2-3	نظرية دالتون الذرية
الفيلسوف	**الأفكار**
جون دالتون John Dalton (1766 – 1844) م 	• تتكون المادة من أجزاء صغيرة جدًّا تسمى الذرات. • الذرات لا تتجزأ ولا تفنى. • تتشابه الذرات المكونة للعنصر في الحجم، والكتلة، والخواص الكيميائية. • تختلف ذرات أي عنصر عن ذرات العناصر الأخرى. • الذرات المختلفة تتحد بنسبة عددية بسيطة لتكوين المركبات. • في التفاعلات الكيميائية: تنفصل الذرات، أو تتحد، أو يُعاد ترتيبها.

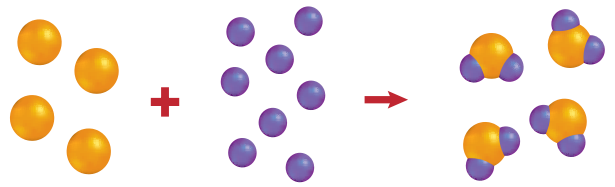
ماذا قرأت؟ استنتج لماذا كان من الصعب على ديموقريطوس أن يدافع عن أفكاره؟

جون دالتون John Dalton أدت التجارب العلمية التي قام بها دالتون في القرن التاسع عشر إلى بداية تطور النظرية الذرية الحديثة. وعمل أيضًا على إعادة إحياء أفكار ديموقريطوس ومراجعتها، معتمدًا على نتائج البحث العلمي الذي قام به. وهناك تشابه من عدة وجوه بين أفكار دالتون وأفكار ديموقريطوس.

وبسبب تطور العلوم قام جون دالتون بالكثير من التجارب التي سمحت له بدعم فرضيته؛ حيث درس الكثير من التفاعلات الكيميائية، وسجّل ملاحظات وقياسات دقيقة، حتى استطاع تحديد النسب الكتلية للعناصر الداخلة في التفاعلات. وقد أدت نتائج أبحاثه إلى ما أطلق عليه **نظرية دالتون الذرية**، التي قام بطرحها عام 1803م. وتجدُ النقاطَ الرئيسة لنظريته



الشكل 2–3 قام دالتون في كتابه المسمى (نظام جديد للفلسفة الكيميائية) بعرض رموز العناصر التي كانت معروفة في وقته، والترابطات المحتملة بينها.



الشكل 3–3 عندما يتحد عنصران أو أكثر لتكوين مركب فإن عدد ذرات كل عنصر تبقى ثابتة، لذا فإن الكتلة تبقى ثابتة أيضًا.

ملخصة في **الجدول 2–3**. وقد قام بنشر أفكاره في كتابه المبين في **الشكل 2–3**.

ماذا قرأت؟ قارن بين أفكار ديموقريطوس وجون دالتون.

قانون حفظ الكتلة يبين قانون حفظ الكتلة أنّ الكتلة ثابتة (محفوظة) في التفاعلات الكيميائية، أي أنها لا تنقص ولا تزيد –إلا بقدرة الله تعالى. وتوضح نظرية دالتون الذرية حفظ الكتلة في التفاعل الكيميائي، على أساس أنّ ما يحدث للذرات هو فقط انفصال أو اتحاد أو إعادة ترتيب لها، فهذه الذرات لا تتحطم ولا يستحدث عنها ذرات أخرى. ويبين **الشكل 3–3** أعلاه حفظ الكتلة عند اتحاد عناصر معينة لتكوين مركب ما؛ إذ بقي عدد ذرات كل عنصر قبل التفاعل وبعده هو نفسه. لقد أدى تقديم دالتون أدلته التجريبية المقنعة، وتفسيره الواضح لبنية المركبات ولحفظ الكتلة إلى قبول عام لنظريته الذرية.

تعد نظرية دالتون الذرية خطوة كبيرة نحو النموذج الذري الحالي للمادة، لكنها لم تكن دقيقة، وهذا ما يحدث غالبًا في العلوم. لقد كان من الضروري إعادة النظر في نظرية دالتون للذرة بعد التوصل إلى معلومات جديدة لم يكن بإمكان النظرية تفسيرها. وسوف تتعلم في هذا الفصل أن دالتون كان مخطئًا في أن الذرات لا يمكن تجزئتها؛ إذ يمكن تجزئة الذرات إلى جسيمات ذرية. كما أن دالتون كان مخطئًا حين قال إن جميع الذرات المكونة للعنصر لها خواص متماثلة، فذرات العنصر الواحد يمكن أن تختلف قليلًا في كتلتها.

التقويم 3-1

الخلاصة

- كان ديموقريطوس أول من اقترح وجود الذرات.
- اعتقد ديموقريطوس أن الذرات صلبة، ومتجانسة، ولا يمكن تجزئتها.
- أنكر أرسطو وجود الذرات.
- اعتمدت نظرية جون دالتون الذرية على عدد كبير من التجارب العلمية.

1. **الفكرة الرئيسة** **قارن** بين الطرائق المستعملة من قبل الفلاسفة الإغريق وجون دالتون لدراسة الذرة.
2. **عرّف** الذرة بأسلوبك الخاص.
3. **لخص** نظرية دالتون الذرية.
4. **فسر** العلاقة بين نظرية دالتون للذرة وقانون حفظ الكتلة.
5. **طبّق** إذا اتحدت ست ذرات من العنصر (A) مع 15 ذرة من العنصر (B) لإنتاج ستة جزيئات من المركب، فما عدد ذرات كل من العنصرين A و B الموجودة في جزيء واحد من المركب؟ هل استعملت جميع الذرات في تكوين المركب؟
6. **صمم** خريطة مفاهيمية تقارن فيها بين الأفكار الذرية المطروحة من قبل ديموقريطوس وجون دالتون.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3–2

تعريف الذرة Defining the Atom

الأهداف

- **تعرِّف** الذرة.
- **تميِّز** بين الجسيمات المكونة للذرة من حيث الشحنة والكتلة.
- **تصف** تركيب الذرة متضمنًا مواقع الجسيمات المكونة للذرة.

مراجعة المفردات

النموذج: تفسير بصري أو شفوي أو رياضي للبيانات التي جُمعت من تجارب عديدة.

المفردات الجديدة

الذرة

أشعة المهبط

الإلكترون

النواة

البروتون

النيوترون

الفكرة الرئيسة **تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات، وإلكترونات تتحرك حول النواة.**

الربط مع الحياة إذا قضمت حبة خوخ فستدرك أن أسنانك تقطع لب الثمرة بسهولة، لكنها لا تستطيع المرور في النواة الصلبة. وبشكل مشابه نجد أن بعض الجسيمات يمكنها أن تمر عبر الأجزاء الخارجية للذرة، ولكنها تنحرف عن مركزها (النواة).

الذرة The Atom

الكثير من التجارب منذ أيام دالتون أثبتت وجود الذرات. لكن ما الذرة؟ للإجابة عن هذا السؤال، تخيل أنك قررت أن تَبْرُدَ قطعةً من النحاس لتتحوّل إلى كومة من خراطة النحاس. إن كل قطعة من خراطة النحاس ستبقى محتفظة بجميع خواص النحاس. وإذا أمكن – في وجود أدوات خاصة– أن تستمر في تجزئة فتات النحاس إلى جسيمات أصغر فإنك ستحصل في النهاية على جسيمات لا يمكن تجزئتها أكثر بالطرائق العادية، وستظل هذه الجسيمات الصغيرة محتفظة بخواص النحاس. ويسمى أصغر جزء يحتفظ بخواص العنصر **الذرة**.

يقدر عدد الذرات في قطعة صلبة من العملة النحاسية بحوالي 2.9×10^{22} ذرة، وهو ما يقدر بخمسة تريليون مرة أكبر من عدد سكان العالم في عام 2006م ويبلغ قطر ذرة النحاس الواحدة 1.28×10^{-10} m، فإذا وضعنا 6.5×10^{9} ذرة من النحاس جنبًا إلى جنب فسوف يتكون خطٌّ من ذرات النحاس طوله أقل من متر واحد. ويوضح **الشكل 3–4** طريقة أخرى لتصور حجم الذرة. ويمكنك تصور صغر الذرة عندما تتخيل أنك كبّرت الذرَّة بحيث تصبح في مثل حجم البرتقالة، فإذا صنعت ذلك فكأنك جعلت البرتقالة في مثل حجم الكرة الأرضية؛ مع المحافظة على نسبة التكبير نفسها.

الشكل 3–4 تخيل أنك تستطيع زيادة حجم الذرة ليكون مثل حجم البرتقالة. بنفس مقدار هذا التكبير تكون كأنك كبرت حجم البرتقالة إلى حجم الكرة الأرضية.

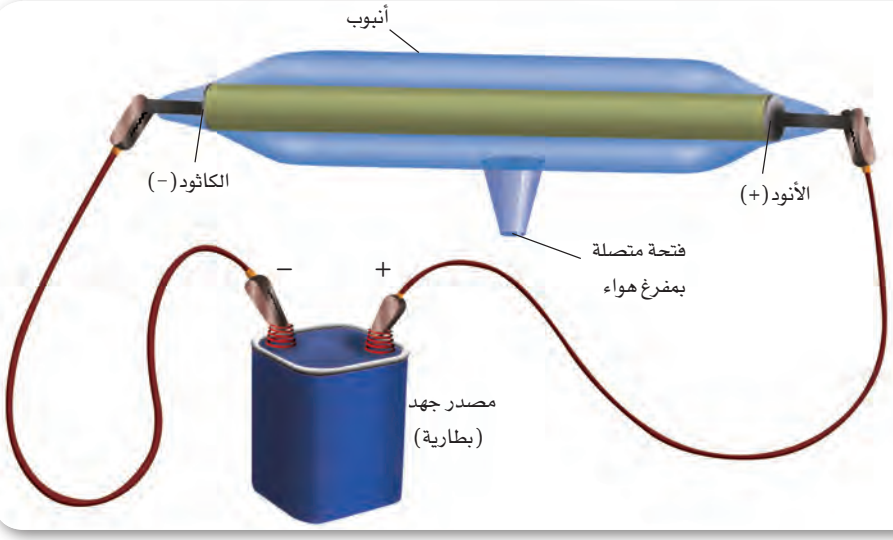
الشكل 5–3 هذه الصورة أخذت بجهاز STM، وهي تبين ذرات منفردة في حمض دهني على سطح من الجرافيت. وقد تم إضافة بعض الألوان للصورة لتوضيح صورة الذرات.

الربط مع علم الأحياء **انظر إلى الذرات** قد تظن أنه لا توجد طريقة لرؤية الذرات؛ لأنها صغيرة جدًّا. إلا أن هناك جهازًا خاصًّا يسمى المجهر الأنبوبي الماسح Scanning Tunnelling Microscope (STM) يسمح لنا برؤيتها. فكما تحتاج إلى المجهر لدراسة الخلايا في الأحياء فإن جهاز STM يسمح لك بدراسة الذرات. **والشكل 5–3** يوضح كيف تبدو الذرات عند رؤيتها بجهاز STM. والعلماء حاليًّا قادرون على جعل ذرات منفردة تتحرك لتكون أشكالاً وأنماطًا، وآلات بسيطة أيضًا، وهو ما يعرف بتقنية النانو، والتي تَعِدُ بصناعة على المستوى الجزيئي، وبناء آلات بحجم صغير جدًّا (حجم الجزيء). وسوف تعرف لاحقًا أن الجزيئات مجموعة من الذرات مرتبطة معًا، وتعمل كوحدة واحدة.

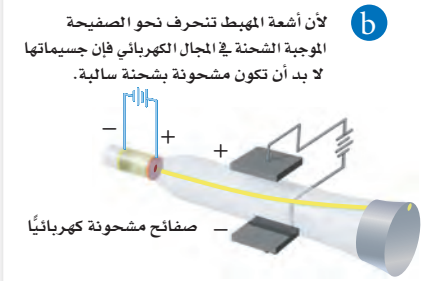
الإلكترون The Electron

كيف تبدو الذرة؟ هل تركيب الذرة متماثل، أم أنها مكونة من جسيمات أصغر؟ رغم أن كثيرًا من العلماء درسوا الذرات في القرن التاسع عشر إلا أن بعض هذه الأسئلة لم يُجَب عنها حتى عام 1900م.

أنبوب أشعة المهبط (الكاثود) عندما حاول العلماء تعرّف مكونات الذرة بدؤوا يربطون بين كتلة المادة والشحنات الكهربائية. ولاستشكاف هذه العلاقة تساءَل بعضهم: كيف تسلك الكهرباء في غياب المادة؟ فقاموا – بمساعدة مفرِّغات الهواء– بتمرير الكهرباء في أنبوب زجاجي فُرِّغ من الهواء. تسمى مثل هذه الأنابيب أنابيب أشعة المهبط. ويبين **الشكل 6–3** أنبوب أشعة المهبط الذي استعمله باحثون لدراسة العلاقة بين الكتلة والشحنة. لاحظ أن هناك أقطابًا معدنيةً موجودةً على طرفي الأنبوب. ويسمى القطب الموصول بالطرف السالب للبطارية المهبط (الكاثود)، في حين يسمى القطب الموصول بالطرف الموجب المصعد (الأنود).



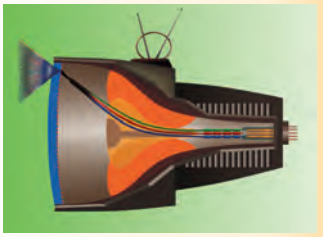
الشكل 6–3 أنبوب أشعة المهبط له قطبان، هما المهبط والمصعد. عندما تمرر تيارًا كهربائيًّا تحت تأثير قوة كهربائية – فرق جهد – مناسبة، تنتقل الكهرباء من المهبط إلى المصعد.



الشكل 7–3 عند القيام بعمل ثقب صغير في مركز المصعد ينتج شعاع رفيع من الإلكترونات يمكن الكشف عنه بطلاء الطرف الآخر للأنبوب بالفوسفور الذي يتوهج عندما تصطدم الإلكترونات به.

الكيمياء في واقع الحياة

أشعة المهبط



التلفزيون تم اختراع التلفاز عام 1920م. تتكون الصور التلفازية عمومًا عندما تصطدم أشعة المهبط بمواد كيميائية ـ تغلف الشاشة من الخلف ـ منتجة الضوء.

عندما كان العالم الفيزيائي السير وليام كروكس يعمل في مختبر معتم لاحظ ومضات ضوئية في أحد أنابيب أشعة المهبط، وكانت عبارة عن بريق أخضر نتج عندما اصطدمت بعض الأشعة بكبريتات الخارصين التي تغلف إحدى نهايتي الأنبوب. وبمزيد من البحث تبين أن هناك أشعة تمر في الأنبوب. وقد سمي هذا الشعاع الذي خرج من المهبط إلى المصعد **أشعة المهبط**، وقد أدى اكتشافها إلى اختراع التلفاز.

تابع العلماء أبحاثهم مستعملين أنابيب أشعة المهبط. ومع نهاية القرن التاسع عشر أصبحوا مقتنعين بما يلي:

- أشعة المهبط عبارة عن سيل من الجسيمات المشحونة.
- تحمل الجسيمات شحنات سالبة (القيمة الحقيقية للشحنة السالبة لم تكن معروفة).

ولأن تغير المعدن المكون للأقطاب أو تغير الغاز في الأنبوب لا يؤثر في أشعة المهبط الناتجة، فقد استنتج العلماء أن الجسيمات السالبة الشحنة لأشعة المهبط موجودة في جميع أشكال المادة، وقد عرفت **بالإلكترونات** ويرمز لها بالرمز e^-. ويبين **الشكل 7-3** بعض التجارب التي استعملت لتحديد خواص أشعة المهبط.

ماذا قرأت؟ **اشرح** كيف تم اكتشاف أشعة المهبط؟

كتلة الإلكترون وشحنته رغم النجاح الذي تحقَّق من تجارب أشعة المهبط، إلا أن أحدًا لم يستطع تحديد كتلة جسيم واحد من جسيمات أشعة المهبط. لذا فقد بدأ العالم طومسون (1856–1940م) سلسلة من التجارب على أشعة المهبط في جامعة كمبردج في أواخر القرن التاسع عشر؛ لتحديد نسبة شحنتها إلى كتلتها.

نسبة الشحنة إلى الكتلة استطاع طومسون Thomson تحديد نسبة شحنة جسيمات أشعة المهبط إلى كتلتها، عندما قاس تأثير كل من المجال المغناطيسي والكهربائي في هذه الأشعة، ثم قارن هذه النسبة بنسب أخرى معروفة.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

استنتج طومسون أن كتلة الجسيم المشحون أقل كثيرًا من كتلة ذرة الهيدروجين، وهي أصغر ذرة معروفة. وهذا الاستنتاج كان مفاجئًا؛ لأنه يعني أن هذه الجسيمات أصغر من الذرة، لذا فإن جون دالتون كان مخطئًا؛ إذ يمكن تجزئة الذرات إلى جسيمات أصغر. ورغم أن نظرية دالتون الذرية كانت مقبولة بشكل واسع إلا أن استنتاجات طومسون كانت حاسمة، وإنْ وجد كثير من العلماء صعوبة في قبولها. لكن طومسون كان على صواب؛ فقد استطاع اكتشاف أول جسيم من الجسيمات المكونة للذرة وهو الإلكترون. وقد حصل طومسون على جائزة نوبل عام 1906م عن هذا الاكتشاف.

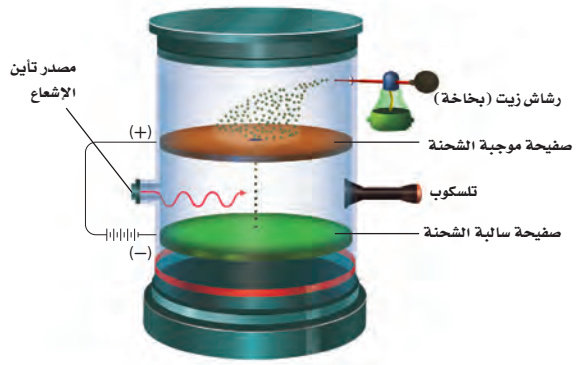
ماذا قرأت؟ لخص كيف اكتشف طومسون الإلكترون؟

تجربة قطرة الزيت وشحنة الإلكترون إن التطور المهم التالي جاء عام 1910م، عندما قام العالم الفيزيائي روبرت ملّيكان Robert Milliken بتحديد شحنة الإلكترون مستعملًا جهاز قطرة الزيت المبين في **الشكل 8–3**. في هذا الجهاز تم رش الزيت باستعمال بخاخ فوق صفيحتين متوازيتين ومشحونتين، تحتوي الصفيحة العليا على ثقب صغير يستطيع الزيت المرور من خلاله. وتصطدم أشعة X بالإلكترونات الموجودة في الجسيمات بين الصفيحتين. وعندها تلتصق الإلكترونات بقطرات الزيت، وتشحنها بشحنة سالبة. وبتغيير شدة المجال الكهربائي استطاع مليكان ضبط سرعة سقوط قطرات الزيت، وحدد أن قيمة الشحنة الموجودة على كل قطرة ازدادت بكميات محددة، ووجد أن أبسط مقام مشترك يعادل 1.602×10^{-19} كولوم، وعرف هذا الرقم بشحنة الإلكترون، حيث يعادل شحنة إلكترون واحد.

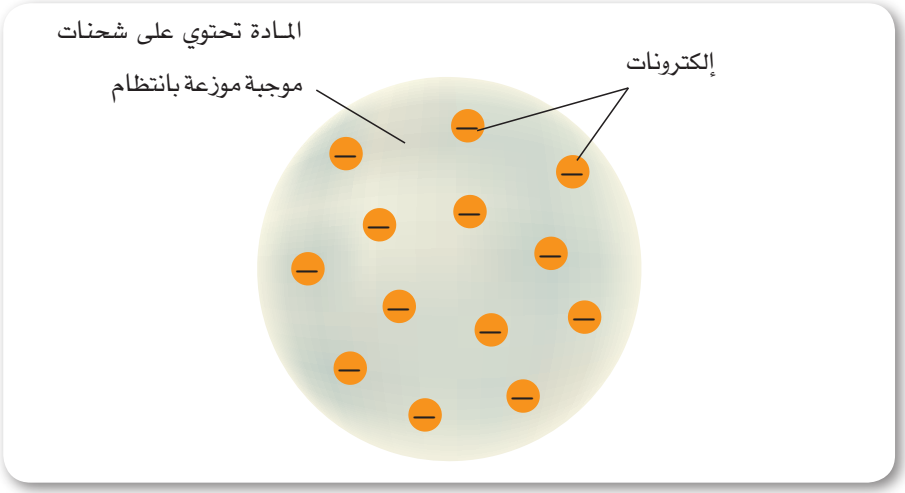
وهكذا فإن الإلكترون الواحد يحمل شحنة مقدارها (1−). لقد كانت تجربة مليكان محكمة جدًّا، لدرجة أن الشحنة التي قاسها منذ مائة عام لا تختلف أكثر من 1% تقريبًا عن القيمة المقبولة حاليًّا.

كتلة الإلكترون من خلال معرفة مليكان بشحنة الإلكترون واستعماله نسبة الشحنة إلى الكتلة المعروفة مسبقًا، تمكّن من حساب كتلة الإلكترون:

كتلة الإلكترون $= 9.1 \times 10^{-28}$ g $=$ $\frac{1}{1840}$ من كتلة ذرة الهيدروجين.



الشكل 8–3 تعتمد حركة قطرات الزيت داخل جهاز مليكان على شحنة القطرات، وعلى المجال الكهربائي. استعمل مليكان التلسكوب لمراقبة القطرات، واستطاع التحكم في سرعة سقوطها من خلال تغيير شدة المجال الكهربائي. ومن خلال ملاحظاته تمكن من حساب مقدار الشحنة على كل قطرة.



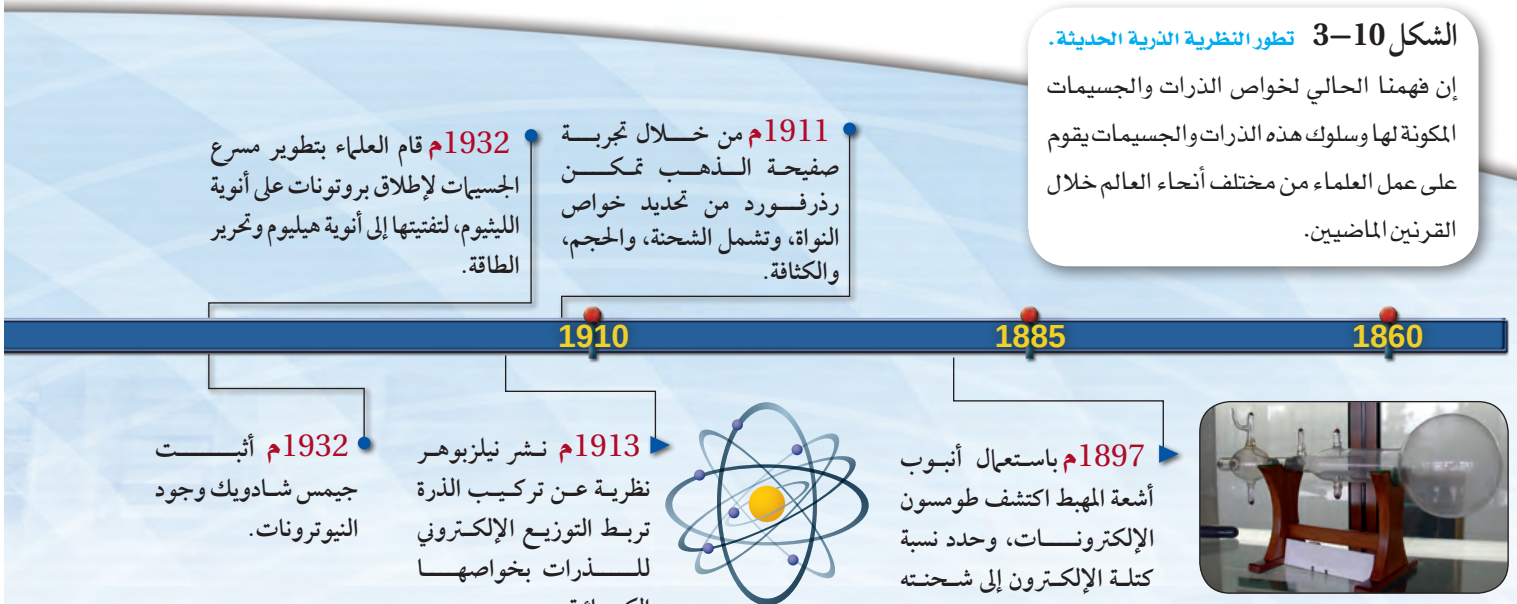
الشكل 9–3 نموذج طومسون يبين أن الذرة متماثلة، كرة موجبة الشحنة تحتوي على إلكترونات.

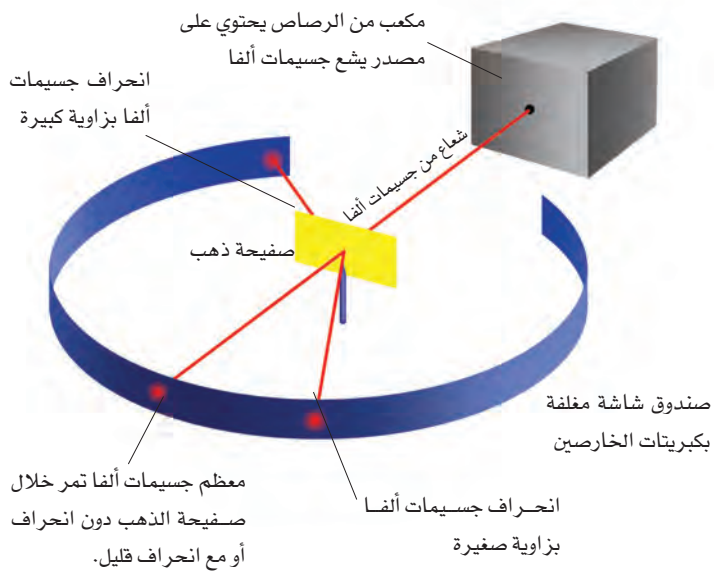
نموذج طومسون لقد أثار وجود الإلكترون ومعرفة بعض خواصه بعض الأسئلة المثيرة للاهتمام حول طبيعة الذرات. فمن المعروف أن المادة متعادلة، وليس لها شحنة كهربائية. وأنت لا تصعق عند لمسك الأشياء. فإذا وجدت الإلكترونات في جميع المواد وشحنتها سالبة، فكيف تكون المادة متعادلة؟ وكتلة الإلكترون صغيرة جدًّا. فما المسؤول عن كتلة الذرة؟

في محاولة للإجابة عن هذه الأسئلة اقترح طومسون نموذجًا للذرة كما ترى في **الشكل 9–3** يتكون هذا النموذج من ذرات كروية الشكل مكونة من شحنات موجبة موزعة بانتظام، مغروس فيها إلكترونات منفردة سالبة الشحنة. لكن هذا النموذج لم يستمر طويلاً. ويلخص **الشكل 10–3** التدرج التاريخي لدراسة تركيب الذرة.

ماذا قرأت؟ وضح نموذج طومسون الذري.

الشكل 10–3 **تطور النظرية الذرية الحديثة.** إن فهمنا الحالي لخواص الذرات والجسيمات المكونة لها وسلوك هذه الذرات والجسيمات يقوم على عمل العلماء من مختلف أنحاء العالم خلال القرنين الماضيين.



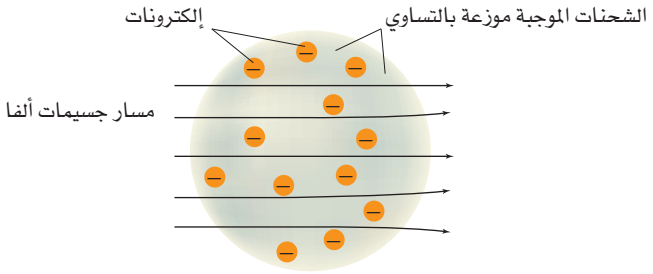


الشكل 11–3 خلال تجربة رذرفورد اصطدم شعاع من جسيمات ألفا بصفيحة رقيقة من الذهب. معظم جسيمات ألفا مرت خلال الصفيحة، بينما انحرف بعضها بزاوية، وارتد عدد قليل جدًا من الجسيمات إلى الخلف.

النواة The Nucleus

تجربة رذرفورد في عام 1911م أجرى رذرفورد Rutherford تجربة كما في **الشكل 11–3**، حيث وجه شعاعًا رفيعًا من جسيمات ألفا الموجبة في اتجاه صفيحة رقيقة من الذهب، ووضع شاشة مغلفة بكبريتيد الخارصين حول صفيحة الذهب، حيث تقوم الشاشة بإظهار الضوء عند اصطدام جسيمات ألفا بها. وبملاحظة أماكن حدوث اللمعان استطاع العلماء أن يقرروا ما إذا كانت ذرات صفيحة الذهب قد حرفت جسيمات ألفا عن مسارها.

وقد لاحظ رذرفورد وزملاؤه من خلال التجربة أن نسبة قليلة من جسيمات ألفا انحرفت بزاوية كبيرة، بينما ارتدّ عدد قليل جدًّا من الجسيمات إلى الخلف في اتجاه مصدر الأشعة.



الشكل 12–3 بالاعتماد على نموذج طومسون توقع رذرفورد أن جسيمات ألفا الضوئية ستمر من خلال صفيحة الذهب. وأن جزءًا قليلاً فقط سينحرف قليلاً.

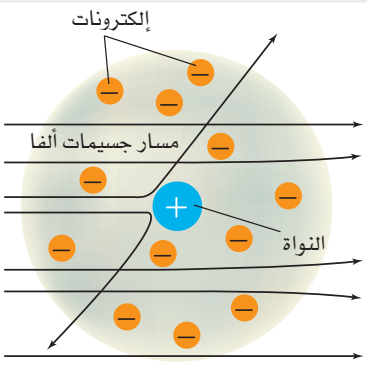
من خلال معرفة رذرفورد بنموذج طومسون للذرة توقع أن مسار جسيمات ألفا السريعة ذات الكتلة الكبيرة سوف تنحرف قليلاً نتيجة اصطدامها بالإلكترونات. لأن الشحنة الموجبة موزعة بانتظام في ذرات الذهب فقد اعتقد أنها لا تحرف مسار أشعة ألفا أيضًا. ويبين **الشكل 12–3** نتائج تجربة رذرفورد.

نموذج رذرفورد للذرة استنتج رذرفورد أن نموذج طومسون لم يكن صحيحًا؛ لأنه لم يستطع أن يفسر نتائج تجربة رقاقة الذهب. واعتمادًا على خواص جسيمات ألفا والإلكترونات، وعلى تكرار الارتدادات استنتج أن الذرة تتكون غالبًا من فراغ تتحرك فيه الإلكترونات. كما استنتج أن معظم الشحنة الموجبة للذرة ومعظم كتلتها تتركز في مكان صغير وكثيف في مركز الذرة، سماه **النواة**. وترتبط الإلكترونات السالبة الشحنة بالذرة من خلال التجاذب مع النواة الموجبة الشحنة، ويبين **الشكل 13–3** نموذج رذرفورد الذري.

ولأن نواة الذرة تحتل حيزًا صغيرًا في الذرة وتحتوي على معظم كتلة الذرة فإن النواة كثيفة جدًّا. إن حجم الفراغ الذي تتحرك فيه الإلكترونات كبير جدًّا مقارنة بحجم النواة. وإن قطر الذرة يعادل تقريبًا عشرة آلاف مرة قطر النواة.

ماذا قرأت؟ صف نموذج الذرة الذي وضعه رذرفورد.

تعمل قوة التنافر الناتجة بين جسيمات ألفا الموجبة والنواة الموجبة على انحراف جسيمات ألفا. ويبين **الشكل 13–3** نتائج تجربة رقاقة الذهب في نموذج رذرفورد الذري. ويوضح هذا النموذج أيضًا أن الذرة متعادلة كهربائيًّا؛ فالشحنة الموجبة للنواة تعادل الشحنة السالبة للإلكترونات، لكن هذا النموذج لم يستطع تفسير كتلة الذرة.



الشكل 13–3 في نموذج رذرفورد للذرة تتكون الذرة من نواة كثيفة موجبة الشحنة، محاطة بالإلكترونات السالبة الشحنة. تنحرف جسيمات ألفا التي تمر بعيدًا عن النواة قليلاً. أما جسيمات ألفا التي تمر مباشرةً بالقرب من النواة فتنحرف بزوايا كبيرة.

استنتج. ما القوة المسببة لانحراف جسيمات ألفا؟

البروتـون والنيوتـرون في عـام 1920م قـام رذرفـورد بـشرح مفهـوم النـواة، واسـتنتج أن النواة تحتوي على جسـيمات تسـمى البروتونات. **البروتـون** ويرمز له بالرمز (P) جسـيم ذري يحمل شـحنة تسـاوي شـحنة الإلكترون، لكنها موجبة. شحنة البروتون (+1).

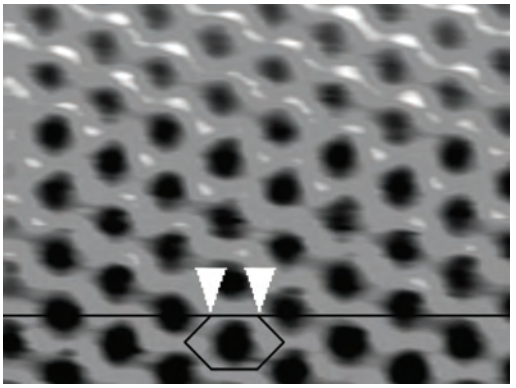
وفي عام 1932م بيَّن العالم جيمس شـادويك James Chadwick أن النواة تحتوي أيضًا على جسـيمات متعادلة سـميت النيوترونات. **والنيوترون** جسـيم ذري كتلته قريبة من كتلة البروتون، ولكنه لا يحمل شحنة كهربائية ويرمز له بالرمز (n). وفي عام 1935م حصل شادويك على جائزة نوبل في الفيزياء؛ لإثباته وجود النيوترون.

تجربة عملية
تجربة رذرفورد
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

مختبر تحليل البيانات

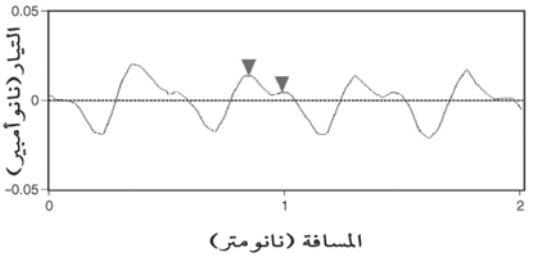
تفسير الأشكال التوضيحية العلمية

مـا المسـافات الظاهرة بـين ذرات الكربون في مادة ذات شـكل بلوري ثابت؟



لرؤيـة الـذرات منفردة اسـتعمل العلماء المجهر الأنبوبي الماسـح (STM) لفحـص مادة بلورية تسـمى مبلمـرة الجرافيت العالية الترتيـب، ورمز إليها بـ (HOPG) . يسـتعمل جهاز STM لعمل صورة سطحية على المستوى الذري.

الملاحظات والبيانات



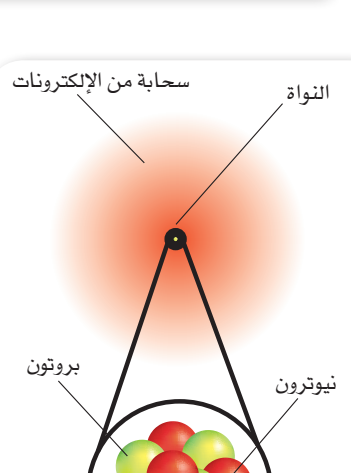
تبين الصورة جميع ذرات الكربون في سطح مادة الجرافيت، وتتكـون كل حلقة سداسـية في الصورة مـن ثلاث بقع لامعة مفصولـة بثلاث بقـع معتمة، وهـذه البقع اللامعة ناشـئة عن تتابـع ذرات الكربـون فـي سـطح الجرافيت. ويـدل المقطع العرضـي الموجود أسـفل الصورة على الخط المرسـوم في الصورة، وهو يعبر عن المسـافات بيـن الذرات بحيث تكون الأبعاد بين الذرات لها مسـافة واحدة متكررة دورياً.

التفكير الناقد

1. ماذا تمثل البقع السوداء الموجودة في الشكل؟
2. ما عدد ذرات الكربون التي يمر بها الخط المرسوم في الشكل؟

الجدول 3-3 خواص الجسيمات المكونة للذرة

الجسيمات المكونة للذرة	الرمز	الموقع	الشحنة الكهربائية النسبية	الكتلة النسبية	الكتلة الحقيقية (g)
الإلكترون	e^-	في الفراغ المحيط بالنواة	-1	$\frac{1}{1840}$	9.11×10^{-28}
البروتون	p	في النواة	$+1$	1	1.673×10^{-24}
النيوترون	n	في النواة	صفر	1	1.675×10^{-24}



الشكل 3–14 تتكون الذرات من نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات محاطة بسحابة من الإلكترونات.

إكمال نموذج الذرة جميع الذرات مكونة من ثلاثة جسيمات ذرية أساسية، هي: الإلكترون، والبروتون، والنيوترون. والذرة كروية الشكل، تحتوي على نواة صغيرة وكثيفة، مكونة من شحنات موجبة محاطة بإلكترون (أو أكثر) سالب الشحنة. ومعظم حجم الذرة فراغ يحتوي على إلكترونات سريعة الحركة، وهي تتحرك في الفراغ المحيط بالنواة. ترتبط الإلكترونات مع الذرة من خلال التجاذب مع الشحنات الموجبة في النواة. وتتكون النواة من نيوترونات متعادلة الشحنة (إلا نواة ذرة الهيدروجين التي تحتوي على بروتون واحد فقط، ولا تحتوي على نيوترونات)، وبروتونات موجبة الشحنة. وتشكل النواة أكثر من 99.97% من كتلة الذرة. وتشغل حوالي 0.0001 من حجم الذرة. ولأن الذرة متعادلة كهربائيًّا فإن عدد البروتونات في النواة يعادل عدد الإلكترونات المحيطة بها. ويبين **الشكل 3–14** مكونات الذرة، وخواص جسيماتها الأساسية الملخصة في **الجدول 3–3**.

ولا تزال مكونات الذرة موضع اهتمام الكثير من علماء العصر الحديث. وفي الواقع حدد العلماء أن للبروتونات والنيوترونات تركيبها الخاص بها، وأنها مكونة من جسيمات تسمى كواركات. ويفسَّر السلوك الكيميائي من خلال إلكترونات الذرة كما ستدرس لاحقًا.

التقويم 3-2

الخلاصة

- الذرة هي أصغر جزء في العنصر له خواص العنصر.
- شحنة الإلكترون (1−)، والبروتون (1+)، أما النيوترون فليس له شحنة.
- معظم حجم الذرة فراغ يحيط بالنواة.

7. الفكرة الرئيسة **صف** تركيب الذرة، وحدد موقع كل جسيم فيها.

8. **قارن** بين نموذج طومسون ونموذج رذرفورد.

9. **قوّم** التجارب التي أدت إلى استنتاج أن الإلكترونات السالبة الشحنة موجودة في جميع المواد.

10. **قارن** الشحنة والكتلة النسبية لكل من الجسيمات المكونة للذرة.

11. **احسب** الفرق بالـ (kg) بين كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–3

الأهداف

- **تفسر** دور العدد الذري في تحديد هوية الذرة.
- **تعرف** النظائر.
- **تفسر** سبب أن الكتل الذرية ليست أعدادًا صحيحة.
- **تحسب** عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة مستعملًا العدد الكتلي والعدد الذري.

مراجعة المفردات

الجدول الدوري: نموذج تترتب فيها جميع العناصر المعروفة تصاعديًّا بحسب أعدادها الذرية في شبكة ذات صفوف أفقية تسمى دورات، وأعمدة تسمى مجموعات.

المفردات الجديدة

العدد الذري

النظائر

العدد الكتلي

وحدة الكتل الذرية

الكتلة الذرية

كيف تختلف الذرات؟

How Atoms Differ?

الفكرة الرئيسة **يحدِّد عدد البروتونات والعدد الكتلي نوعَ الذرة.**

الربط مع الحياة تعلم أن الأرقام تستعمل يوميًّا لتعرّف الأشخاص والأشياء. فعلى سبيل المثال، لكل مواطن يتم إصدار رقم وطني في الأحوال المدنية يُعرف به يسمى رقم السجل المدني. وبالمثل فإن العدد الذري يستعمل ليحدد هوية الذرات وأنويتها.

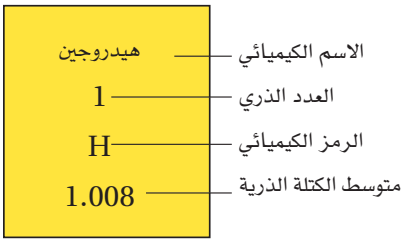
العدد الذري Atomic Number

كما ترى في الجدول الدوري للعناصر، هناك أكثر من مائة وثمانية عشر عنصراً مختلفاً. ما الذي يجعل ذرة عنصر ما تختلف عن ذرة عنصر آخر؟ اكتشف العالم هنري موزلي Henry Moseley أن ذرات كل عنصر تحتوي على شحنات موجبة في أنويتها. وهكذا فإن عدد البروتونات في الذرة يحدد نوعها بوصفها ذرة عنصر معين. ويشار إلى عدد البروتونات في الذرة **بالعدد الذري**. ويكتب أعلى رمز العنصر $(X)^{\text{العدد الذري}}$ وتحصل من خلال الجدول الدوري على معلومات عن العناصر، ومنها الهيدروجين المبين في **الشكل 15–3**. فالرقم (1) الموجود فوق رمز الهيدروجين H في الجدول الدوري يشير إلى عدد البروتونات أو العدد الذري. وبالانتقال عبر الجدول الدوري في اتجاه اليمين تصل إلى عنصر الهيليوم He الذي تحتوي نواته على بروتونين، أي أن العدد الذري له (2). ويبدأ الصف التالي في الجدول الدوري بعنصر الليثيوم Li الذي عدده الذري (3)، يتبعه عنصر البريليوم Be وعدده الذري (4). وهكذا فإن الجدول الدوري مرتب من اليسار إلى اليمين، ومن أعلى إلى أسفل، تصاعديًّا بحسب الأعداد الذرية للعناصر. ولأن جميع الذرات متعادلة فإن عددي البروتونات والإلكترونات في الذرة الواحدة يجب أن يكونا متساويين. لذا فإن معرفتك بالعدد الذري للعنصر تمكّنك من معرفة عدد البروتونات وعدد الإلكترونات في الذرة. فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الليثيوم على ثلاثة بروتونات وثلاثة إلكترونات؛ لأن عددها الذري (3).

العدد الذري

العدد الذري = عدد البروتونات = عدد الإلكترونات

العدد الذري للعنصر يساوي عدد البروتونات، وهو يساوي أيضًا عدد الإلكترونات في الذرة.



الشكل 15–3 يمثّل كل عنصر في الجدول الدوري باسمه الكيميائي، والعدد الذري، والرمز الكيميائي، ومتوسط الكتلة الذرية.

حدد عدد البروتونات وعدد الإلكترونات في ذرة ذهب.

مثال 1–3

العدد الذري أكمل الجدول التالي:

	العنصر	العدد الذري	عدد البروتونات	عدد الإلكترونات
a	Pb	82		
b			8	
c				30

1 تحليل المسألة

طبّق العلاقة بين العدد الذري، وعدد البروتونات، وعدد الإلكترونات؛ لإكمال الفراغات في الجدول أعلاه، ثم استعمل الجدول الدوري لتحديد العنصر.

المعطيات

a. عدد الإلكترونات (e^-) = العدد الذري للرصاص = 82

b. عدد البروتونات (P) = 8

c. عدد الإلكترونات (e^-) = 30

المطلوب

a. عدد البروتونات (P)، عدد الإلكترونات (e^-) = ؟

b. العنصر، العدد الذري، عدد الإلكترونات (e^-) = ؟

c. العنصر، العدد الذري، عدد البروتونات (P) = ؟

2 حساب المطلوب

a. عدد البروتونات = العدد الذري

طبق علاقة العدد الذري

عدد البروتونات = 82

عوض العدد الذري يساوي 82

عدد الإلكترونات = عدد البروتونات

عدد الإلكترونات = 82

عدد البروتونات = عدد الإلكترونات = 82

b. العدد الذري = عدد البروتونات

طبق علاقة العدد الذري

العدد الذري = 8

عوض عدد البروتونات يساوي 8

عدد الإلكترونات = عدد البروتونات

عدد الإلكترونات = 8

العدد الذري = عدد الإلكترونات = 8

العنصر هو الأكسجين (O).

c. عدد البروتونات = عدد الإلكترونات

استعمل الجدول الدوري لتعرّف العنصر

عدد البروتونات = 30

طبق علاقة العدد الذري

العدد الذري = عدد البروتونات

عوض عدد البروتونات يساوي 30

العدد الذري = 30

استعمل الجدول الدوري لتعرّف العنصر

العدد الذري = عدد البروتونات = 30

العنصر هو الخارصين Zn

3 تقويم الإجابة

تتفق الأجوبة مع الأعداد الذرية ورموز العناصر الموجودة في الجدول الدوري.

مسائل تدريبية

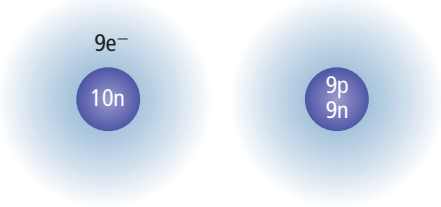
12. ما عدد البروتونات والإلكترونات في كل من ذرتي العنصرين التاليين؟

a. الرادون Rn **b.** الماغنسيوم Mg

13. ما العنصر الذي تحتوي ذرته على 66 إلكترونًا؟

14. ما العنصر الذي تحتوي ذرته على 14 بروتونًا؟

15. تحفيز هل الذرات المبينة في الشكل عن اليسار لها العدد الذري نفسه؟



النظائر والعدد الكتليّ Isotopes and Mass Number

كان جون دالتون مخطئًا عندما اعتقد أنه لا يمكن تجزئة الذرات، وأن ذرات العنصر الواحد متشابهة؛ وذلك أن ذرات العنصر الواحد لها نفس عدد البروتونات وعدد الإلكترونات، إلا أن عدد النيوترونات قد يختلف. فعلى سبيل المثال، هناك ثلاثة أنواع من ذرات البوتاسيوم موجودة في الطبيعة، ويحتوي كل نوع منها على 19 بروتونًا و19 إلكترونًا، بينما يحتوي أحد أنواع ذرة البوتاسيوم على 20 نيوترونًا، والآخر على 21 نيوترونًا، والثالث على 22 نيوترونًا. تسمى الذرات التي لها عدد البروتونات نفسه لكنها تختلف في عدد النيوترونات **النظائر**.

كتلة النظائر النظائر التي تحتوي على عدد أكبر من النيوترونات تكون كتلها أكبر. وعلى الرغم من هذه الاختلافات إلا أن ذرات نظائر العنصر يكون لها السلوك الكيميائي نفسه. وستعرف لاحقًا أن السلوك الكيميائي يحدده فقط عدد الإلكترونات الموجودة في الذرة.

تحديد النظائر كل نظير من نظائر العنصر يعرف بعدده الكتلي. **العدد الكتلي** مجموع عدد البروتونات (العدد الذري) وعدد النيوترونات في نواة العنصر.

الشكل 16–3 الرمز الكيميائي لعنصر النحاس Cu. كانت الدروع قديمًا تصنع من نحاس –63، بنسبة 69.15%، ونحاس–65 بنسبة 30.85%.

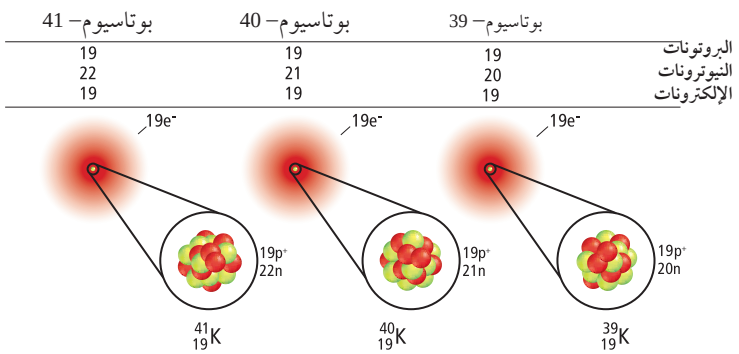
العدد الكتلي

العدد الكتلي = العدد الذري + عدد النيوترونات

العدد الكتلي لأي ذرة هو مجموع العدد الذري وعدد النيوترونات.

فعلى سبيل المثال لعنصر النحاس نظيران. النظير الذي يحتوي على 29 بروتونًا و34 نيوترونًا عدده الكتلي 63، ويكتب نحاس – 63، أو Cu–63 أو ^{63}Cu. والعدد الكتلي للنظير الذي يحتوي على 29 بروتونًا و36 نيوترونًا هو 65، ويكتب نحاس–65 أو Cu–65 أو ^{65}Cu. ويكتب الكيميائيون النظائر أيضًا باستعمال تعابير الرمز الكيميائي والعدد الذري والعدد الكتلي، كما هو مبين في **الشكل 16–3**.

النظائر في الطبيعة توجد معظم العناصر في الطبيعة على هيئة مخاليط من النظائر. وعند الحصول على أيّ عينة من العنصر فإن نسبة وجود كل نظير تبقى ثابتة. فعلى سبيل المثال، عند فحص عينة من الموز نجد أنها تحتوي على 93.26% من ذرات البوتاسيوم التي تحتوي على 20 نيوترونًا، و 6.73% من ذراته التي تحتوي على 22 نيوترونًا، و0.01% من ذراته التي تحتوي على 21 نيوترونًا. وعند فحص عينة أخرى من الموز أو مصدر آخر للبوتاسيوم فإننا سنجد أن نسبة نظائر البوتاسيوم فيها هي نفسها. ويلخص **الشكل 17–3** المعلومات المتعلقة بنظائر البوتاسيوم الثلاثة.



الشكل 17–3 للبوتاسيوم ثلاثة نظائر موجودة في الطبيعة، وهي بوتاسيوم –39، بوتاسيوم –40، بوتاسيوم –41.

اعمل قائمة بعدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات لكل نظير من نظائر النحاس.

مثال 2-3

استعمل العدد الذري والعدد الكتلي تم تحليل تركيب نظائر عدة عناصر في أحد مختبرات الكيمياء. ويتضمن الجدول التالي البيانات المتعلقة بتركيب هذه النظائر. حدد عدد البروتونات، والإلكترونات، والنيوترونات في نظير النيون، وسمِّ هذا النظير، وأعطه رمزًا :

بيانات نظائر بعض العناصر			
	العنصر	العدد الذري	العدد الكتلي
a	النيون	10	22
b	الكالسيوم	20	46
c	الأكسجين	8	17
d	الحديد	26	57
e	الخارصين	64	30
f	الزئبق	80	204

1 تحليل المسألة

لديك بعض البيانات عن عنصر النيون في الجدول أعلاه، ويمكن إيجاد رمز النيون من الجدول الدوري، ويمكنك معرفة عدد البروتونات وعدد الإلكترونات في النظير من معرفتك العدد الذري له. يمكن إيجاد عدد النيوترونات في النظير بطرح العدد الذري من العدد الكتلي.

المعطيات

العنصر: النيون

العدد الذري = 10

العدد الكتلي = 22

المطلوب

عدد النيوترونات ، وعدد البروتونات، وعدد الإلكترونات؟

اسم النظير = ؟

رمز النظير = ؟

2 حساب المطلوب

طبق علاقة العدد الذري

استعمل العدد الذري والعدد الكتلي لحساب عدد النيوترونات

عوض العدد الكتلي =22، والعدد الذري = 10

استعمل اسم العنصر والعدد الكتلي لكتابة اسم النظير.

استعمل الرمز الكيميائي والعدد الكتلي والعدد الذري لكتابة رمز النظير.

عدد البروتونات = العدد الذري = 10

عدد الإلكترونات = العدد الذري = 10

عدد النيوترونات = العدد الكتلي – العدد الذري

عدد النيوترونات = 22 – 10 = 12

اسم النظير النيون - 22

رمز النظير $^{22}_{10}\mathbf{Ne}$

3 تقويم الإجابة

طبقت العلاقة بين عدد البروتونات وعدد الإلكترونات وعدد النيوترونات، وكذلك اسم النظير والرمز بشكل صحيح.

مسائل تدريبية

16. حدد عدد كل من البروتونات، والإلكترونات، والنيوترونات للنظائر من (b) إلى (f) في الجدول أعلاه. وسمِّ كل نظير، واكتب رمزه.

17. تحفيز العدد الكتلي لذرة يساوي 55، وعدد النيوترونات هو العدد الذري مضافًا إليه خمسة. ما عدد البروتونات، والإلكترونات والنيوترونات في الذرة؟ وما رمز العنصر؟

الجدول 4-3	كُتل الجسيمات المكونة للذرة
الجسيمات المكونة للذرة	الكتلة (وحدة كتلة ذرية amu)
إلكترون	0.000549
بروتون	1.007276
نيوترون	1.008665

كتل الذرات Mass of Atoms

بالرجوع إلى **الجدول 3–3** فإن كتلة كل من البروتون والنيوترون تساوي تقريبًا 1.67×10^{-24}g، وكتلة الإلكترونات أصغر من ذلك؛ فهي حوالي $\frac{1}{1840}$ من كتلة البروتون أو النيوترون.

وحدة الكتل الذرية لأن هذه الكتل صغيرة جدًّا، ويصعب التعامل بها، فقد قام العلماء بتطوير طريقة جديدة لقياس كتلة الذرة بالنسبة إلى كتلة ذرة معيارية. هذه الذرة المعيارية هي ذرة الكربون التي كتلتها الذرية 12. لذا فإن **وحدة الكتل الذرية** (amu) تعرف بأنها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة (الكربون-12). لذا فإن وحدة الكتلة الذرية تساوي تقريبًا كتلة بروتون واحد أو نيوترون واحد. ولكن من المهم معرفة أن كتلتي البروتون والنيوترون أكبر من واحد وهما مختلفتان قليلاً. ويبين **الجدول 4–3** كتل الجسيمات المكونة للذرة بدلالة وحدة الكتلة الذرية (amu).

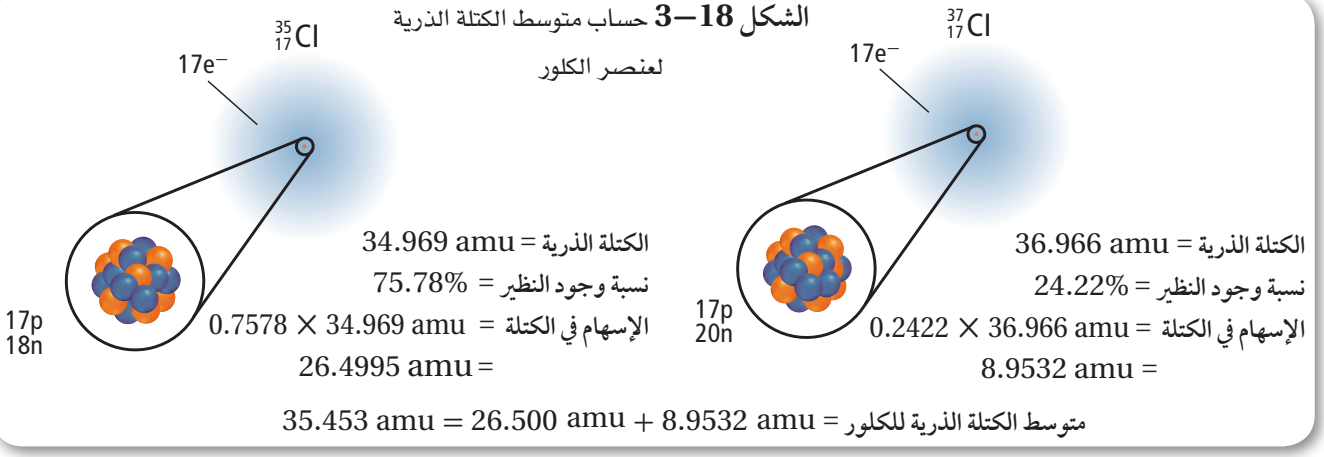
الكتلة الذرية لأن كتلة الذرة تعتمد أساسًا على عدد البروتونات وعدد النيوترونات فيها، ولأن كتلة كل من البروتون والنيوترون قريبة من 1 amu، فقد تتوقع أن الكتلة الذرية للعنصر هي دائمًا عدد صحيح! لكن هذا ليس صحيحًا؛ إذ إن **الكتلة الذرية** للعنصر هي متوسط كتل نظائر العنصر. ولأن للنظائر كتلاً مختلفة فإن متوسط الكتلة الذرية ليس عددًا صحيحًا. ويبين **الشكل 18–3** حساب الكتلة الذرية للكلور.

يوجد الكلور في الطبيعة مزيجًا من 76% كلور–35، و24% كلور–37. والكتلة الذرية للكلور تساوي 35.453 uma.

رموز الكتب

يرمز لوحدة الكتل الذرية atomic mass unit في كتاب الفيزياء بالرمز u، و amu في كتاب الكيمياء؛ وكلاهما صحيح ويعبران عن نفس الوحدة.

الشكل 18–3 حساب متوسط الكتلة الذرية لعنصر الكلور



الشكل 19–3 يستخرج البروم من مياه البحر الميت والبحيرات المالحة. البحر الميت في الأردن من أهم مناطق إنتاج البروم في العالم. ويستعمل البروم في التحكم في الميكروبات والطحالب في برك السباحة. كما يستعمل أيضًا في الأدوية والزيوت والدهانات والمبيدات.

ولأن الكتلة الذرية هي متوسط الكتل الذرية فإن ذرات الكلور–35 والتي توجد بنسبة أكبر من ذرات الكلور–37 لها تأثير أكبر في تحديد الكتلة الذرية للكلور. تحسب الكتلة الذرية للكلور بضرب نسبة وجود كل نظير في كتلته الذرية، ثم تجمع النواتج. ويمكنك حساب الكتلة الذرية لأي عنصر إذا كنت تعرف عدد نظائره وكتلها الذرية ونسبة وجود كل نظير في الطبيعة.

ماذا قرأت؟ وضح كيف تحسب الكتلة الذرية؟

نسبة النظائر إن تحليل كتلة العنصر يمكننا من معرفة أي نظائر العنصر أكثر وجودًا في الطبيعة. فعلى سبيل المثال، الفلور F كتلته الذرية قريبة من 19 amu، فإذا كان للفلور عدة نظائر فإن كتلته الذرية لن تكون قريبة من عدد صحيح، لذا يمكن استنتاج أن الفلور الموجود في الطبيعة هو على الأرجح على شكل فلور–19. خذ البروم Br مثالًا آخر، تجد أن كتلته الذرية 79.904 amu، وهي قريبة من 80 amu، فيبدو كما لو أن نظير البروم الأكثر وجودًا هو البروم –80. ومع ذلك فإن نظيري البروم وهما البروم–79 كتلته 78.918 amu ونسبة وجوده في الطبيعة 50.69% والبروم–81 كتلته 80.917 amu ونسبة وجوده 49.031%. وعلى ذلك فالبروم –80 غير متوافر في الطبيعة. ويبين الشكل **19-3** المواقع الرئيسة لإنتاج البروم الموجودة في منطقة البحر الميت في الأردن.

تجربة

نمذجة النظائر

كيف يمكنك حساب الكتلة الذرية لعنصر مستخدمًا نسب وجود نظائره؟ يمكن استخدام حبات من الخرز بألوان مختلفة لعمل نموذج لعنصر له نظائر في الطبيعة؛ لأن لها تراكيب مختلفة. ستحدد كتلة كل نظير ومتوسط الكتلة الذرية للعنصر.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل من معلمك على كيس من حبات الخرز من النوع نفسه، ولكنها مختلفة الألوان. صنف حبات الخرز وفق ألوانها إلى مجموعات. عدّ حبات الخرز في كل مجموعة وحبات الخرز كافة، وسجل الأعداد.
3. باستخدام الميزان حدد كتلة 10 حبات من الخرز من كل مجموعة، وسجل كل كتلة إلى أقرب 0.01 g، اقسم مجموع الكتل لكل مجموعة على عشرة للحصول على متوسط الكتلة.

التحليل

1. احسب نسبة وجود كل مجموعة مستعينًا بالبيانات من الخطوة (2). وللقيام بذلك اقسم عدد حبات كل مجموعة على العدد الكلي لحبات الخرز.
2. حدد الكتلة الذرية للخرز من خلال نسبة وجود كل نظير والبيانات من الخطوة (3). وللقيام بذلك استخدم المعادلة الآتية.

الإسهام في الكتلة = الكتلة × نسبة وجود النظير

3. **استنتج** هل تختلف الكتلة الذرية إذا حصلت على كيس آخر يحتوي على عدد مختلف من النوع نفسه من الخرز؟ علل إجابتك.
4. فسر لماذا تم تحديد متوسط كتلة كل مجموعة من الخرز بقياس كتلة 10 حبات بدلاً من حبة واحدة من كل مجموعة؟

مثال 3-3

احسب الكتلة الذرية اعتمادًا على البيانات الموجودة في الجدول، احسب متوسط الكتلة الذرية للعنصر X، ثم حدد هذا العنصر الذي يستعمل طبيًّا في معالجة بعض الأمراض العقلية.

1 تحليل المسألة

احسب الكتلة الذرية واستعمل الجدول الدوري للتأكد.

المعطيات

^{6}X الكتلة = 6.015 amu

نسبة النظير = 7.59% = 0.0759

^{7}X الكتلة = 7.016 amu

نسبة النظير = 92.41% = 0.9241

المطلوب

الكتلة الذرية للعنصر X = ؟ amu

العنصر X = ؟

نسب وجود نظائر العنصر X		
النظير	الكتلة (amu)	نسبة وجود النظير
^{6}X	6.015	7.59%
^{7}X	7.016	92.41%

2 حساب المطلوب

احسب إسهام ^{6}X

عوض الكتلة= 6.015 amu والنظير= 0.0759

^{6}X إسهام الكتلة = (الكتلة) × نسبة النظير

إسهام الكتلة = 6.015 × 0.0759 = 0.4565 amu

احسب إسهام ^{7}X

عوض الكتلة= 7.016 amu والنظير= 0.9241

^{7}X إسهام الكتلة = (الكتلة) × (نسبة النظير)

إسهام الكتلة = (7.016) × 0.9241 = 6.483 amu

اجمع إسهام الكتلة لإيجاد الكتلة الذرية.

الكتلة الذرية للعنصر X = 6.483 + 0.4565 = 6.939 amu

تحديد العنصر باستعمال الجدول الدوري

العنصر الذي كتلته الذرية المتوسطة 6.939 amu هو عنصر الليثيوم Li

3 تقويم الإجابة

تتوافق نتيجة الحسابات مع الكتلة الذرية الموجودة في الجدول الدوري.

مسائل تدريبية

18. للبورون B نظيران في الطبيعة: هما البورون - 10 (نسبة وجوده 19.8%) وكتلته 10.013 amu. والبورون- 11 (نسبة وجوده 80.2%) وكتلته 11.009 amu. احسب الكتلة الذرية للبورون.

19. تحفيز للنيتروجين نظيران في الطبيعة، هما نيتروجين - 14، ونيتروجين- 15. وكتلته الذرية 14.007 amu. أي النظيرين له نسبة وجود أكبر في الطبيعة؟ فسّر إجابتك.

التقويم 3-3

الخلاصة

- العدد الذري لأي ذرة هو عدد البروتونات في نواتها، والعدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات.
- ذرات العنصر الواحد التي تختلف في عدد النيوترونات تسمى النظائر.
- الكتلة الذرية لأي عنصر هي متوسط كتل نظائر العنصر الموجودة في الطبيعة.

20. الفكرة الرئيسة **فسر** كيف يمكن معرفة نوع الذرة؟

21. تذكر أي الجسيمات الذرية تحدد ذرة عنصر معين؟

22. فسر كيف أن وجود النظائر مرتبط مع حقيقة أن الكتل الذرية ليست أرقامًا صحيحة؟

23. احسب للنحاس نظيران: النحاس–63 (نسبة وجوده 69.2%، وكتلته 62.93 amu) والنحاس–65 (نسبة وجوده 30.8%، وكتلته 64.928 amu). احسب الكتلة الذرية للنحاس.

24. احسب للماغنسيوم ثلاثة نظائر: الأول كتلته 23.985 amu ونسبة وجوده 79.99%، والثاني كتلته 24.986 amu ونسبة وجوده 10.00%، والثالث كتلته 25.982 amu ونسبة وجوده 11.01%. احسب الكتلة الذرية للماغنسيوم.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأنوية غير المستقرة والتحلل الإشعاعي
unstable nuclei and Radioactivity

الأهداف

- تفسر العلاقة بين الأنوية غير المستقرة والتحلل الإشعاعي.
- تصف أشعة ألفا، وأشعة بيتا، وأشعة جاما بدلالة الكتلة والشحنة.

مراجعة المفردات

العنصر: مادة نقية لا يمكن تجزئتها إلى مواد أبسط بالطرائق الفيزيائية والكيميائية.

المفردات الجديدة

النشاط الإشعاعي
الإشعاع
التفاعل النووي
التحلل الإشعاعي
أشعة ألفا
جسيم ألفا
المعادلة النووية
أشعة بيتا
جسيم بيتا
أشعة جاما

الفكرة الرئيسة **الذرات غير المستقرة تصدر إشعاعات للوصول إلى حالة الاستقرار.**

الربط مع الحياة إذا أسقطت حجرًا من ارتفاع في مستوى خصرك فإن الحجر ينتقل من حالة تكون فيها طاقة وضعه عالية عند الخصر، إلى حالة تكون طاقة وضعه أقل عند وصوله سطح الأرض. إن عمليةً مشابهة تحدث عندما تكون النواة في حالة غير مستقرة.

النشاط الإشعاعي Radioactivity

تعلم أن التفاعل الكيميائي هو تغير يحدث لمادة أو أكثر ينتج عنه مواد جديدة، وتشارك فيه إلكترونات الذرة فقط. ورغم أن الذرات قد يعاد ترتيبها في التفاعلات الكيميائية إلا أن هويتها تبقى ثابتة. وهناك نوع آخر من التفاعلات يسمى التفاعل النووي، يستطيع أن يحوّل عنصرًا إلى عنصر آخر.

التفاعلات النووية في عام 1890م لاحظ العلماء أن بعض المواد تصدر إشعاعات من خلال عملية سميت **النشاط الإشعاعي**. تسمى الأشعة والجسيمات المنبعثة من المواد المشعة **الإشعاعات**. اكتشف العلماء أن الذرة المشعة تتعرض لتغيرات قد تغير من هويتها، وأن التفاعل الذي يؤدي إلى تغير في نواة الذرة يسمى **التفاعل النووي**. إن اكتشاف التفاعلات النووية يعد اكتشافًا مهمًّا؛ فلم يسبق أن أدّى تفاعل كيميائيّ إلى تكوين نوعين جديدين من الذرات. تصدر الذرات المشعة إشعاعات لأن أنويتها غير مستقرة. الأنظمة غير المستقرة سواءً كانت ذرات، أو أشخاصًا يقفون على أيديهم، كما هو موضح **بالشكل 20–3**، يتحقق لهم الثبات عندما يفقدون الطاقة.

التحلل الإشعاعي تفقد الأنوية غير المستقرة الطاقة بإصدار إشعاعات في عملية تلقائية تسمى **التحلل الإشعاعي**. تتحلل الذرات غير المستقرة إشعاعيًّا، وتتحول إلى ذرات مستقرة، وهي في الغالب ذرات عنصر آخر. وكما يفقد الحجر طاقة الوضع الموجودة فيه ويصل إلى حالة مستقرة عند سقوطه إلى الأرض، فإن الذرة تفقد طاقة بإطلاق إشعاعات، وتصل إلى حالة من الاستقرار.

الشكل 20–3 إذا وقفت على يديك فإنك تكون في حالة غير مستقرة، ولكي تصل إلى حالة الاستقرار فإن عليك أن تتخلى عن وضعك وتقف على قدميك. وكذلك هناك بعض الذرات غير المستقرة التي تصل إلى حالة الاستقرار عن طريق فقد بعض الطاقة.

أنواع الإشعاعات Types of Radiation

بدأ العلماء البحث حول النشاط الإشعاعي في أواخر القرن التاسع عشر؛ فقد بحثوا في تأثير المجالات الكهربائية في عملية الإشعاع، فتمكنوا من خلال إمرار أشعة صادرة من مصدر مشع بين صفيحتين مشحونتين كهربائيًّا من تعرّف ثلاثة أنواع من الأشعة، معتمدين على شحناتها الكهربائية. ويبين **الشكل 21–3** إشعاعًا انحرف نحو الصفيحة السالبة الشحنة، وآخر نحو الصفيحة الموجبة الشحنة، وثالثًا لم ينحرف أبدًا.

أشعة ألفا سميت الأشعة التي انحرفت في اتجاه الصفيحة السالبة الشحنة **أشعة ألفا**، وهي مكونة من جسيمات ألفا. **وجسيم ألفا** يحتوي على بروتونين ونيوترونين، وتحمل هذه الجسيمات شحنة موجبة ثنائية. ويفسر هذا سبب انحراف جسيمات ألفا نحو الصفيحة السالبة الشحنة، كما هو مبين في **الشكل 21–3**. يعادل جسيم ألفا نواة هيليوم–4، ويمكن التعبير عنه بـ α أو He^{2+}. يَنتج جسيم ألفا عن تحلل مادة الراديوم –226 إلى الرادون –222، كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$\underset{\text{الراديوم – 226}}{^{226}_{88}Ra} \rightarrow \underset{\text{الرادون– 222}}{^{222}_{86}Rn} + \underset{\text{جسيم ألفا}}{\alpha}$$

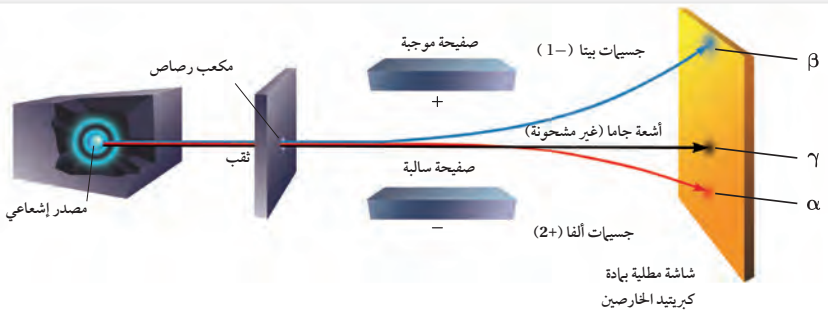
لاحظ أنه تم الحصول على عنصر جديد، وهو عنصر الرادون–222، نتيجة تحلل أشعة ألفا من نواة الراديوم–226 غير المستقرة. وتعرف المعادلة المبينة أعلاه **بالمعادلة النووية**، وهي تبين العدد الذري والعدد الكتلي للجسيمات المتضمنة في التفاعل.

أشعة بيتا سميت الأشعة التي انحرفت في اتجاه الصفيحة الموجبة الشحنة **أشعة بيتا**. تتكون هذه الأشعة من جسيمات بيتا السريعة الحركة، و **جسيم بيتا** عبارة عن إلكترون له شحنة سالبة أحادية، ومصدر هذا الإلكترون هو النواة وليس السحابة الإلكترونية ويتكون عندما يتفكك النيوترون غير المستقر إلى بروتون وإلكترون. تفسر الشحنة السالبة لجسيمات بيتا انجذابها نحو الصفيحة الموجبة الشحنة، كما هو مبين في **الشكل 21–3**. ويرمز إليها بالرمز β أو e^-. وتبين المعادلة أدناه تحلل عنصر الكربون–14 إلى عنصر النيتروجين –14، وانبعاث جسيمات بيتا.

$$\underset{\text{كربون–14}}{^{14}_{6}C} \rightarrow \underset{\text{نيتروجين–14}}{^{14}_{7}N} + \underset{\text{جسيم بيتا}}{\beta}$$

مهن في الكيمياء

معلم الكيمياء يعمل معلمو الكيمياء في المدارس والجامعات، ويقومون بإعطاء المحاضرات وإجراء التجارب والإشراف على المختبرات، وترؤّس المناقشات، والقيام بزيارات ميدانية، والقيام بأبحاث ونشرها.



الشكل 21–3 يحرف المجال الكهربائي الأشعة في اتجاهات مختلفة، اعتمادًا على الشحنة الكهربائية لهذه الإشعاعات.

فسر لماذا انحرفت جسيمات بيتا نحو الصفيحة الموجبة وجسيمات ألفا نحو الصفيحة السالبة، ولم تنحرف أشعة جاما؟

الجدول 5–3

خواص الإشعاعات			
	ألفا	بيتا	جاما
الرمز	α أو ^4_2He	β أو e^-	γ
الكتلة (amu)	4	$\frac{1}{1840}$	0
الكتلة (kg)	6.65×10^{-27}	9.11×10^{-31}	0
الشحنة	2+	1−	0

أشعة جاما لأشعة جاما طاقة عالية، ولا كتلة لها، ويرمز إليها بالرمز γ. ولأن أشعة جاما متعادلة الشحنة فإنها لا تنحرف في المجال المغناطيسي أو المجال الكهربائي، وترافق عادة أشعة ألفا وأشعة بيتا، وهي مسؤولة عن معظم الطاقة التي تُفقد خلال التحلل الإشعاعي. فعلى سبيل المثال ترافق أشعة جاما انبعاث جسيمات ألفا عند تحلل عنصر اليورانيوم – 238

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + \alpha + 2\gamma$$

أشعة جاما جسيم ألفا ثوريوم - 234 يورانيوم - 238

ولأن أشعة جاما ليس لها كتلة فإن إشعاعها لا يؤدي إلى تكوين ذرة جديدة. ويلخص **الجدول 5-3** أعلاه الخواص الرئيسة لجسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما.

استقرار النواة إن العامل الرئيس في تحديد استقرار الذرة هو نسبة النيوترونات إلى البروتونات. فالذرات التي تحتوي على عدد كبير أو عدد قليل من النيوترونات غير مستقرة وتفقد طاقة من خلال التحلل الإشعاعي لتكوين أنوية مستقرة. وتطلق جسيمات ألفا وبيتا. وهذه الإشعاعات تؤثر في نسبة النيوترونات إلى البروتونات في الأنوية الجديدة.

التقويم 3-4

الخلاصة

- تتضمن التفاعلات الكيميائية تغيرات في عدد الإلكترونات المحيطة بالذرة، في حين تتضمن التفاعلات النووية تغيرات في أنوية الذرات.
- هناك ثلاثة أنواع من الإشعاعات، هي ألفا، وبيتا، وجاما.
- يتحدد استقرار نواة الذرة بنسبة النيوترونات إلى البروتونات فيها.

25. الفكرة الرئيسة **فسر** كيف يتحقق الاستقرار في الذرات غير المستقرة؟

26. اذكر ما الكميات التي تحافظ عليها عند موازنة تفاعل نووي؟

27. صنف كلًّا مما يلي إلى: تفاعل كيميائي، تفاعل نووي، لا شيء منهما.

a. الثوريوم يصدر أشعة بيتا.

b. تَشارُك ذرتين في الإلكترونات لتكوين رابطة.

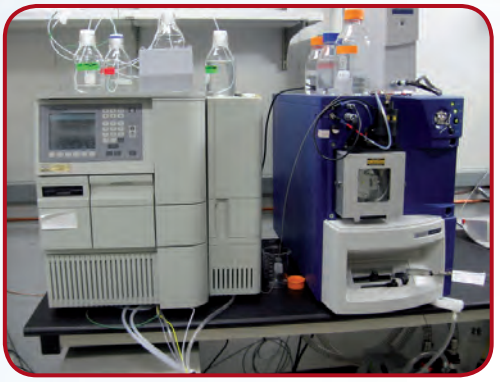
c. عينة من الكبريت النقي تصدر طاقة حرارية عندما تبرد ببطء.

d. صدأ قطعة من الحديد.

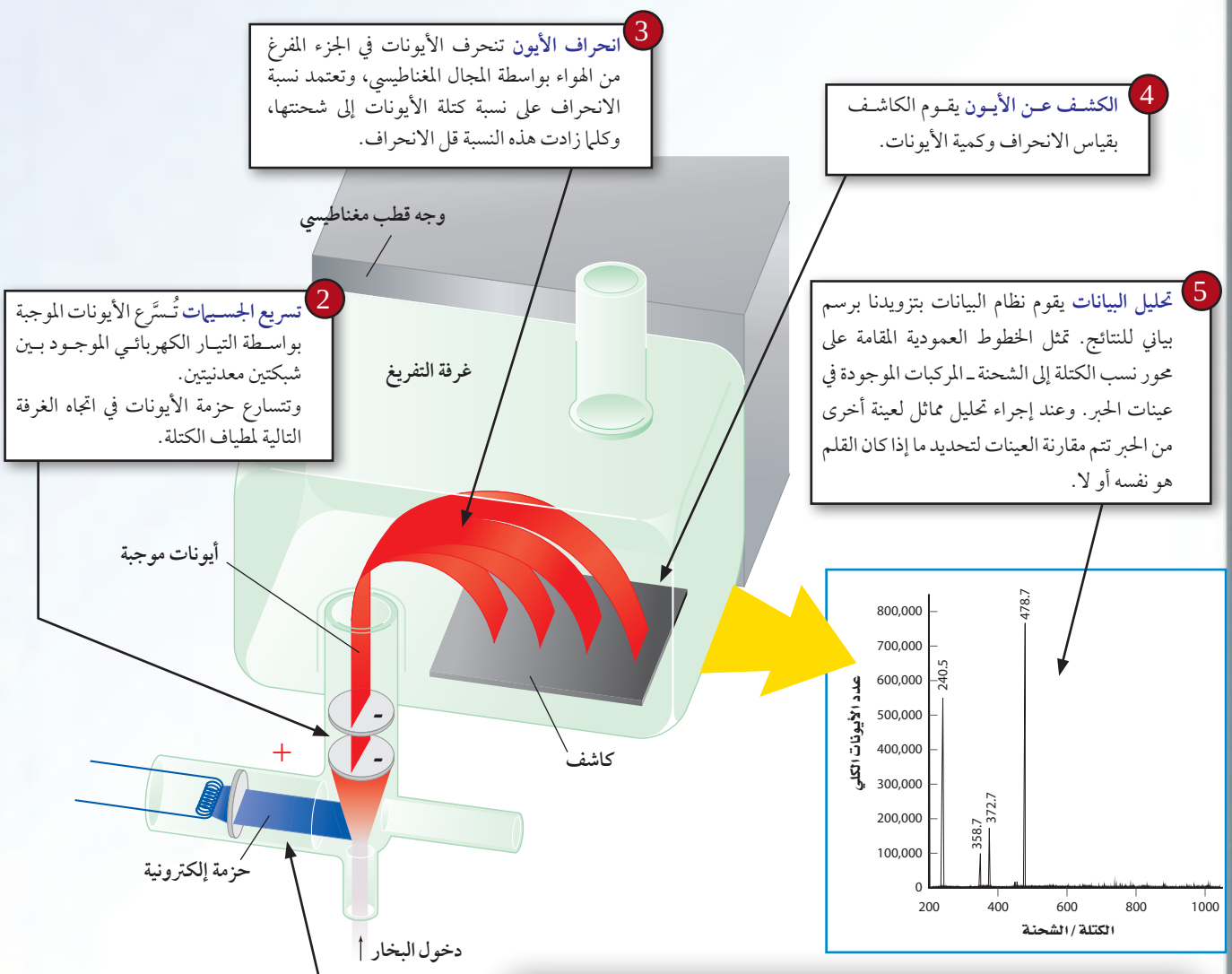
28. احسب كم مرة يساوي ثقلُ جسيم ألفا ثقلَ الإلكترون؟

29. كوّن جدولًا يبين كيف يؤثر كل نوع من الإشعاعات في العدد الذري والعدد الكتلي للذرة؟

مطياف الكتلة Mass Spectrometer



تخيل أن عالم بحث جنائي يحتاج إلى تعرّف الحبر المستعمل في سجلٍّ ما لفحص إمكانية التزييف. يمكن للعالم أن يقوم بتحليل الحبر مستعملًا جهاز مطياف الكتلة المبين في الصورة عن اليمين. يقوم جهاز مطياف الكتلة بتحطيم المركبات في عينة مادة غير معروفة إلى مكوناتها (أجزاء أصغر)، ثم فصل هذه الأجزاء بحسب كتلتها، وبذلك يمكن تحديد التركيب الحقيقي للعينة. ويعد جهاز مطياف الكتلة من أهم التقنيات التي تدرس المواد غير المعروفة.



الكتابة في الكيمياء

لخص ابحث عن حالة استعمل فيها جهاز مطياف الكتلة للتمييز بين أنواع مختلفة من الحبر، واكتب ملخصًا عن الطريقة والنتائج.

مختبر الكيمياء

نمذجة الكتلة الذرية

الخلفية توجد معظم العناصر في الطبيعة على هيئة خليط من النظائر، ويمكن تحديد متوسط الكتلة الذرية المقيسة من خلال الكتلة الذرية ونسبة كل نظير. سوف تقوم في هذه التجربة بنمذجة النظائر لعنصر " المكسراتيوم" الافتراضي. ستستخدم القياسات التي تحصل عليها لحساب متوسط الكتلة المقيسة التي تمثل متوسط الكتلة الذرية للمكسراتيوم.

سؤال كيف تقاس الكتل الذرية لمخاليط النظائر في الطبيعة؟

المواد والأدوات اللازمة

ميزان
آلة حاسبة
كمية من المكسرات

إجراءات السلامة

تحذير: لا تأكل الطعام المستخدم في المختبر.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجيل بياناتك؛ بحيث يحتوي على كتلة كل نوع من أنواع المكسرات، ونسبته.
3. صنف المكسرات في مجموعات بحسب نوعها.
4. احسب عدد حبات المجموعة الواحدة.
5. سجل عدد حبات النوع الواحد والعدد الكلي في جدول البيانات.
6. قس كتلة حبة واحدة من كل مجموعة، وسجل الكتلة في جدول البيانات.
7. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المكسرات وفق توجيهات معلمك، ثم أعد الأدوات والأجهزة إلى أماكنها.

حلل واستنتج

1. **احسب** أوجد نسبة توافر كل نوع؛ وذلك بقسمة عدد حبات النوع الواحد على العدد الكلي.
2. **احسب** استخدم نسب أنواع المكسرات والكتلة لحساب متوسط الكتلة الذرية للعنصر الافتراضي "المكسراتيوم".
3. **فسر** اشرح سبب عدم تساوي متوسط الكتلة الذرية لعنصر المكسراتيوم مع كتلة أي نوع من المكسرات.
4. **استعراض الأقران** اجمع بيانات الكتلة الذرية من المجموعات الأخرى، وفسر أي اختلاف بينها وبين بياناتك.
5. **طبق** لماذا لا يعبر عن الكتل الذرية في الجدول الدوري بأعداد صحيحة كما يعبر عن العدد الكتلي للعنصر؟
6. **تحليل الخطأ** ما مصادر الخطأ التي أدت إلى وجود التباين في القيم التي حصلت عليها المجموعات؟ ما الاقتراحات التي يمكنك تقديمها في هذا الاستقصاء للتقليل من نسبة الخطأ؟

التوسع في الاستقصاء

توقع انظر إلى الكتل الذرية لعناصر مختلفة من الجدول الدوري، وتوقع – بناء على خبرتك في هذه التجربة – النظير الأكثر توافرًا لكل عنصر.

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة الذرات هي الوحدات البنائية الأساسية للمادة .

3-1 الأفكار القديمة للمادة

الفكرة الرئيسة حاول قدماء الإغريق فهم المادة، إلا أن الدراسة العلمية للذرة بدأت مع جون دالتون في أوائل القرن التاسع عشر.

المفردات

- نظرية دالتون الذرية

المفاهيم الرئيسة

- كان ديموقريطوس أول من اقترح وجود الذرات.
- اعتقد ديموقريطوس أن الذرات صلبة، ومتجانسة، ولا يمكن تجزئتها.
- أنكر أرسطو وجود الذرات.
- اعتمدت نظرية جون دالتون الذرية على عدد كبير من التجارب العلمية.

3-2 تعريف الذرة

الفكرة الرئيسة تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات، وإلكترونات تتحرك حول النواة.

المفردات

- الذرة
- أشعة المهبط
- الإلكترون
- النواة
- البروتون
- النيوترون

المفاهيم الرئيسة

- الذرة هي أصغر جزء في العنصر له خواص العنصر.
- شحنة الإلكترون (1−) والبروتون (1+) ، أما النيوترون فليس له شحنة.
- معظم حجم الذرة فراغ يحيط بالنواة.

3-3 كيف تختلف الذرات؟

الفكرة الرئيسة يحدِّد عدد البروتونات والعدد الكتلي نوع الذرة.

المفردات

- العدد الذري
- النظائر
- العدد الكتلي
- وحدة الكتل الذرية (aum)
- الكتلة الذرية

المفاهيم الرئيسة

- العدد الذري لأي ذرة هو عدد البروتونات في نواتها، والعدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات.
- ذرات العنصر الواحد التي تختلف في عدد النيوترونات تسمى النظائر.
- الكتلة الذرية لأي عنصر هي متوسط كتل نظائر العنصر الموجودة في الطبيعة.

3-4 الأنوية غير المستقرة والتحلل الإشعاعي

الفكرة الرئيسة الذرات غير المستقرة تصدر إشعاعات للوصول إلى حالة الاستقرار.

المفردات

- النشاط الإشعاعي
- الإشعاع
- التفاعل النووي
- التحلل الإشعاعي
- أشعة ألفا
- جسيم ألفا
- المعادلة النووية
- أشعة بيتا
- جسيم بيتا
- أشعة جاما

المفاهيم الرئيسة

- تتضمن التفاعلات الكيميائية تغيرات في عدد الإلكترونات المحيطة بالذرة، في حين تتضمن التفاعلات النووية تغيرات في أنوية الذرات.
- هناك ثلاثة أنواع من الإشعاعات وهي ألفا، وبيتا، وجاما.
- يتحدد استقرار نواة الذرة بنسبة النيوترونات إلى البروتونات فيها.

3–1

إتقان المفاهيم

30. مَن أول مَن اقترح مفهوم أن المادة مكونة من جسيمات صغيرة لا يمكن تجزئتها؟

31. مَـن العالم الذي اعتُبر عمله بداية تطـور النظرية الذرية الحديثة؟

32. ميز بين أفكار ديموقريطوس ونظرية دالتون الذرية.

33. الأفكار والطرائق العلمية هل كان اقتراح ديموقريطوس حول وجود الذرات معتمدًا على طرائق وأفكار علمية؟ اشرح.

34. فسـر لماذا لـم يتمكن ديموقريطوس مـن إثبات أفكاره تجريبيًّا.

35. لماذا اعترض أرسطو على النظرية الذرية؟

36. اذكـر الأفـكار الرئيسـة لنظريـة دالتـون الذريـة بلغتك الخاصة. أيها تبيَّن مؤخرًا أنه خطأ؟ فسر إجابتك.

37. حفظ الكتلة وضح كيف قدمت لنا نظرية دالتون الذرية شـرحًا مقنعًـا عـن ملاحظاتنـا حـول حفـظ الكتلة في التفاعل الكيميائي؟

3–2

إتقان المفاهيم

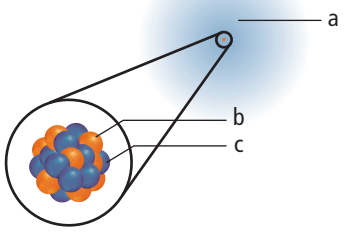
38. ما الجسيمات التي توجد في نواة الذرة؟ وما شحنة النواة ؟

39. كيف كانت الشـحنة الكلية موزعة في نموذج طومسون الذري؟

40. كيف أثر توزيع الشحنة في نموذج طومسون في جسيمات ألفا التي مرت خلال الذرة؟

41. رتب مكونات الذرة: النيوترون، الإلكترون، البروتون، تصاعديًّا بحسب كتلها.

42. سَمِّ مكونات الذرة المبينة في **الشكل 22-3**.



الشكل 22-3

43. فسِّر سبب تعادل الذرات كهربائيًّا.

44. ما شحنة نواة ذرة العنصر الذي عدده الذري 89؟

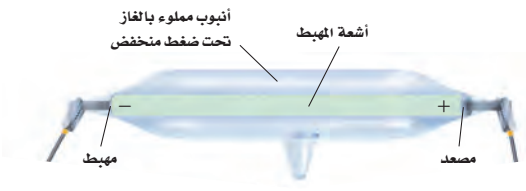
45. ما الجسيمات المسؤولة عن معظم كتلة الذرة؟

46. لـو كان لديـك ميزان يمكنـه تحديد كتلـة البروتون فما عدد الإلكترونات التي تزن بروتونًا واحدًا؟

47. أنابيب أشـعة المهبط ما الجسيمات المكونة للذرة التي اكتشفها العلماء باستعمال أنابيب أشعة المهبط؟

48. مـا نتائـج التجربة التي أدت إلى اسـتنتاج أن الإلكترون جسيم موجود في جميع المواد؟

49. أشعة المهبط استعمل البيانات في **الشكل 23-3** لتفسير اتجاه أشعة المهبط داخل الأنبوب.



الشكل 23-3

50. وضح باختصار كيف اكتشف رذرفورد النواة؟

51. انحراف الجسـيمات ما الذي سبب انحراف جسيمات ألفا في تجربة رذرفورد؟

52. شـحنة أشـعة المهبـط كيـف تـم اسـتعمال المجـال الكهربائي لتحديد شحنة أشعة (الكاثود) المهبط؟

53. وضـح ما الـذي يبقـي الإلكترون فـي الفـراغ المحيط بالنواة؟

54. تصوير الذرات ما التقنية المستعملة في تصوير الذرات منفردة؟

55. ما نقاط قوة وضعف نموذج رذرفورد للذرة؟

3–3

إتقان المفاهيم

56. فيم تختلف نظائر عنصر ما، وفيم تتشابه؟

57. كيف يرتبط العدد الذري للذرات مع عدد البروتونات، وكذلك مع عدد الإلكترونات؟

58. كيف يرتبط العدد الكتلي للذرة مع عدد البروتونات، ومع عدد النيوترونات؟

59. كيف يمكنك تحديد عدد النيوترونات في الذرة معتمدًا على العدد الكتلي والعدد الذري؟

60. ماذا يمثل كل من العدد المكتوب أعلى رمز عنصر البوتاسيوم والعدد المكتوب في أسفله $^{40}_{19}K$ ؟

61. الوحدات القياسية عرف وحدة الكتل الذرية. ما فوائد تطوير وحدة الكتلة الذرية بوصفها وحدة قياسية للكتلة؟

62. النظائر هل العناصر التالية نظائر لعنصر واحد؟ فسِّر ذلك.

$^{24}_{12}Mg$ $^{25}_{12}Mg$ $^{26}_{12}Mg$

63. هل وجود النظائر يناقض نظرية دالتون الذرية؟ وضح ذلك.

إتقان حل المسائل

64. ما عدد البروتونات وعدد الإلكترونات الموجودة في ذرة عنصر عدده الذري 44؟

65. الكربون C العدد الكتلي لذرة الكربون 12، والعدد الذري لها 6. ما عدد النيوترونات في نواتها؟

66. الزئبق Hg يحتوي أحد نظائر الزئبق على 80 بروتونًا و120 نيوترونًا. ما العدد الكتلي لهذا النظير؟

67. الزينون Xe لعنصر الزينون نظير عدده الذري 54، ويحتوي على 77 نيوترونًا. ما العدد الكتلي لهذا النظير؟

68. إذا احتوت ذرة عنصر ما على 18 إلكترونًا، فما عدد البروتونات الموجودة في نواة ذرة العنصر؟

69. الكبريت S بيِّن كيف تساوي الكتلة الذرية لعنصر الكبريت 32.065 amu، إذا علمت أن للكبريت أربعة نظائر كما يلي:

النظير	الكتلة الذرية amu	نسبة وجوده %
الأول	31.972	95.02
الثاني	32.971	0.75
الثالث	33.968	4.21
الرابع	35.967	0.02

70. أكمل الفراغات في الجدول 6–3 التالي:

الجدول 6-3 نظائر الكلور والزركونيوم

العنصر	الكلور	الكلور	الزركونيوم	الزركونيوم
العدد الذري	17		40	
العدد الكتلي	35	37		92
عدد البروتونات				40
عدد النيوترونات			50	
عدد الإلكترونات		17		

71. ما عدد الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات في ذرة كل من العناصر التالية؟

a. $^{132}_{55}Cs$ **b.** $^{163}_{69}Tm$

c. $^{59}_{27}Co$ **d.** $^{70}_{30}Zn$

72. مستعينًا بالجدول الدوري، ما عدد الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات في ذرة كل من العناصر التالية؟

a. Ga – 69 **b.** F – 23

c. Ti – 48 **d.** Tl – 181

73. مستعينًا بالجدول الدوري، ما عدد البروتونات وعدد الإلكترونات في ذرة كل من العناصر التالية؟

a. فاناديوم V **b.** منجنيز Mn

c. إيريديوم Ir **d.** كبريت S

3 تقويم الفصل

74. الجاليوم لـه كتلة ذريـة 69.723 amu، وله نظيران في الطبيعـة: جاليوم– 69 وجاليوم– 71، فأي نظير له أكبر نسبة وجود في الطبيعة؟ فسر إجابتك.

75. الكتلـة الذريـة للفضـة. للفـضـة نظـيران في الطبيعة: $^{107}_{47}Ag$ وكتلتـه الذريـة 106.905 amu، ونسـبة وجوده 52.00%، والنظيـر الآخـر $^{109}_{47}Ag$، وكتلتـه الذريـة 108.905 amu، ونسـبة وجـوده 48.00%. مـا الكتلـة الذرية للفضة؟

76. استعن بالبيانات المتعلقة بنظائر الكروم الأربعة المبينة في **الجدول 7-3** لحساب الكتلة الذرية للكروم.

الجدول 7-3 بيانات نظائر الكروم

النظير	نسبة النظير %	الكتلة (amu)
الكروم – 50	4.35	49.946
الكروم – 52	83.79	51.941
الكروم – 53	9.50	52.941
الكروم – 54	2.36	53.939

3–4

إتقان المفاهيم

77. ما التحلل الإشعاعي؟

78. ما سبب أن بعض الذرات مشعة؟

79. ناقش كيف تصل الذرات المشعة إلى حالة الاستقرار؟

80. عرف جسيم ألفا، وجسيم بيتا، وأشعة جاما.

81. اكتب الرموز المستعملة للتعبير عن إشعاعات كل من ألفا، وبيتا، وجاما.

82. ما نوع التفاعل الذي يتضمن تغيرًا في نواة الذرة؟

83. إصدار الإشـعاعات مـا التغير الذي يحـدث في العدد الكتلـي عندمـا تصـدر ذرة مشـعة: جسـيمات ألفـا، جسيمات بيتا، أشعة جاما؟

84. مـا العامل الرئيس في تحديد مـا إذا كانت نواة العنصر مستقرة أو غير مستقرة؟

85. اشـرح كيف يرتبط فقدان الطاقة والاسـتقرار النووي بالتحلل الإشعاعي؟

86. اشرح ما يجب أن يحدث قبل أن تتوقف ذرة مشعة عن التحلل الإشعاعي؟

87. البورون– 10 يشع جسيمات ألفا، و يشع السيزيوم-137 جسـيمات بيتا. اكتب معادلة نوويـة موزونة لكل تحلل إشعاعي.

مراجعة عامة

88. مـا الخطأ فـي نظريـة دالتون الذريـة؟ ومـا المكونات الرئيسة للذرة؟

89. أنبـوب أشـعة المهبـط صـف أنبـوب أشـعة المهبط، وكيف يعمل؟

90. الجسيمات المكونة للذرة وضح كيف حدد طومسون نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته؟ وكيف أدى ذلك إلى استنتاج أن الذرات مكونة من جسيمات ذرية؟

91. تجربة رذرفـورد كيف اختلفت نتائـج تجربة رذرفورد في صفيحة الذهب عن النتائج التي توقعها؟

92. إذا احتـوت نـواة ذرة متعادلـة علـى 12 بروتونًـا فكـم إلكترونًا في هذه الذرة؟ فسِّر إجابتك.

93. إذا احتـوت نـواة ذرة على 92 بروتونًـا، والعدد الكتلي لها 235، فما عدد النيوترونات في نواة هذه الذرة؟ وما الرمز الكيميائي لها؟

94. مسـتعينًا بالجـدول الـدوري، أكمـل الفراغـات فـي **الجدول 8-3** التالي:

الجدول 8-3 مكونات نظائر متعددة

النظير			Zn–64		
العدد الذري				9	11
العدد الكتلي	32				23
عدد البروتونات	16				
عدد النيوترونات		24		10	
عدد الإلكترونات		20			

تقويم الفصل 3

95. كم مرة يساوي قطرُ الذرة قطرَ نواتها؟ وإذا عرفت أن معظم كتلة الذرة يتركز في نواتها، فماذا يمكنك أن تستنتج عن كثافة النواة؟

96. هل شحنة النواة موجبة أم سالبة أم متعادلة؟ وما شحنة الذرة؟

97. لماذا انحرفت الإلكترونات في أنبوب أشعة المهبط تحت تأثير المجال الكهربائي؟

98. ما مساهمة العالم هنري موزلي في فهمنا الحديث للذرة؟

99. ما العدد الكتلي للبوتاسيوم -39؟ وما شحنة هذا النظير؟

100. البورون-10، والبورون-11 نظيران موجودان في الطبيعة. فإذا كانت الكتلة الذرية للبورون 10.81amu. فأي نظير له أعلى نسبة وجود؟

101. **أشباه الموصلات** للسليكون ثلاثة نظائر موجودة في الطبيعة: هي السليكون -28، والسليكون -29، والسليكون -30. اكتب رمز كل منها.

102. **التيتانيوم** استعن **بالجدول 9-3** التالي لحساب الكتلة الذرية للتيتانيوم.

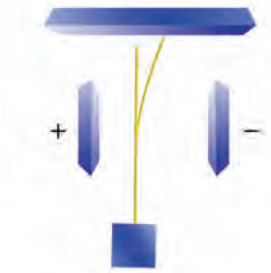
الجدول 9-3 نظائر التيتانيوم

النظير	الكتلة الذرية (amu)	نسبة النظير %
Ti-46	45.953	8.00
Ti-47	46.952	7.30
Ti-48	47.948	73.80
Ti-49	48.948	5.50
Ti-50	49.945	5.40

103. صف كيف يؤثر كل نوع من الإشعاعات في العدد الذري والعدد الكتلي للذرة؟

104. **الوجود النسبي للنظير** يشكل الماغنسيوم حوالي 2% من قشرة الأرض، وله ثلاثة نظائر في الطبيعة. افترض أنك حللت معدنًا ما وحصلت على ثلاثة نظائر للماغنسيوم بالنسب التالية: Mg-24 (نسبة وجوده 79%)، و Mg-25 (نسبة وجوده 10%)، و Mg-26 (نسبة وجوده 11%)، فإذا حلل زميلك معدنًا مختلفًا يحتوي على الماغنسيوم فهل تتوقع أن يحتوي على النسب نفسها من جميع النظائر؟ فسر إجابتك.

105. **الإشعاع** حدد نوعي الإشعاع المبينين في **الشكل 24-3** أدناه فسر إجابتك.



الشكل 24-3

التفكير الناقد

106. كيف تم استعمال الطرائق العلمية لتحديد نموذج الذرة؟ لماذا اعتبر النموذج نظرية؟

107. **ناقش** ما التجربة التي أدت إلى خلاف حول نموذج طومسون للذرة؟ وضح إجابتك.

108. **طبّق** أيهما أكبر: عدد المركبات أم عدد العناصر، وعدد العناصر أم عدد النظائر؟ فسِّر إجابتك.

109. **حلل** لعنصر ثلاثة نظائر في الطبيعة. ما المعلومات الأخرى التي يجب عليك معرفتها لكي تحسب الكتلة الذرية للعنصر؟

110. **طبّق** إذا كان معظم حجم الذرة فراغًا فاشرح لماذا لا يمكنك تمرير يدك خلال جسم صلب؟

111. **صمم** ارسم نموذجًا حديثًا للذرة، وحدد مكان كل نوع من الجسيمات الذرية المكونة للذرة.

112. **طبّق** للإنديوم In نظيران في الطبيعة وكتلته الذرية 114.818 amu. الإنديوم -113 كتلته الذرية 112.904 amu، ونسبة وجوده 4.3%. ما كتلة ونسبة وجود النظير الآخر للإنديوم؟

113. استنتج متوسط الكتلة الذرية للكبريت قريب من العدد الصحيح 32، ومتوسط الكتلة الذرية للكلور 35.435 amu وهذا العدد ليس عددًا صحيحًا. اقترح سببًا محتملاً لهذا الاختلاف.

مسألة تحفيز

114. نظائر الماغنسيوم أوجد قيمة العدد الكتلي للنظير الثالث للماغنسيوم، علمًا بأن نسبة وجود نظائر الماغنسيوم في الطبيعة كالتالي:

79% $^{24}_{12}Mg$، 10% $^{25}_{12}Mg$، 11% $^{X}_{12}Mg$

والكتلة الذرية للماغنسيوم 24.305 amu.

مراجعة تراكمية

115. كيف تختلف الملاحظات النوعية عن الملاحظات الكمية؟ أعط مثالاً على كل نوع منهما.

116. صنِّف المخاليط أدناه إلى مخلوط متجانس، أو مخلوط غير متجانس:

a. ماء مالح.

b. شربة خضار.

c. ذهب عيار 14.

d. خرسانة.

117. أيٌّ مما يأتي تغيّر فيزيائي، وأيها تغيّر كيميائي؟

a. ماء يغلي.

b. عود ثقاب مشتعل.

c. سكر ذائب في الماء.

d. صوديوم يتفاعل مع الماء.

e. آيس كريم ينصهر.

تقويم إضافي

118. الكتابة في الكيمياء شاشات التلفزيون والكمبيوتر صف كيف تستعمل أشعة المهبط في توليد صور في شاشات أجهزة التلفزيون والكمبيوتر.

119. STM الذرات المنفردة يمكن رؤيتها من خلال جهاز متطور يسمى STM. اكتب تقريرًا مختصرًا يبين كيف يتم التصوير، وقم بعمل ألبوم للصور المجهرية معتمدًا على الكتب، والمجلات، والإنترنت.

أسئلة المستندات

الزركونيوم Zr فلز ذو بريق معدني، لونه أبيض رمادي، وبسبب مقاومته العالية للتآكل وقلة امتصاص مقطعه العرضي للنيوترونات فإنه يستعمل عادةً في المفاعلات النووية، كما يمكن أيضًا معالجته (إعادة تصنيعه)، فيبدو مثل الألماس، ويستعمل في المجوهرات.

الجدول 10–3 نسب وجود نظائر الزركونيوم

العنصر	نسبة وجوده
زركونيوم – 90	51.4
زركونيوم – 91	11.2
زركونيوم – 92	17.2
زركونيوم – 94	17.4
زركونيوم – 96	2.8

120. ما العدد الكتلي لكل نظير من نظائر الزركونيوم في **الجدول 10-3** أعلاه؟

121. أوجد عدد البروتونات، وعدد النيوترونات لكل نظير من نظائر الزركونيوم.

122. هل يبقى عدد البروتونات أو عدد النيوترونات ثابتًا في جميع النظائر؟ فسِّر إجابتك.

123. توقع أي النظائر له كتلة ذرية أقرب إلى متوسط الكتلة الذرية للزركونيوم، بناءً على نسبة وجودها في الجدول أعلاه؟

124. احسب قيمة متوسط الكتلة الذرية للزركونيوم.

اختبار مقنن

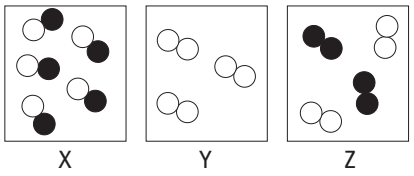
أسئلة الاختيار من متعدد

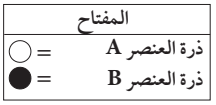
1. أي مما يلي يصف ذرة البلوتونيوم Pu؟
   a. يمكن تجزئتها إلى جسيمات صغيرة تحتفظ بخواص البلوتونيوم.
   b. لا يمكن تجزئتها إلى جسيمات صغيرة تحتفظ بخواص البلوتونيوم.
   c. ليس لها خواص البلوتونيوم.
   d. العدد الذري لذرة البلوتونيوم 244.

2. النبتونيوم Np له نظير واحد فقط في الطبيعة $^{237}_{93}Np$ يتحلل ويصدر جسيم ألفا، وجسيم بيتا، وشعاع جاما. ما الذرة الجديدة التي تتكون من هذا التحلل؟
   a. $^{233}_{92}U$
   b. $^{241}_{93}Np$
   c. $^{233}_{90}Th$
   d. $^{241}_{92}U$

3. ما نوع المادة التي لها تركيب محدد، وتتكون من عدة عناصر؟
   a. مخلوط غير متجانس.
   b. مخلوط متجانس.
   c. العنصر.
   d. المركب.

4. استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال التالي :





أي شكل يبين مركبًا؟
   a. X
   b. Y
   c. Z
   d. كلّ من X، Z

5. تساوي الشحنة الكهربائية للذرة صفرًا لأن:
   a. الجسيمات الذرية لا تحمل شحنات كهربائية.
   b. الشحنات الموجبة للبروتونات تلغي الشحنات السالبة للنيوترونات.
   c. الشحنات الموجبة للنيوترونات تلغي الشحنات السالبة للإلكترونات.
   d. الشحنات الموجبة للبروتونات تلغي الشحنات السالبة للإلكترونات.

6. ما عدد النيوترونات، والبروتونات، والإلكترونات في ذرة $^{126}_{52}Te$ ؟
   a. 126 نيوترونًا، 52 بروتونًا، 52 إلكترونًا.
   b. 74 نيوترونًا، 52 بروتونًا، 52 إلكترونًا.
   c. 52 نيوترونًا، 74 بروتونًا، 74 إلكترونًا.
   d. 52 نيوترونًا، 126 بروتونًا، 126 إلكترونًا.

7. نواة العنصر X غير مستقرة بسبب كثرة النيوترونات. لذا فكل ما يلي يمكن أن يحدث إلا أن:
   a. يتحلل إشعاعيًّا.
   b. يتحول إلى عنصر مستقر غير مشع.
   c. يتحول إلى عنصر مستقر مشع.
   d. يفقد الطاقة تلقائيًّا.

8. ما الذي يشغل معظم حجم الذرة؟
   a. البروتونات
   b. النيوترونات
   c. الإلكترونات
   d. الفراغ

أسئلة الإجابات القصيرة

9. عينة من كربونات الكالسيوم كتلتها 36.41 g تحتوي على 14.58 g من الكالسيوم و 4.36 g من الكربون. ما كتلة الأكسجين في العينة؟ وما النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب؟

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 10 و11.

خواص نظائر النيون في الطبيعة

النظير	العدد الذري	الكتلة (amu)	النسبة المئوية لوجوده
^{20}Ne	10	19.992	90.48
^{21}Ne	10	20.994	0.27
^{22}Ne	10	21.991	9.25

10. اكتب عدد البروتونات، والإلكترونات، والنيوترونات لكل نظير في الجدول أعلاه.

11. احسب متوسط الكتلة الذرية للنيون، مستعينًا بالبيانات في الجدول أعلاه.

أسئلة الإجابات المفتوحة

12. افترض أن للعنصر Q ثلاثة نظائر: ^{248}Q، ^{252}Q، ^{259}Q. فإذا كانت الكتلة الذرية للعنصر Q تساوي 258.63 وحدة كتل ذرية فما النظير الأكثر وجودًا في الطبيعة؟ اشرح إجابتك.

13. يتحلل اليود – 131 إشعاعيًّا، ويكوّن نظيرًا يحتوي على 54 بروتونًا، و 77 نيوترونًا. ما نوع التحلل الذي حدث لهذا النظير؟ فسِّر إجابتك.

الفصل 4

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

الفكرة العامة تُحوِّل ملايين التفاعلات الكيميائية الموجودة داخل جسمك ومن حولك المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

4–1 التفاعلات والمعادلات

الفكرة الرئيسة تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

4–2 تصنيف التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

4–3 التفاعلات في المحاليل المائية

الفكرة الرئيسة تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، منتجةً رواسب، أو ماء، أو غازات.

حقائق كيميائية

- لكي يشتعل الخشب يجب أن يسخن إلى 260°C.
- يخرج الماء الموجود في الخشب قبل أن يحترق الخشب ويرافق هذه العملية صوت أزيز.
- يحتوي الدخان الناتج عن احتراق الخشب على أكثر من 100 مادة كيميائية.

تجربة استهلالية

كيف نستدل على حدوث تغير كيميائي؟

الكاشف مادة كيميائية تضاف إلى المواد في بعض التفاعلات الكيميائية لتوضح متى يحدث تغير.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قس 10.00 mL من **الماء المقطر** في **مخبار مدرج** سعته 25.00mL، وضعه في كأس سعتها 100.0mL. استعمل القطارة، وأضف نقطة من محلول الأمونيا 0.1 M إلى الماء في الكأس. **تحذير: بخار الأمونيا مهيج جدًّا.**
3. أضف 15 نقطة من **الكاشف العام** إلى المحلول، وحركه. لاحظ لونه، وقس درجة حرارته بمقياس الحرارة.
4. ضع **قرصًا فوارًا** في المحلول، ولاحظ ما يحدث. سجل ملاحظاتك، متضمنةً أيّ تغير في درجة الحرارة.

التحليل

1. **صف** أيّ تغيرات في لون المحلول أو درجة حرارته.
2. **وضّح** هل نتج غاز؟ وإذا نتج فكيف تم الاستدلال عليه؟
3. **حلّل** هل التغير الحادث فيزيائي أم كيميائي؟ فسّر ذلك.

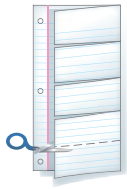
استقصاء بمَ يخبرك الكاشف العام عن المحلول؟ صمّم تجربة لدعم توقعاتك.

المطويات منظمات الأفكار

التفاعلات الكيميائية قم بعمل المطوية التالية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول كيفية تصنيف التفاعلات الكيميائية.

الخطوة 1 اطو ورقة طوليًّا، على أن يظل الهامش الأيسر مرئيًّا، كما في الشكل.

الخطوة 2 قم بقص الجزء العلوي من الورقة إلى 5 أجزاء متساوية.



الخطوة 3 عنون هذه الأجزاء الخمسة على النحو التالي: التكوين – الاحتراق – التفكك – الإحلال البسيط – الإحلال المزدوج وعنون الهامش الأيسر الخلفي بأنواع التفاعلات الكيميائية.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 2–4**

من هذا الفصل في أثناء قراءتك له، ثم لخص كل نوع من التفاعلات الكيميائية، وأعط أمثلة عليها.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–1

التفاعلات والمعادلات
Reactions and Equations

الأهداف

- **تتعرّف** مؤشرات حدوث التفاعل الكيميائي.
- **تكتب** التوزيع الإلكتروني لبعض ذرات العناصر.
- **تمثّل** التفاعلات الكيميائية بمعادلات.
- **تزن** المعادلات الكيميائية.

مراجعة المفردات

التغير الكيميائي: عملية تتضمن تحول مادة أو أكثر إلى مادة جديدة.

المفردات الجديدة

التفاعل الكيميائي
عدد التأكسد
المتفاعلات
النواتج
المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة
المعامل

الفكرة الرئيسة **تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.**

الربط مع الحياة عندما تشتري موزًا أخضر فإنه يتحول خلال أيام قليلة إلى اللون الأصفر، وهذا التغير في اللون دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions

هل تعلم أن الطعام الذي تأكله، والألياف في ملابسك، والبلاستيك في أقراصك المدمجة، بينها شيء مشترك؟ جميع هذه المواد تنتج عندما يُعاد ترتيب الذرات فيها لتكوين مواد أخرى مختلفة. فمثلًا يعاد ترتيب الذرات خلال حرائق الغابات، كما هو موضح في الصورة الواردة في بداية الفصل. وكذلك أعيد ترتيب الذرات عندما ألقي القرص الفوار في كأس الماء خلال التجربة الاستهلالية.

تسمى العملية التي يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة **التفاعل الكيميائي**. وتسمى أيضًا التغيرَ الكيميائي، كما درست من قبل. ونحن نجد التفاعلات الكيميائية في شتى مناحي الحياة، بدءًا من تحليل الأطعمة التي نتناولها، مما ينتج الطاقة التي يحتاج إليها الجسم، وكذلك توليد الطاقة في المحركات اللازمة لتسيير السيارات والحافلات وغيرها. وعن طريق التفاعلات الكيميائية يتم إنتاج الألياف الطبيعية، ومنها القطن في النباتات، والصوف في الحيوانات، والألياف الاصطناعية، ومنها النايلون الذي يستعمل كثيرًا في الصناعات، كما هو مبين في **الشكل 1–4**.

مؤشرات حدوث التفاعل الكيميائي كيف تعرف أن تفاعلا كيميائيًّا قد حدث؟ رغم أن بعض التفاعلات الكيميائية يصعب اكتشافها إلا أن الكثير منها يُظهر مؤشرات فيزيائية (محسوسة) على حدوثها. إن تغير درجة الحرارة مثلاً قد يشير إلى حدوث تفاعل كيميائي؛ فبعض التفاعلات ـ كتلك التي تحدث في أثناء احتراق الخشب ـ تطلق طاقة على شكل حرارة وضوء، وبعضها الآخر يمتص الحرارة.

الشكل 1–4 ينتج النايلون عن تفاعل كيميائي، ويستعمل في كثير من المنتجات، كالملابس والسجاد، والأدوات الرياضية، والإطارات.

الشكل 2–4 كل صورة من هذه الصور تدل على حدوث تفاعل كيميائي.

صف ما الدليل على حدوث تفاعل كيميائي في كل صورة من الصور أعلاه؟

هناك أنواع أخرى من الأدلة التي تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي، بالإضافة إلى تغير درجة الحرارة، ومنها تغير اللون. ربما لاحظت مثلاً أن بعض المسامير الملقاة على الأرض يتغير لونها من فضي إلى بنّي في زمن قصير. إن تغير اللون يدل على أن تفاعلاً كيميائيًّا قد حدث بين الحديد والأكسجين وبخار الماء الموجود في الجو. كما أن تحول لون الموز من الأخضر إلى الأصفر مثال آخر على ذلك. وتُعد الرائحة، وتصاعد الغاز، وتكوّن مادة صلبة مؤشرات أخرى على التفاعل الكيميائي. وفي كل صورة في **الشكل 2–4** دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

ينبغي قبل أن تدرس تمثيل التفاعلات الكيميائية وتصنيفها أن تفهم التوزيع الإلكتروني، وكيفية كتابة الصيغ الكيميائية، وتسمية المركبات الكيميائية بصورة أكثر تفصيلاً عما مرَّ بك من قبل.

التوزيع الإلكتروني عرفت من قبل أنّ كل مستوى(n) من مستويات الطاقة الرئيسة يسع عددًا محددًا من الإلكترونات. وأقصى عدد من الإلكترونات يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس يمكن حسابه بالمعادلة: $e = 2n^2$

فأقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس الأول إلكترونين، والمستوى الثاني ثمانية إلكترونات، والمستوى الثالث ثمانية عشر إلكترونًا...وهكذا.

وقد أظهرت الدراسات أنّ الإلكترونات ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد– عدا مستوى الطاقة الرئيس الأول– ليس لها الطاقة نفسها، وإنما تتوزع في مستويات طاقة ثانوية مختلفة الشكل والطاقة يشار إليها بالأحرف(s، p، d، f)، وتزداد طاقة الإلكترونات في المستويات الثانوية بحسب الترتيب التالي:

تزداد الطاقة ←

s، p، d، f

خلفية علمية

التوزيع الإلكتروني وكتابة الصيغ الكيميائية:

عرفت من قبل أن الإلكترونات تدور حول النواة في مستويات رئيسية للطاقة يرمز لها بالرمز (n) بحيث يتسع كل مستوى رئيسي لعدد محدد من الإلكترونات.

الجدول 1—4	مستويات الطاقة الثانوية في مستوى الطاقة الرئيس
مستوى الطاقة الرئيس	مستويات الطاقة الثانوية في مستوى الطاقة الرئيس
1	s
2	s، p
3	s، p، d
4	s، p، d، f

وأقصى سعة من الإلكترونات لمستوى الطاقة الثانوي (s) إلكترونان، و(p) ستة إلكترونات، و(d) عشرة إلكترونات، و(f) أربعة عشر إلكترونًا. ويبين **الجدول 1—4** مستويات الطاقة الثانوية في بعض مستويات الطاقة الرئيسة.

تتوزع الإلكترونات ضمن مستويات الطاقة الرئيسة في مستويات طاقة فرعية داخل مستويات الطاقة الثانوية بدءًا من الأقل طاقة، انظر **الشكل 3—4**. وأقصى سعة لمستوى الطاقة الفرعي إلكترونان فقط.

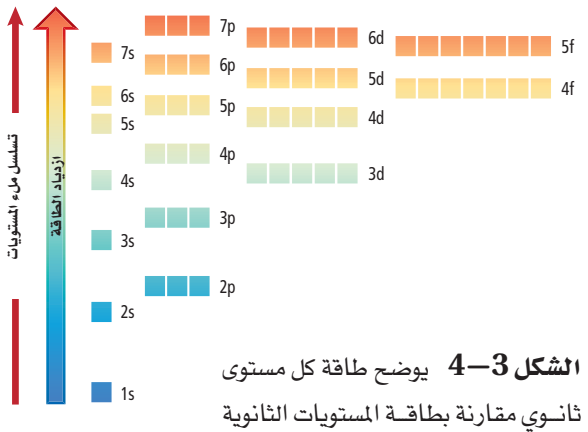
يظهر من **الشكل 3—4** أنه قد تتداخل مستويات طاقة ثانوية لمستويات طاقة رئيسة مختلف بعضها مع بعض. فمثلاً طاقة المستوى الثانوي **4s** أقل من طاقة المستوى الثانوي **3d**. لذا عند كتابة التوزيع الإلكتروني اتبع تسلسل مستويات الطاقة، كما هو مبين في **الشكل 4—4**.

ويبين **الجدول 2—4** التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا لبعض العناصر.

لاحظ أنه عند اتباعك الطريقة نفسها في التوزيع الإلكتروني يكون التوزيع الإلكتروني لكل من النحاس والكروم كما يلي:

Cu: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^9$

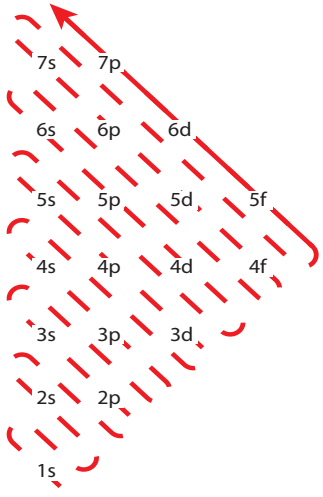
Cr: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^4$



الشكل 3—4 يوضح طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى.

لكن التوزيع الإلكتروني الصحيح لهما يظهر في **الجدول 2—4**، ويعد ذلك من

الجدول 2— 4	التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر	
العنصر/رمزه	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الليثيوم Li	3	$1s^2\ 2s^1$
البورون B	5	$1s^2\ 2s^2\ 2p^1$
النيون Ne	10	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$
الكلور Cl	17	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
الحديد Fe	26	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$
التيتانيوم Ti	22	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$
الكروم Cr	24	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$
النحاس Cu	29	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$
الخارصين Zn	30	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$



الشكل 4—4 يظهر ترتيب ملء مستويات الطاقة بالإلكترونات .

استثناءات التوزيع الإلكتروني. كما يمكنك كتابة التوزيع الإلكتروني للأيون الموجب بتوزيع العدد الذري لذرته المتعادلة مطروحًا منه مقدار الشحنة الموجبة، وللأيون السالب بتوزيع العدد الذري لذرته المتعادلة مضافًا إليه مقدار الشحنة السالبة.

كتابة الصيغ الكيميائية لكتابة الصيغ الكيميائية لا بد أن تعرف أولاً عدد تأكسد (تكافؤ) العنصر. و**عدد التأكسد** هو عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها ذرة العنصر في أثناء التفاعل. ويظهر في **الجدول 3–4** أعداد تأكسد بعض مجموعات العناصر.

الجدول 3–4 أعداد تأكسد بعض مجموعات العناصر

المجموعة	بعض عناصر المجموعة	عدد التأكسد
1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	+1
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2
15	N, P, As	−3
16	O, S, Se, Te	−2
17	F, Cl, Br, I	−1

لا يتضمن **الجدول 3–4** الفلزات الانتقالية؛ وذلك لأن لمعظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين **13** ، **14** أكثر من عدد تأكسد محتمل، تعرّف أعداد التأكسد بالشحنة الظاهرة على الأيون كما يظهر في **الجدول 4–4**.

الجدول 4–4 أيونات بعض العناصر

المجموعة	الأيونات الشائعة
3	Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}
4	Ti^{2+}, Ti^{3+}
5	V^{2+}, V^{3+}
6	Cr^{2+}, Cr^{3+}
7	Mn^{2+}, Mn^{3+} , Tc^{2+}
8	Fe^{2+}, Fe^{3+}
9	Co^{2+}, Co^{3+}
10	Ni^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Pt^{4+}
11	Cu^{+}, Cu^{2+}, Ag^{+}, Au^{+}, Au^{3+}
12	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg_2^{2+}
13	Al^{3+}, Ga^{2+}, Ga^{3+}, In^{+}, In^{2+}, In^{3+}, Tl^{+}, Tl^{3+}
14	Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+}

ولكتابة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني اتبع الخطوات التالية:

أولاً اكتب رمز العنصر الذي يمثل الأيون الموجب عن اليسار والأيون السالب أو صيغة الأيون العديد الذرات عن اليمين.

كلوريد	الماغنسيوم	هيدروكسيد	الألومنيوم
Cl	Mg	OH	Al

ثانيًا اكتب عدد تأكسد العنصر أو الأيون العديد الذرات أسفل الرمز أو الصيغة.

Cl	Mg	OH	Al
1	2	1	3

ثالثًا بدل أعداد التأكسد بين شقي المركب، وإذا كان هناك عامل مشترك بين أعداد التأكسد فاقسم على هذا العامل حتى تصل إلى أبسط نسبة عددية. ويجب وضع صيغة الأيون العديد الذرات بين قوسين إذا وجد أكثر من أيون واحد منه في المركب.

Mg Cl	Al OH
2 1	3 1
$MgCl_2$	$Al(OH)_3$

يشتمل **الجدول 5–4** على معظم أسماء الأيونات العديدة الذرات وصيغها الكيميائية.

الجدول 5–4 الأيونات العديدة الذرات

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البيرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات	CH_3COO^-
النترات	NO_3^-	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	$H_2PO_4^-$
الهيدروكسيد	OH^-	الكربونات	CO_3^{2-}
السيانيد	CN^-	الكبريتيت	SO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
البيكربونات	HCO_3^-	الثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
الهيبوكلورايت	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{2-}
الكلورايت	ClO_2^-	الكرومات	CrO_4^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	ثنائي الكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$
فوق الكلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

تسمية المركبات الأيونية عند تسمية المركبات الأيونية اتبع القواعد التالية:

أولاً يسمى الأيون السالب أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب.

ثانيًا في حالة الأيون السالب الأحادي الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافًا إليه المقطع (يد).

ثالثًا عند وجود أكثر من عدد تأكسد للأيون الموجب يجب أن تشير إلى عدد التأكسد بالأرقام اللاتينية بعد اسم الأيون الموجب.

رابعًا عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسميته أولاً، ثم نسمي الأيون الموجب.

ومن الأمثلة على ذلك كلوريد الصوديوم NaCl، وبروميد الصوديوم NaBr، وأكسيد الألومنيوم Al_2O_3، وكلوريد الكوبلت II $CoCl_2$، وهيدروكسيد الصوديوم NaOH، وكرومات الفضة Ag_2CrO_4، ونترات النحاس II $Cu(NO_3)_2$، وأكسيد الحديد II FeO، وأكسيد الحديد III Fe_2O_3.

تمثيل التفاعلات الكيميائية

Representing Chemical Reactions

يستخدم الكيميائيون معادلات لتمثيل التفاعلات الكيميائية. وتوضح هذه المعادلاتُ **المتفاعلاتِ** وهي المواد التي توجد عند بداية التفاعل، و**النواتج** وهي المواد المتكوّنة خلال التفاعل. كما يستعمل فيها سهم لتوضيح اتجاه التفاعل، وفصل المتفاعلات عن النواتج. وتكتب المتفاعلات عن يسار السهم، والنواتج عن يمينه. وعندما يكون هناك أكثر من متفاعل أو ناتج تستخدم إشارة (+) للفصل بين المتفاعلات أو النواتج. ويبين التعبير التالي عناصر المعادلة الكيميائية:

الناتج **2** + الناتج **1** ⟶ المتفاعل **2** + المتفاعل **1**

وتستخدم الرموز في المعادلات لتوضيح الحالة الفيزيائية لكل مادة متفاعلة أو ناتجة؛ والتي قد تكون في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية أو مذابة في الماء، كما هو مبين في **الجدول 6–4**. ومن المهم توضيح هذه الرموز حيث توضع بين أقواس وتكتب أسفل صيغة كل عنصر أو مركب في التفاعل الكيميائي؛ لأنها تعطي أدلة على كيفية حدوث التفاعل الكيميائي.

الجدول 6–4 الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية

الرمز	الغرض
+	يفصل بين مادتين أو أكثر من المتفاعلات أو النواتج
⟶	يفصل المتفاعلات عن النواتج
⇌	يفصل المتفاعلات عن النواتج، ويشير إلى وجود تفاعل في الاتجاه المعاكس أي من النواتج إلى المتفاعلات ويسمى التفاعل الخلفي أو العكسي.
(s)	يشير إلى الحالة الصلبة
(l)	يشير إلى الحالة السائلة
(g)	يشير إلى الحالة الغازية
(aq)	يشير إلى المحلول المائي

المعادلات الكيميائية اللفظية يمكنك استعمال المعادلات اللفظية للتعبير عن كلٍّ من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية. وتصف المعادلة اللفظية أدناه التفاعل بين الألومنيوم Al والبروم السائل Br_2 الموضح في **الشكل 5–4**. فالسحابة الحمراء الظاهرة في الصورة هي بروم فائض. والمادة الفائضة هي التي يبقى جزء منها غير متفاعل بعد انتهاء التفاعل. أما ناتج التفاعل الذي هو جسيمات صلبة من بروميد الألومنيوم $AlBr_3$ فيستقر في قعر الكأس.

الناتج **(1)** ⟶ المتفاعل **(2)** + المتفاعل **(1)**

بروميد الألومنيوم ⟶ البروم + الألومنيوم

تُقرأ المعادلة اللفظية كما يلي: "الألومنيوم والبروم يتفاعلان لإنتاج بروميد الألومنيوم".

المعادلات الكيميائية الرمزية تستخدم رموز العناصر وصيغ المركبات في المعادلة الكيميائية الرمزية للتعبير عن المتفاعلات والنواتج. فالمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم مثلاً تستخدم رمزي الألومنيوم والبروم وصيغة بروميد الألومنيوم بدلاً من الكلمات.

$$Al_{(s)} + Br_{2(l)} \longrightarrow Al\,Br_{3(s)}$$

كيف يمكنك كتابة معادلة رمزية لتفاعل الكربون مع الكبريت لتكوين كبريتيد الكربون؟ كل من الكبريت والكربون صلب. اكتب أولاً الصيغ الكيميائية للمتفاعلات عن يسار السهم، ثم افصل بين المتفاعلات بإشارة (+)، وأشر إلى الحالة الفيزيائية لكل منها.

$$C_{(s)} + S_{(s)} \longrightarrow$$

وأخيرًا اكتب الصيغة الكيميائية للناتج عن يمين السهم، وأشر إلى حالته الفيزيائية؛ وهو في هذه المعادلة ثاني كبريتيد الكربون السائل، فتكون معادلة التفاعل الرمزية:

$$C_{(s)} + S_{(s)} \longrightarrow CS_{2(l)}$$

ومن المعادلة الرمزية نفهم أن الكربون الصلب يتفاعل مع الكبريت الصلب لينتجا ثاني كبريتيد الكربون السائل.

الشكل 5–4 الكيمياء كغيرها من المجالات لها لغة متخصصة تسمح بتواصل معلومات معينة بطريقة منتظمة. فالتفاعل بين الألومنيوم والبروم يمكن وصفه بمعادلة لفظية، أو بمعادلة كيميائية رمزية موزونة.

المفردات

مفردات علمية

الصيغة: تعبير يستخدم الرموز الكيميائية لتمثيل التفاعل الكيميائي.

الصيغة الكيميائية للماء هي H_2O.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

1. بروميد الهيدروجين ⟶ هيدروجين + بروم
2. ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + أول أكسيد الكربون
3. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة البوتاسيوم K، وذرة الكلور Cl، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي: 19، 17 على الترتيب.
4. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الماغنسيوم Mg^{2+} مع أيون النترات NO_3^-.
5. **تحفيز** اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

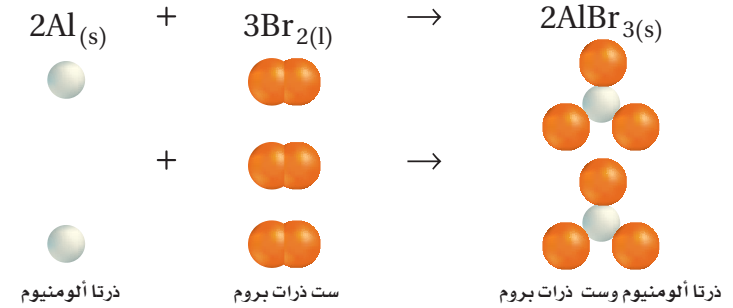
الشكل 6–4 المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية الرمزية محدودة. في هذه الحالة المعادلة الكيميائية الرمزية صحيحة، ولكنها لا توضح العدد الصحيح للذرات المتفاعلة والناتجة.

المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة تشبه المعادلات الرمزية المعادلات اللفظية في أنها تفتقر إلى معلومات مهمة عن التفاعلات. تذكر مما درست أن قانون حفظ الكتلة ينص على أنه خلال التغير الكيميائي لا تفنى المادة ولا تستحدث. لذا فالمعادلات الكيميائية يجب أن تظهر أن المادة محفوظة خلال التفاعل. فالمعادلة الرمزية تفتقر إلى هذه المعلومات. انظر إلى **الشكل 6–4**؛ حيث تظهر المعادلة الرمزية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم أن ذرة ألومنيوم واحدة تتفاعل مع ذرتي بروم فتنتج مادة تحوي ذرة ألومنيوم وثلاث ذرات بروم. هل استحدثت ذرة بروم خلال التفاعل؟ الذرات لا تستحدث في التفاعلات الكيميائية، كما ينص قانون حفظ الكتلة. ولتوضح ما يحدث بصورة صحيحة نحتاج إلى المزيد من المعلومات.

لتمثيل التفاعل الكيميائي بمعادلة صحيحة؛ يجب أن تظهر المعادلة أعدادًا متساوية من الذرات لكل من المتفاعلات والنواتج على جانبي السهم. وتسمى مثل هذه المعادلة **المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة**. والمعادلة الكيميائية الموزونة تعبير يستخدم الصيغ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمنة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.

وزن المعادلات الكيميائية
Balancing Chemical Equations

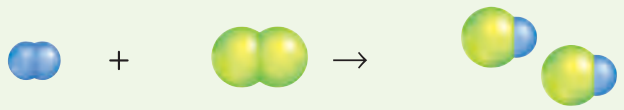
تتفق معادلة التفاعل الموزونة بين الألومنيوم والبروم المبينة في **الشكل 7–4** مع قانون حفظ الكتلة. ولكي تزن المعادلة الكيميائية يجب أن تجد المعاملات الصحيحة للصيغ الكيميائية في المعادلة الرمزية. **المعامل** في المعادلة الكيميائية هو العدد الذي يكتب قبل المادة المتفاعلة أو الناتجة. وتكون المعاملات عادة أعدادًا صحيحة، ولا تكتب إذا كانت القيمة واحدًا. وتصف المعاملات في المعادلة الموزونة أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.



الشكل 7–4 يتساوى عدد الذرات في كل من المتفاعلات والنواتج في المعادلة الكيميائية الموزونة. وفي هذه الحالة، يتطلب وجود ذرتي ألومنيوم وست ذرات بروم في طرفي المعادلة.

خطوات وزن المعادلات يمكن وزن أغلب المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الموضحة في **الجدول 7–4**. فيمكنك مثلًا استعمال هذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل بين الهيدروجين H_2، والكلور Cl_2 لإنتاج كلوريد الهيدروجين HCl.

الجدول 7–4 خطوات وزن المعادلات

الخطوات	العملية	مثال
1	**اكتب معادلة كيميائية غير موزونة.** تأكد أن الصيغ الكيميائية للمتفاعلات والنواتج صحيحة، وأن الأسهم تفصل المتفاعلات عن النواتج، وإشارة (+) تفصل بين كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، ووجود الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)}$ ذرتا هيدروجين — ذرتا كلور — ذرة هيدروجين وذرة كلور
2	**عدّ ذرات العناصر في المتفاعلات.** تتفاعل ذرتا هيدرجين وذرتا كلور.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow$ 2 ذرة هيدرجين — 2 ذرة كلور
3	عدّ ذرات العناصر في النواتج . تنتج ذرة هيدروجين وذرة كلور.	HCl 1 ذرة هيدروجين + 1 ذرة كلور
4	**غيّر المعاملات لتجعل عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.** ولا تغير أبدًا أي رقم ضمن الصيغة الكيميائية لتزن معادلة؛ لأن ذلك يغير نوع المادة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ 2 ذرة هيدروجين — 2 ذرة كلور — 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور  2 ذرة هيدروجين — 2 ذرة كلور — 2 ذرة هيدروجين 2 ذرة كلور
5	**اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة**، بحيث تكون المعاملات أصغر أعداد صحيحة ممكنة. فالنسبة $1Cl_2 : 1H_2 : 2HCl$ (1:1:2) هي أصغر نسبة ممكنة، لأنه لا يمكن اختصارها أكثر من ذلك وتظل أعدادًا صحيحة .	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ $1H_2 : 1\ Cl_2 : 2\ HCl$ 1:1:2
6	**تأكد من عملك** تأكد أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بشكل صحيح، وأن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ 2 ذرة هيدروجين — 2 ذرة كلور — 2 ذرة هيدروجين 2 ذرة كلور يوجد ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كل من طرفي المعادلة.

مثال 1–4

كتابة معادلة كيميائية رمزية موزونة اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة للتفاعل بين محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول بروميد الكالسيوم لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي. لذا ابدأ بمعادلة كيميائية غير موزونة، مستخدمًا الخطوات في **الجدول 7–4** لوزنها.

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل. تأكد من وضع المتفاعلات عن يسار السهم، والنواتج عن يمينه. وافصل المواد بإشارة (+)، ووضح حالاتها الفيزيائية.

$$NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + NaBr_{(aq)}$$

عُدّ ذرات كل عنصر في المتفاعلات: 1Na, 1 O, 1 H, 1 Ca, 2 Br

عدّ ذرات كل عنصر في النواتج: 1Ca, 2 O, 2 H, 1 Na, 1 Br

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين.

$$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$$

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن ذرات الصوديوم والبروم.

$$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaBr_{(aq)}$$

اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة.

نسبة المعاملات: 2 : 1 : 1 : 2

تأكد أن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.

النواتج: 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

المتفاعلات: 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

3 تقويم الإجابة

الصيغ الكيميائية لجميع المواد مكتوبة بشكل صحيح، وعدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة، والمعاملات مكتوبة في أبسط نسبة ممكنة. والمعادلة الموزونة للتفاعل هي:

$$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaBr_{(aq)}$$

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من التفاعلات الآتية:

6. يتفاعل كلوريد الحديد III مع هيدروكسيد الصوديوم في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد III الصلب وكلوريد الصوديوم.
7. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون CS_2 السائل مع غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2.
8. **تحفيز** يتفاعل فلز الخارصين مع حمض الكبريتيك لإنتاج غاز الهيدروجين ومحلول كبريتات الخارصين.

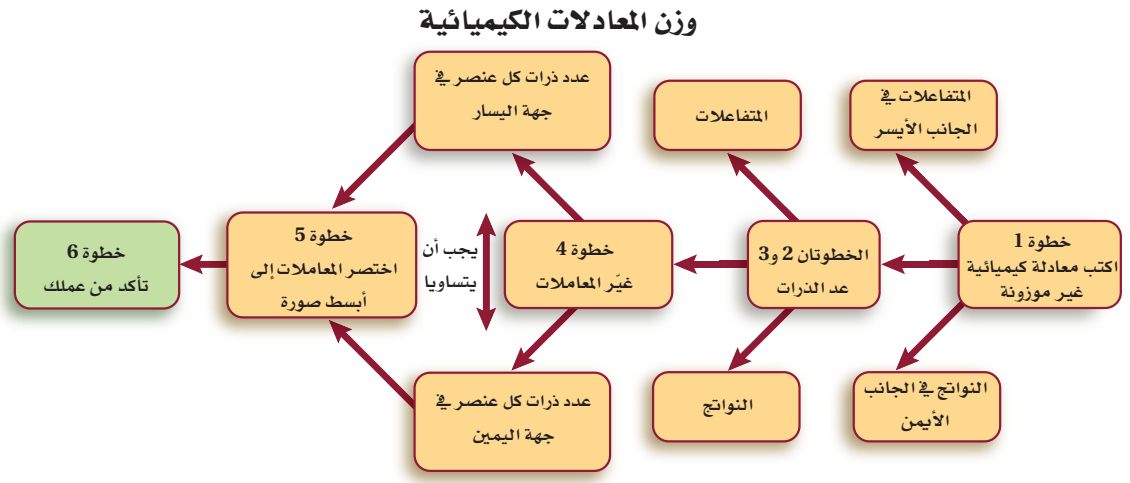
الكيمياء في واقع الحياة

هيدروكسيد الكالسيوم

الأحواض المائية للشعب المرجانية

يستخدم محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي في الأحواض المائية للشعب المرجانية لتزويد الحيوانات – ومنها الحلزون والمرجان– بعنصر الكالسيوم؛ حيث يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون في الماء لإنتاج أيونات الكالسيوم والبيكربونات.

وتستخدم حيوانات الشعب المرجانية الكالسيوم في بناء أصدافها وأجهزتها الهيكلية بصورة قوية.



الشكل 8–4 تتطلب دراستك للكيمياء القدرة على وزن المعادلات. استعمل هذا المخطط لمساعدتك على إتقان هذه المهارة. ولاحظ أن الخطوات المرقمة تقابل الخطوات في **الجدول 7–4**.

تحقيق قانون حفظ الكتلة لعل مفهوم قانون حفظ الكتلة من أهم المفاهيم الأساسية في الكيمياء. وجميع التفاعلات الكيميائية تتبع هذا القانون الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث إلا بقدرة الله تعالى . ولهذا من الضروري أن تحتوي المعادلات التي تمثل التفاعلات الكيميائية على معلومات كافية توضح أن التفاعل يحقق قانون حفظ الكتلة.

يلخص **الشكل 8–4** خطوات وزن المعادلات. ولعلك تجد أن بعض المعادلات الكيميائية يمكن وزنها بسهولة، في حين أن وزن بعضها الآخر صعب.

التقويم 4-1

الخلاصة

- قد تشير بعض التغيرات الفيزيائية إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- يحسب أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس من المعادلة: $e=2n^2$.
- توفر المعادلات الكيميائية اللفظية والرمزية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- توضح المعادلة الكيميائية الموزونة أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في طرفي المعادلة.

9. الفكرة الرئيسة فسّر ما أهمية وزن المعادلات الكيميائية؟

10. عدّد ثلاثة من المؤشرات التي تدل على حدوث التفاعل الكيميائي.

11. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة الألومنيوم Al، وذرة الأكسجين O، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي 13، 8 على الترتيب.

12. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الحديد III Fe^{3+} مع أيون الأكسجين O^{2-}.

13. قارن بين المعادلة الكيميائية اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية.

14. فسّر لماذا يجب اختصار المعاملات في المعادلة الموزونة إلى أبسط نسبة من الأعداد الصحيحة.

15. حلّل هل يمكنك عند وزن معادلة كيميائية تعديل الأرقام في الصيغة الكيميائية؟

16. قوّم هل المعادلة الآتية موزونة؟ إذا لم تكن كذلك فصحح المعاملات لوزنها:

$$K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + PbCrO_{4(S)}$$

17. قوّم يتفاعل محلول حمض الفوسفوريك المائي H_3PO_4 مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي $Ca(OH)_2$ لإنتاج فوسفات الكالسيوم الصلبة $Ca_3(PO_4)_2$ والماء. اكتب معادلة كيميائية موزونة تعبر عن هذا التفاعل.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4–2

تصنيف التفاعلات الكيميائية

Classifying Chemical Reactions

الأهداف

- **تصنف** التفاعلات الكيميائية.
- **تحدد** مميزات الأنواع المختلفة للتفاعلات الكيميائية.

مراجعة المفردات

الفلز: عنصر يكون صلبًا في الغالب عند درجة حرارة الغرفة، وموصلًا جيدًا للحرارة والكهرباء، ولامعًا عمومًا.

المفردات الجديدة

تفاعل التكوين
تفاعل الاحتراق
تفاعل التفكك
تفاعل الإحلال البسيط
تفاعل الإحلال المزدوج
الراسب

الفكرة الرئيسة **هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.**

الربط مع الحياة قد تحتاج إلى وقت طويل للعثور على كتاب ما في مكتبة غير منظمة. لذا تُصنف الكتب في المكتبات في مجموعات مختلفة لتسهيل عملية البحث عنها. وكذلك تصنف التفاعلات الكيميائية إلى أنواع مختلفة.

أنواع التفاعلات الكيميائية Types of Chemical Reactions

يصنف الكيميائيون التفاعلات الكيميائية لتنظيم الأعداد الكبيرة من هذه التفاعلات التي تحدث يوميًّا. إن معرفة أنواع التفاعلات الكيميائية تساعدك على تذكرها وفهمها، كما تساعدك أيضًا على معرفة أنماط حدوثها وتوقع نواتج الكثير منها. وهناك عدة طرائق لتصنيف التفاعلات الكيميائية، من أبسطها تلك التي تصنف التفاعلات إلى أربعة أنواع، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال. وقد تندرج بعض التفاعلات تحت أكثر من نوع من هذه الأنواع.

تفاعلات التكوين Synthesis Reactions

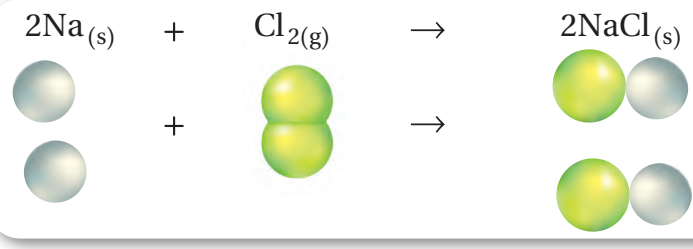
تفاعل التكوين تفاعل كيميائي تتحد فيه مادتان أو أكثر لتكوين مادة واحدة، ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة الآتية: $A + B \rightarrow AB$

عندما يتفاعل عنصران فإن التفاعل بينهما يكون دائمًا تفاعل تكوين. فعلى سبيل المثال، يتفاعل عنصر الصوديوم مع عنصر الكلور وينتج كلوريد الصوديوم، انظر **الشكل 9–4**. كما يمكن أن يتحد مركبان لتكوين مركب واحد. فمثلًا التفاعل بين أكسيد الكالسيوم CaO والماء H_2O لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ هو تفاعل تكوين.

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}$$

وهناك نوع آخر من تفاعلات التكوين يتضمن تفاعل مركب مع عنصر، مثل تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع غاز الأكسجين O_2 لتكوين غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$$



الشكل 9–4 يتفاعل عنصرا الصوديوم والكلور لتكوين مركب واحد، هو كلوريد الصوديوم.

الشكل 10–4 الضوء الناتج هنا هو نتيجة تفاعل احتراق بين الأكسجين وفلزات مختلفة.

المفردات

أصل الكلمة

الاحتراق (Combustion): أصل هذه الكلمة لاتيني comburere، وتعني يحترق.

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

يمكن أن يصنف تفاعل التكوين بين الأكسجين وثاني أكسيد الكبريت على أنه تفاعل احتراق أيضًا. في **تفاعل الاحتراق**، كالذي يظهر في **الشكل 10–4**، يتحد الأكسجين مع مادة كيميائية مطلقًا طاقة على شكل حرارة وضوء. ويمكن للأكسجين أن يتحد بهذه الطريقة مع مواد كثيرة مختلفة، مما يجعل تفاعلات الاحتراق شائعة. ولمعرفة المزيد عن اكتشاف التفاعلات الكيميائية سواء كانت تفاعلات احتراق أو غيرها، انظر **الشكل 11–4**. فيحدث تفاعل الاحتراق مثلًا بين الهيدروجين والأكسجين عندما يسخَّن الهيدروجين؛ حيث يتكون الماء خلال التفاعل، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة، انظر **الشكل 12–4**. كما يحدث تفاعل احتراق عند حرق الفحم للحصول على الطاقة، بحسب المعادلة التالية:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

الشكل 11–4

تفاعلات كيميائية من واقع الحياة

عمل الناس على مر العصور على فهم الطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاستفادة منها في حل مشاكلهم.

في عام 1885م اخترع محرك الاحتراق الداخلي، وقد صار فيما بعد نموذجًا للمحرك الحديث.

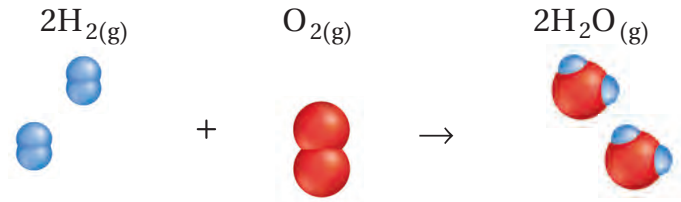
في عام 1800م أدت بعض أبحاث النبات إلى اكتشاف معادلة كيميائية موزونة لعملية البناء الضوئي.

1920 | 1905 | 1800 | 1700 | 1600

1909-1910م قام العالمان الألمانيان فرتز هابر وكارل بوش بوضع عملية لتحضير الأمونيا.

في 1775م أثبت أنطوني لافوازييه أن تفاعلات الاحتراق طاردة للطاقة، وتتطلب وجود الأكسجين.

في 1635م افتتح أول مصنع للتفاعلات الكيميائية في ولاية بوسطن الأمريكية فكان ينتج الملح الصخري، ومكونات البارود، والشب الذي يستخدم في دباغة جلود الحيوانات.



الشكل 12–4 يتكون الماء خلال تفاعل الاحتراق بين غازي الهيدروجين والأكسجين.

حلل لماذا يعد هذا التفاعل تفاعل احتراق وتفاعل تكوين أيضًا؟

لاحظ أن جميع تفاعلات الاحتراق التي ذُكرت هي تفاعلات تكوين أيضًا، إلا أنه ليس كل تفاعلات الاحتراق تفاعلات تكوين. فمثلاً ينتج تفاعل احتراق غاز الميثان أكثر من مركب، كما هو مبين في المعادلة التالية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الميثان هو المكون الرئيس للغاز الطبيعي، وينتمي إلى مجموعة من المركّبات تسمى الهيدروكربونات، وهي المكون الأساسي للنفط. وتحتوي الهيدروكربونات جميعها على كربون وهيدروجين، وتحترق في الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وكمية كبيرة من الطاقة، وهذا ما يجعل من النفط المصدر الأساسي للطاقة في حياتنا.

مسائل تدريبية

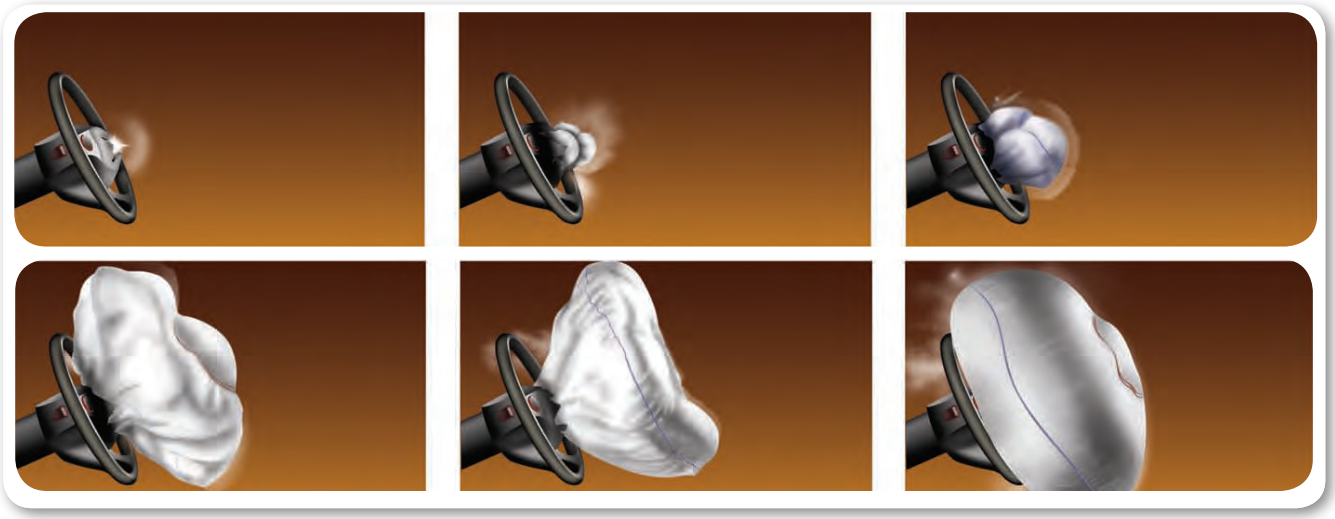
اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات التالية، وصنف كل تفاعل منها:

18. تفاعل الألومنيوم مع الكبريت لإنتاج كبريتيد الألومنيوم الصلب.

19. تفاعل الماء مع غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5 لإنتاج حمض النيتريك.

20. تفاعل غازي ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين، لإنتاج غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين.

21. **تحفيز** تفاعل حمض الكبريتيك مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول كبريتات الصوديوم والماء.



الشكل 13–4 ينتج عن تفكك أزيد الصوديوم NaN_3 غاز النيتروجين. وهو التفاعل الذي يستعمل في نفخ أكياس الهواء في السيارات.

تفاعلات التفكك Decomposition Reactions

تفاعل التفكك هو تفاعل يتفكك فيه مركب واحد لإنتاج عنصرين أو أكثر أو مركبات جديدة. ولهذا فإن تفاعلات التفكك هي عكس تفاعلات التكوين. ويمكن تمثيلها بالمعادلة العامة التالية:

$$AB \rightarrow A + B$$

وغالبًا ما تحتاج تفاعلات التفكك إلى مصدر للطاقة، كالحرارة أو الضوء أو الكهرباء. تتفكك نترات الأمونيوم مثلًا إلى أكسيد النيتروجين وماء عندما تسخن إلى درجة حرارة عالية:

$$NH_4NO_{3(S)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

لاحظ أن هذا التفاعل يتضمن تفكك مادة متفاعلة واحدة إلى أكثر من ناتج. ومن الأمثلة المشهورة على تفاعلات التفكك تفكك أزيد الصوديوم وفق المعادلة التالية:

$$2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

ويستعمل هذا التفاعل في نفخ أكياس الهواء (أكياس السلامة) في السيارات، انظر الشكل **13–4**؛ حيث يوضع في الكيس مع الأزيد جهاز يوفر إشارة كهربائية لبدء التفاعل. وعندما ينشط الجهاز نتيجة الاصطدام يتحلل أزيد الصوديوم منتجًا غاز النيتروجين الذي ينفخ الكيس بسرعة.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات التحلل (التفكك) الآتية:

22. يتفكك أكسيد الألومنيوم الصلب عندما تسري فيه الكهرباء إلى ألومنيوم صلب وغاز الأكسجين .

23. يتفكك هيدروكسيد النيكل II الصلب لإنتاج أكسيد النيكل II الصلب والماء.

24. **تحفيز** ينتج عن تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية الصلبة كربونات الصوديوم الذائبة وماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

ليثيوم + ماء

نحاس + نترات الفضة

الشكل 14–4 في تفاعل الإحلال البسيط تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

تفاعلات الإحلال Replacement Reactions

هناك الكثير من التفاعلات التي تتضمن إحلال عنصر محل عنصر آخر في مركب، وتسمى هذه التفاعلات تفاعلات الإحلال. وهناك نوعان منها، هما الإحلال البسيط، والإحلال المزدوج.

تفاعلات الإحلال البسيط: يبين **الشكل (a) 14–4** التفاعل بين الليثيوم والماء، حيث تحل فيه ذرة ليثيوم محل ذرة واحدة من ذرتي الهيدروجين في الماء، كما توضحه المعادلة التالية:

$$2Li_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2LiOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

ويسمى التفاعل الذي تحل فيه ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب **تفاعل الإحلال البسيط**، ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة التالية:

$$A + BX \rightarrow AX + B$$

الفلز يحل محل الهيدروجين أو فلز آخر التفاعل بين الليثيوم والماء أحد الأمثلة على تفاعلات الإحلال البسيط؛ حيث تحل فيه ذرة فلز محل ذرة هيدروجين في جزيء الماء. ويحدث نوع آخر من الإحلال البسيط عندما يحل فلز محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء. يظهر **الشكل (b) 14–4** حدوث تفاعل إحلال بسيط عند وضع صفيحة من النحاس في محلول مائي لنترات الفضة. فالبلورات المتراكمة على قطعة النحاس هي ذرات الفضة التي حلت محلها ذرات النحاس.

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

لا يحل الفلز دائمًا محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء؛ وذلك لأن الفلزات تختلف في نشاطها، ويقصد بالنشاط مقدرة الفلز على التفاعل مع مادة أخرى. ويبين **الشكل 15–4** سلسلة النشاط الكيميائي لبعض الفلزات. وتستخدم تفاعلات الإحلال في تحديد موقع الفلزات في السلسلة؛ حيث يوجد أنشط الفلزات في أعلى السلسلة، بينما يوجد أقلها نشاطًا في أسفلها. وقد رتبت الهالوجينات أيضًا في سلسلة النشاط الكيميائي بحسب نشاطها، كما هو مبين في **الشكل 15–4**.

الشكل 15–4 سلسلة النشاط الكيميائي كالمبينة هنا للفلزات والهالوجينات هي أداة مفيدة في تحديد إمكانية حدوث تفاعل كيميائي، وتحديد نواتج تفاعلات الإحلال البسيط.

يمكنك استعمال سلسلة النشاط الكيميائي لتتوقع ما إذا كان سيحدث تفاعل أم لا. إن أي فلز يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع بعده في سلسلة النشاط الكيميائي، ولكن لا يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع قبله. فمثلًا تحل ذرات النحاس محل ذرات الفضة في محلول نترات الفضة، ولكن لو وضعت سلكًا من الفضة في محلول نترات النحاس II فإن ذرات الفضة لا تحل محل ذرات النحاس؛ لأن الفضة تقع بعد النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا لا يحدث تفاعل. ويستخدم الرمز (NR) عادة للدلالة على عدم حدوث تفاعل كيميائي.

$$Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow NR$$

اللافلز يحل محل اللافلز هناك نوع ثالث من تفاعلات الإحلال البسيط، حيث يحل فيه لافلز محل لافلز آخر في مركب. كما هو شائع في بعض تفاعلات الهالوجينات. فالهالوجينات كالفلزات؛ فهي تظهر مستويات مختلفة من النشاط في تفاعلات الإحلال. ويوضح **الشكل 15–4** سلسلة النشاط الكيميائي للهالوجينات، التي تبين أن الفلور أنشط الهالوجينات، واليود أقلها نشاطًا. فالهالوجين الأنشط يحل محل الهالوجين الأقل نشاطًا في مركب ذائب في الماء. فالفلور مثلًا يحل محل البروم في محلول مائي لبروميد الصوديوم. لكن لا يحل البروم محل الفلور في محلول مائي لفلوريد الصوديوم.

$$F_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaF_{(aq)} + Br_{2(l)}$$

$$Br_{2(l)} + 2NaF_{(aq)} \rightarrow NR$$

ماذا قرأت؟ وضح كيف يحدث تفاعل الإحلال البسيط؟

تجربة عملية
تفاعلات الإحلال البسيط
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في الخواص

كيف تُفسر نشاط الهالوجينات؟ تقع الهالوجينات في المجموعة رقم **17** من الجدول الدوري، ويخبرنا هذا بأن للهالوجينات بعض الخواص العامة؛ فجميع الهالوجينات لا فلزات، ويوجد في مستويات طاقاتها الخارجية سبعة إلكترونات. ومع ذلك فلكل هالوجين ما يميزه من الخواص، ومن ذلك مدى قابلية التفاعل مع مادة أخرى.

التحليل

تفحص الشكل المبين الذي يظهر ترتيب الهالوجينات بحسب نشاطها الكيميائي.

التفكير الناقد

1. فسر كيف تساعدك سلسلة نشاط الهالوجينات على توقع ما إذا كان التفاعل سيحدث أم لا؟

الهالوجينات

الأكثر نشاطًا

فلور
كلور
بروم
يود

الأقل نشاطًا

2. هل يحل الفلور محل الكلور في محلول مائي لكلوريد الصوديوم؟ فسر إجابتك.

3. ادرس المعادلة التالية:

$$I_{2(g)} + NaBr_{(aq)} \rightarrow NR$$

لماذا لا يحل اليود محل البروم؟

4. أي الهالوجينات يتفاعل أسرع مع الصوديوم؟

مثال 2–4

تفاعلات الإحلال البسيط توقع نواتج التفاعلات الكيميائية التالية، واكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة تمثل كلًّا منها:

a. $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow$

b. $Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow$

c. $Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow$

1 تحليل المسألة

استخدم **الشكل 15–1** لتحدد ما إذا كان كل من التفاعلات الكيميائية السابقة سيحدث أم لا، وحدِّد نواتج كل تفاعل يتوقع حدوثه، واكتب معادلة كيميائية رمزية تمثل التفاعل، وزِنْها.

2 حساب المطلوب

a. يقع الحديد قبل النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا فإن التفاعل سيحدث؛ لأن الحديد أنشط من النحاس. وفي هذه الحالة يحل الحديد محل النحاس، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل على النحو التالي:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

وهذه المعادلة موزونة.

b. البروم أقل نشاطًا من الكلور؛ لأنه يقع بعد الكلور في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا لا يحدث تفاعل. ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الكيميائية الرمزية التالية:

$$Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow NR$$

وفي هذه الحالة لا تتطلب المعادلة وزنًا.

c. يقع الماغنسيوم قبل الألومنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا فإن التفاعل سيحدث؛ لأن الماغنسيوم أنشط من الألومنيوم. وفي هذه الحالة يحل الماغنسيوم محل الألومنيوم، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية غير الموزونة للتفاعل:

$$Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Al_{(s)}$$

والمعادلة الموزونة هي: $3Mg_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 3MgCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)}$

3 تقويم الإجابة

تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في **الشكل 15–4** التوقعات. المعادلات الكيميائية موزونة؛ لأن عدد الذرات هو نفسه في طرفي المعادلة.

مسائل تدريبية

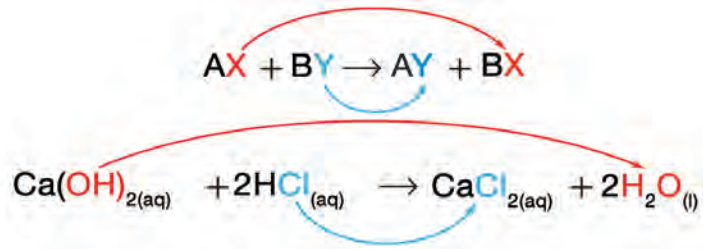
توقع ما إذا كانت تفاعلات الإحلال البسيط التالية ستحدث أم لا، وأكمل المعادلة الكيميائية الرمزية لكل تفاعل يتوقع حدوثه، ثم زنها:

25. $Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow$

26. $Cl_{2(g)} + HF_{(aq)} \rightarrow$

27. $Fe_{(s)} + Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow$

28. تحفيز $Al_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$



الشكل 16–4 تتبادل الأيونات أماكنها في تفاعلات الإحلال المزدوج كما في تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك.

تفاعلات الإحلال المزدوج يسمى التفاعل الذي يتم فيه تبادل الأيونات بين مركبين **تفاعل الإحلال المزدوج**. انظر المعادلة العامة في **الشكل 16–4**.

يمثّل الرمزان A و B في هذه المعادلة أيونين موجبين، بينما يمثل الرمزان X و Y أيونين سالبين. لاحظ أن الأيونين السالبين قد تبادلا موقعيهما، وصارَا مرتبطين بأيونين موجبين مختلفين، وبمعنى آخر، حل X محل Y، وحل Y محل X. ولهذا السبب يسمى التفاعلُ تفاعل الإحلال المزدوج. فتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مثلاً وحمض الهيدروكلوريك الموضح في المعادلة التالية هو إحلال مزدوج.

$$Ca(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

الأيونات في التفاعل هي: Ca^{2+}, OH^-, H^+, Cl^-. لاحظ أن الأيونين السالبين Cl^- وOH^- قد غيّرا موقعيهما، وارتبطا بالأيونين الموجبين Ca^{2+} وH^+، على الترتيب. كما أن تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II هو أيضًا تفاعل إحلال مزدوج.

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أن الأيونين السالبين Cl^- و OH^- قد غيّرا موقعيهما وارتبطا بأيونين موجبين آخرين Na^+ و Cu^{2+}. ويظهر من **الشكل 17–4** أن ناتج هذا التفاعل مادة صلبة لا تذوب في الماء، وهي هيدروكسيد النحاس II. وتسمى المادة الصلبة التي تنتج خلال تفاعل كيميائي في محلولٍ ما **راسبًا**.

نواتج تفاعلات الإحلال المزدوج إحدى المميزات الأساسية لتفاعلات الإحلال المزدوج هي نوع الناتج المتكون عندما يحدث التفاعل. فجميع هذه التفاعلات تنتج ماءً، أو راسبًا، أو غازًا.

الشكل 17–4 عندما يضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كلوريد النحاس II، تتبادل أيونات Cl^- وOH^- موقعيهما، وينتج عن التفاعل كلوريد الصوديوم الذي يبقى ذائبًا في المحلول، وهيدروكسيد النحاس II الذي يترسب في صورة مادة صلبة زرقاء اللون.

الجدول 8–4 الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج

الخطوات	مثـــال
1. اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلات.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
2. عيّن الأيونات الموجبة والسالبة في كل مركب.	$Al(NO_3)_3$ فيه Al^{3+} و NO^{3-} H_2SO_4 فيه H^+ و SO_4^{2-}
3. اربط بين كل أيون موجب والأيون السالب في المركب الآخر.	SO_4^{2-} يرتبط مع Al^{3+} NO_3^- يرتبط مع H^+
4. اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج مستعينًا بالخطوة 3.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
5. اكتب المعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الإحلال المزدوج.	$Al(NO_3)_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + HNO_{3(aq)}$
6. زن المعادلة.	$2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + 6HNO_{3(aq)}$

ارجع إلى تفاعلَي الإحلال المزدوج اللذين نوقشا؛ حيث ينتج ماء عن تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك، وينتج عن تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II راسب. ومن تفاعلات الإحلال المزدوج التي تُنتج غازًا تفاعل سيانيد البوتاسيوم KCN وحمض الهيدروبروميك HBr.

$$KCN_{(aq)} + HBr_{(aq)} \rightarrow KBr_{(aq)} + HCN_{(g)}$$

ويبين **الجدول 8–4** الخطوات الأساسية لكتابة معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج.

ماذا قرأت؟ **صف** ما يحدث للأيونات السالبة في تفاعلات الإحلال المزدوج.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج الآتية:

29. تتفاعل المادتان اللتان عن اليسار معًا لإنتاج يوديد الفضة الصلب ومحلول نترات الليثيوم.

30. يتفاعل محلول كلوريد الباريوم مع محلول كربونات البوتاسيوم لإنتاج كربونات الباريوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.

31. يتفاعل محلول كبريتات الصوديوم مع محلول نترات الرصاص II لإنتاج كبريتات الرصاص II الصلبة ومحلول نترات الصوديوم.

32. **تحفيز** يتفاعل حمض الإيثانويك (حمض الخل) CH_3COOH مع هيدروكسيد البوتاسيوم لإنتاج إيثانوات البوتاسيوم (خلات البوتاسيوم) والماء.

$AgNO_{3(aq)}$ $LiI_{(aq)}$

الجدول 9–4 النواتج المتوقعة لبعض التفاعلات الكيميائية

نوع التفاعل	المواد المتفاعلة	النواتج المتوقعة	المعادلة العامة
التكوين	• مادتان أو أكثر	• مركب واحد	$A + B \rightarrow AB$
الاحتراق	• فلز وأكسجين • لافلز وأكسجين • مركب وأكسجين	• أكسيد الفلز • أكسيد اللافلز • أكسيدان أو أكثر	$A + O_2 \rightarrow AO$
التفكك	مركب واحد	عنصران أو أكثر و/أو مركبات أخرى	$AB \rightarrow A + B$
الإحلال البسيط	فلز ومركب لافلز ومركب	مركب جديد والفلز المستعاض عنه مركب جديد واللافلز المستعاض عنه	$A + BX \rightarrow AX + B$
الإحلال المزدوج	مركبان	مركبان مختلفان، أحدها صلب، أو ماء، أو غاز.	$AX + BY \rightarrow AY + BX$

يلخص **الجدول 9–4** أنواع التفاعلات الكيميائية. يمكنك الاستعانة بالجدول لمعرفة أنواع التفاعلات المختلفة وتوقع نواتجها. على سبيل المثال، كيف تحدد نوع التفاعل بين أكسيد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون في إنتاج كربونات الكالسيوم الصلبة؟

أولاً: اكتب المعادلة الكيميائية.

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$$

ثانيًا: حدد ما يحدث في التفاعل. في هذه الحالة، تتفاعل مادتان وينتج عنهما مركب واحد.

ثالثًا: استعن بالجدول لتحديد نوع التفاعل. التفاعل هو تفاعل تكوين.

رابعًا: تأكد من إجابتك بمقارنة معادلة التفاعل بالمعادلة العامة لنوع التفاعل.

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$$
$$A + B \rightarrow AB$$

التقويم 4-2

الخلاصة

- يسهّل تصنيف التفاعلات الكيميائية فهمها وتذكرها وتعرّفها.
- تستخدم سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.

33. الفكرة الرئيسة **وضّح** الأنواع الأربعة من التفاعلات الكيميائية وخواصها.

34. **اشرح** كيف تم ترتيب سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات؟

35. **قارن** بين تفاعلات الإحلال البسيط والإحلال المزدوج.

36. **صف** ماذا ينتج عن تفاعل الإحلال المزدوج؟

37. **صنّف.** ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

38. **فسّر البيانات.** هل يمكن للتفاعل الآتي أن يحدث؟ فسّر إجابتك.

$$3Ni + 2AuBr_3 \rightarrow 3NiBr_2 + 2Au$$

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4–3

التفاعلات في المحاليل المائية
Reactions in Aqueous Solutions

الأهداف

- **تصف** المحاليل المائية.
- **تكتب** معادلات أيونية كاملة ومعادلات أيونية نهائية للتفاعلات الكيميائية في المحاليل المائية.
- **تتوقع** ما إذا كانت التفاعلات في المحاليل المائية ستؤدي إلى إنتاج راسب، أو ماء، أو غاز.

مراجعة المفردات

المحلول: مخلوط متجانس قد يحوي مواد صلبة، أو سائلة، أو غازية.

المفردات الجديدة

المحلول المائي
المذاب
المذيب
المعادلة الأيونية الكاملة
الأيونات المتفرجة
المعادلة الأيونية النهائية

الفكرة الرئيسة **تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، وتؤدي إلى إنتاج رواسب، أو ماء، أو غازات.**

الربط مع الحياة يستعمل مسحوق نكهة الليمون في تحضير شراب الليمون. فعندما يضاف المسحوق إلى الماء فإن بلوراته تذوب فيه مكوّنة محلولًا له نكهة الليمون.

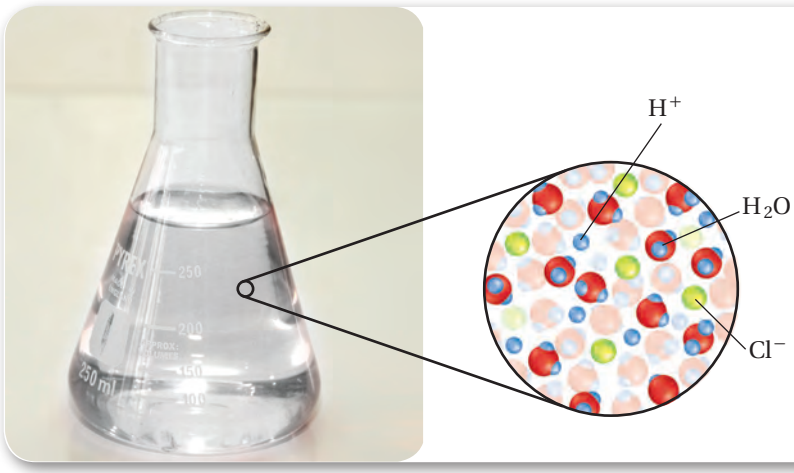
المحاليل المائية Aqueous Solutions

عرفتَ سابقًا أن المحلول مخلوط متجانس. كما أنَّ الكثير من التفاعلات التي نوقشت تتضمن موادّ مذابة في الماء، أيْ تكون على شكل محاليل مائية. و**المحلول المائي** يحتوي على مادة أو أكثر مذابة في الماء تسمى **المذاب**. أما الماء – أكبر مكوّنات المحلول – فيسمى **المذيب**.

المركبات الجزيئية في المحلول الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائمًا، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة. فالسكروز (سكر المائدة)، والإيثانول (الكحول) هما مركبان يذوبان في المحلول في صورة جزيئات، وهناك مواد جزيئية (تساهمية) تكوّن أيونات عندما تذوب في الماء. فالمركب الجزيئي كلوريد الهيدروجين مثلًا يكوّن أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد عندما يذوب في الماء، كما هو مبين في **الشكل 18–4**. ويمكن تمثيل عملية التأين هذه بالمعادلة الآتية:

$$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

تسمى المركبات التي تنتج أيونات الهيدروجين ـ ومنها كلوريد الهيدروجين ـ أحماضًا، ولهذا فإن محلول كلوريد الهيدروجين المائي يُسمى حمض الهيدروكلوريك. وسوف تعرف أكثر عن الأحماض لاحقًا.



الشكل 18–4 يتفكك حمض الهيدروكلوريك HCl في الماء إلى أيونات هيدروجين H^+، وأيونات كلوريد Cl^-.

المركبات الأيونية في المحلول تتكون المركبات الأيونية من أيونات موجبة وأيونات سالبة مرتبطة معًا بروابط أيونية. وعندما تذوب المركبات الأيونية في الماء فإن أيوناتها تنفصل بعضها عن بعض. وتسمى هذه العملية التفكك. فالمحلول المائي لكلوريد الصوديوم مثلًا يحتوي على أيونات Na^+ و Cl^-.

أنواع التفاعلات في المحاليل المائية
Types of Reactions in Aqueous Solutions

عند مزج محلولين مائيين يحويان أيونات ذائبة فإن الأيونات قد يتفاعل بعضها مع بعض. وكثير من هذه التفاعلات تفاعلات إحلال مزدوج، ويمكن أن تؤدي إلى ثلاثة أنواع من النواتج هي: راسب، أو ماء، أو غاز. أما جزيئات المذيب ـ وهي في الغالب جزيئات ماء ـ فلا تتفاعل عادةً.

التفاعلات التي تكوّن رواسب بعض التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية تنتج رواسب. فمثلًا، عند خلط محلول هيدروكسيد الصوديوم مع محلول كلوريد النحاس II يحدث تفاعل إحلال مزدوج يؤدي إلى تكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II.

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أن المعادلة الكيميائية لا توضح بعض تفاصيل هذا التفاعل؛ فهيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس II مركبات أيونية، ولهذا فهما يوجدان في محلوليهما على شكل أيونات Na^+ , OH^- , Cu^{2+} , Cl^- كما هو مبين في **الشكل 19–4**. وعند مزج المحلولين تتحد أيونات Cu^{2+} مع أيونات OH^- لتكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$. أما أيونات Cl^- و Na^+ فتبقى ذائبة في المحلول.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

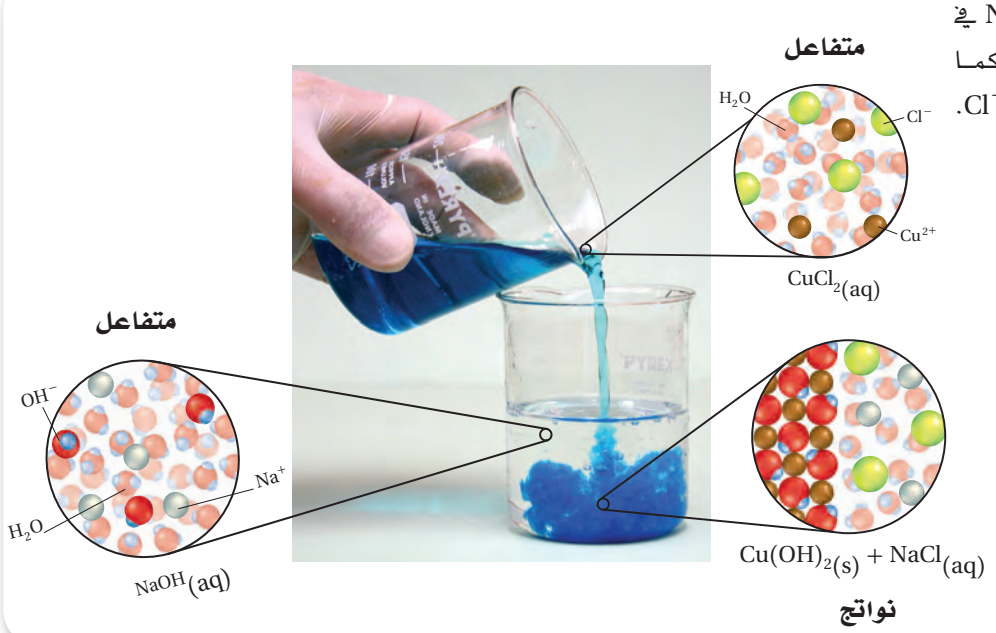
المركب

الاستعمال العلمي: اتحاد عنصرين أو أكثر كيميائيًّا.

ملح الطعام مركب ينتج عن اتحاد عنصر الصوديوم مع عنصر الكلور.

الاستعمال الشائع: كلمة تتكون من مقطعين.

ملح الطعام يسمى كلوريد الصوديوم.



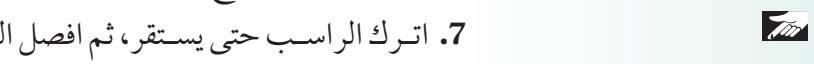
الشكل 19–4 يتفكك NaOH في الماء إلى أيوني Na^+ و OH^-، كما يتفكك $CuCl_2$ إلى أيوني Cu^{2+} و Cl^-.

تجربة

لاحظ تفاعلاً يكوّن راسبًا

كيف يكوّن محلولان مادة صلبة؟

خطوات العمل



1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع 50 mL ماءً مقطرًا في كأس سعتها 150 mL.
3. زن 4 g من حبيبات NaOH، ثم أضفها بالتدريج حبيبة بعد أخرى إلى الكأس. واحرص على تحريك المحلول بساق التحريك حتى تذوب كل حبيبة تمامًا قبل إضافة الأخرى.
4. زن 6 g من ملح إبسوم (كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$)، وضعها في كأس أخرى سعتها 150 mL، ثم أضف 50 mL ماء مقطرًا إلى الملح، وحركه بساق التحريك حتى يذوب الملح تمامًا.
5. أضف محلول ملح إبسوم ببطء إلى محلول NaOH، وسجل ملاحظاتك.
6. حرك المحلول الناتج، وسجل ملاحظاتك.
7. اترك الراسب حتى يستقر، ثم افصل السائل عنه في **مخبار مدرج** سعته 100 mL.
8. تخلص من الراسب كما يرشدك معلمك.

التحليل

1. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة للتفاعل بين NaOH و $MgSO_4$. ولاحظ أن أغلب مركبات الكبريتات توجد في صورة أيونات في المحاليل المائية.
2. اكتب المعادلة الأيونية الكاملة لهذا التفاعل.
3. حدد أي الأيونات متفرجة، ثم اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

المعادلات الأيونية لتوضيح تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية، يستخدم الكيميائيون المعادلات الأيونية، وهي تختلف عن المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة في أنّ المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة. فلكيْ تكتب المعادلة الأيونية لتفاعل محلولي NaOH و $CuCl_2$ مثلًا يجب أن تكتب المتفاعلات والناتج NaCl على شكل أيونات.

$$2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow$$

$$2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

وتُسمى المعادلة التي تبين الجسيمات في المحلول **المعادلة الأيونية الكاملة**. لاحظ أن أيونات الصوديوم والكلور مواد متفاعلة وناتجة في الوقت نفسه، أيْ أنها لم تشارك في التفاعل، ولهذا تسمى **الأيونات المتفرجة**. وعند شطب هذه الأيونات من طرفي المعادلة الأيونية تحصل على ما يسمى **المعادلة الأيونية النهائية**، وهي تشتمل على الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط.

$$\cancel{2Na^+_{(aq)}} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} \rightarrow$$

$$\cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أنه لم يتبق سوى أيونات الهيدروكسيد والنحاس في المعادلة الأيونية النهائية الموضحة أدناه:

$$2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu(OH)_{2(s)}$$

ماذا قرأت؟ **قارن** فيم تختلف المعادلات الأيونية عن المعادلات الرمزية الكيميائية؟

مثال 3–4

التفاعلات التي تكوّن راسبًا اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلول نترات الباريوم مع محلول كربونات الصوديوم الذي يكوّن راسبًا من كربونات الباريوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت أسماء المركبات للمواد المتفاعلة والنواتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الكميات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبشطب الأيونات المتفرجة من طرفي هذه المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل:

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

زن المعادلة الكيميائية الرمزية

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة

$$Ba^{2+}_{(aq)} + 2NO_3{}^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + CO_3{}^{2-}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2Na^+_{(aq)} + 2NO_3{}^-_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة

$$Ba^{2+}_{(aq)} + \cancel{2NO_3{}^-_{(aq)}} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + CO_3{}^{2-}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2NO_3{}^-_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية

$$Ba^{2+}_{(aq)} + CO_3{}^{2-}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)}$$

3 تقويم الإجابة

المعادلات موزونة؛ لأن عدد الذرات هو نفسه في طرفيها. وتشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد، وتبين الأيونات المتفاعلة لتكوين الراسب (المادة الصلبة).

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة، وأيونية كاملة، وأيونية نهائية لكل من التفاعلات الآتية التي قد تكوّن راسبًا، مستخدمًا (NR) لبيان عدم حدوث تفاعل.

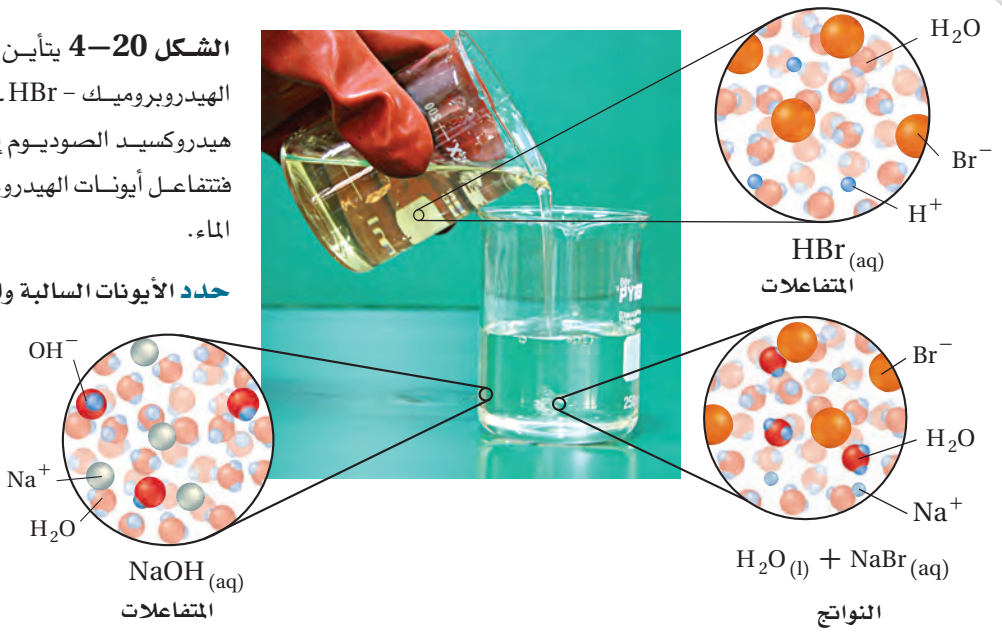
39. عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم KI ونترات الفضة تكوّن راسب من يوديد الفضة.

40. عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم لم يتكون أي راسب، ولم يتصاعد أي غاز.

41. عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم تكوّن راسب من هيدروكسيد الألومنيوم.

42. عند خلط محلولي كبريتات الليثيوم ونترات الكالسيوم تكوّن راسب من كبريتات الكالسيوم.

43. تحفيز عند خلط محلولي كربونات الصوديوم وكلوريد المنجنيز الخماسي (V) تكوّن راسب يحتوي على المنجنيز.



الشكل 20–4 يتأين بروميد الهيدروجين – حمض الهيدروبروميك – HBr في الماء إلى H^+ و Br^-. ويتفكك هيدروكسيد الصوديوم إلى Na^+ و OH^- في الماء أيضًا، فتتفاعل أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد وتكوّن الماء.

حدد الأيونات السالبة والأيونات الموجبة في هذا التفاعل.

التفاعلات التي تكوّن ماء هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزدوج يؤدي إلى تكوين جزيئات ماء، فيزداد عدد جزيئات الماء (المذيب). وبخلاف التفاعلات التي يتكون فيها راسب، لا يلاحظ في هذا النوع من التفاعلات دليل على حدوث تفاعل كيميائي؛ لأن الماء عديم اللون والرائحة، كما أنه يشكّل أغلب المحلول. فعندما تخلط محلول حمض الهيدروبروميك HBr مثلًا مع محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH كما هو مبين في **الشكل 20–4**، يحدث تفاعل إحلال مزدوج، ويتكون ماء، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NaBr_{(aq)}$$

وينتج عن التفاعل بروميد الصوديوم، ويكون في صورة أيونات في المحلول المائي. وتوضح المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل هذه الأيونات:

$$H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + Na^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$$

لو دققت في هذه المعادلة فسوف تلاحظ أن الأيونات المتفاعلة هي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد؛ لأن كلًّا من أيونات الصوديوم وأيونات البروميد أيونات متفرجة. وإذا حذفت الأيونات المتفرجة فستبقى فقط الأيونات التي تشارك في التفاعل.

$$H^+_{(aq)} + \cancel{Br^-_{(aq)}} + \cancel{Na^+_{(aq)}} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + \cancel{Na^+_{(aq)}} + \cancel{Br^-_{(aq)}}$$

وتكون المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

ماذا قرأت؟ حلّل لماذا تسمى أيونات الصوديوم وأيونات البروميد في تفاعل محلول هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروبروميك أيونات متفرجة؟

مثال 4–4

التفاعلات التي تكون ماء اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع محلول هيدروكسيد الليثيوم الذي يكوّن ماء ومحلول كلوريد الليثيوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الصيغ الكيميائية والكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمتفاعلات والنواتج. وبشطب الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل، ثم زنها.

$$HCl_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + LiCl_{(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة.

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Li^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + Li^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة.

$$H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + \cancel{Li^+_{(aq)}} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + \cancel{Li^+_{(aq)}} + \cancel{Cl^-_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية.

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

3 تقويم الإجابة

تشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد، وتبين الأيونات المتفاعلة التي تكون الماء.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة، وأيونية كاملة، وأيونية نهائية للتفاعلات بين المواد التالية، التي تنتج ماء.

44. عند خلط حمض الكبريتيك H_2SO_4 بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم.

45. عند خلط حمض الهيدروكلوريك HCl بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كلوريد الكالسيوم.

46. عند خلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم ينتج ماء ومحلول نترات الأمونيوم.

47. عند خلط كبريتيد الهيدروجين H_2S بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم.

48. **تحفيز** عند خلط حمض البنزويك C_6H_5COOH وهيدروكسيد الماغنسيوم يتكون ماء وبنزوات الماغنسيوم.

التفاعلات التي تكوّن غازات ينتج عن هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزدوج تكوين غازات، مثل CO_2، و HCN، و H_2S. فعندما تخلط حمض الهيدرويوديك HI بمحلول كبريتيد الليثيوم Li_2S يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، كما ينتج يوديد الليثيوم LiI الذي يظل ذائبًا في المحلول.

$$2HI_{(aq)} + Li_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2LiI_{(aq)}$$

وما عدا H_2S فإن جميع المواد في التفاعل توجد على شكل أيونات. لذا يمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل على النحو الآتي:

$$2H^+_{(aq)} + \cancel{2I^-_{(aq)}} + \cancel{2Li^+_{(aq)}} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow$$

$$H_2S_{(g)} + \cancel{2Li^+_{(aq)}} + \cancel{2I^-_{(aq)}}$$

وبحذف الأيونات المتفرجة يمكنك الحصول على المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل، وهي:

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

ويعد التفاعل في التجربة الاستهلالية التى كنت قد أجريتها في بداية هذا الفصل مثالًا آخر على التفاعلات التي تكوّن غازًا؛ فالفقاعات التي تكونت خلال التفاعل هي غاز ثاني أكسيد الكربون.

ومن التفاعلات التي تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون أيضًا ما يحدث في المطبخ عندما تخلط الخل بصودا الخبز. فالخل محلول مائي لحمض الإيثانويك، وصودا الخبز عبارة عن كربونات الصوديوم الهيدروجينية. وعند خلطهما معًا يتفاعلان ويتصاعد غاز CO_2، كما هو موضح في **الشكل 21–4**.

وهناك تفاعل آخر مشابه لتفاعل الخل مع صودا الخبز، يحدث عندما تخلط أي محلول حمضي بكربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات الصوديوم).

الشكل 21–4 عندما يتفاعل الخل مع صودا الخبز $NaHCO_3$ يحدث تصاعد سريع لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

تجربة عملية
تفاعلات الإحلال المزدوج
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

وفي الحالات جميعها يجب أن يحدث تفاعلان متزامنان في المحلول لينتج غاز ثاني أكسيد الكربون. أحد هذين التفاعلين تفاعل إحلال مزدوج، والآخر تفاعل تفكك. فعندما تذيب كربونات الصوديوم الهيدروجينية مثلًا في حمض الهيدروكلوريك يحدث تفاعل إحلال مزدوج، وينتج غاز، انظر **الشكل 21–4**.

فكلوريد الصوديوم مادة أيونية تبقى في الماء على شكل أيونات منفصلة. أما حمض الكربونيك H_2CO_3 فيتفكك بمجرد تكونه إلى ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. فالهيدروجين في حمض الهيدروكلوريك والصوديوم في كربونات الصوديوم الهيدروجينة يحل كل منهما محل الآخر.

$$HCl_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow H_2CO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)}$$

لكن بمجرد أن يتكون حمض الكربونيك H_2CO_3 يتفكك مكونًا الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. وهذا عكس ما يحدث للمواد الأيونية ومنها كلوريد الصوديوم؛ حيث تبقى أيوناتها منفصلة في المحلول.

$$H_2CO_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

ويمكنك –كما تجمع المعادلات الرياضية– أن تجمع معادلتي التفاعلين وأن تمثلهما بمعادلة كيميائية تسمى المعادلة الكلية للتفاعل.

المعادلة 1: $HCl_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow HaCO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)}$

المعادلة 2: $H_2CO_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

المعادلة الكلية:
$$HCl_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} + \cancel{H_2CO_{3(aq)}} \rightarrow \cancel{H_2CO_{3(aq)}} + NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

وبحذف H_2CO_3 من طرفي المعادلة تحصل على ما يسمى المعادلة النهائية للتفاعل.

$$HCl_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + NaCl_{(aq)}$$

هذا، ويمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة كالآتي:

$$H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + \cancel{Na^+_{(aq)}} + HCO^-_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + \cancel{Na^+_{(aq)}} + \cancel{Cl^-_{(aq)}}$$

وتلاحظ أن أيونات الصوديوم وأيونات الكلور هي الأيونات المتفرجة، لذا يمكن حذفها من طرفي المعادلة، وكتابة المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:

$$H^+_{(aq)} + HCO^-_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

ماذا قرأت؟ صف ما المعادلة النهائية للتفاعل؟

مثال 5–4

التفاعلات التي تكوّن غازات اكتب كلًّا من المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول كبريتيد الصوديوم ، والذي ينتج عنه غاز كبريتيد الهيدروجين ومحلول كلوريد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المعادلة اللفظية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl وكبريتيد الصوديوم Na_2S. يجب أن تكتب المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل وتزنها. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة يجب أن توضح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبحذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الصحيحة للتفاعل.

$$HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + NaCl_{(aq)}$$

زن المعادلة الكيميائية

$$2HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2NaCl_{(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة

$$2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة

$$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية بأصغر نسبة عددية صحيحة.

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

3 تقويم الإجابة

المعادلة الأيونية الكلية تبين الأيونات المشاركة في التفاعل.

مسائل تدريبية

اكتب المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعلات الآتية:

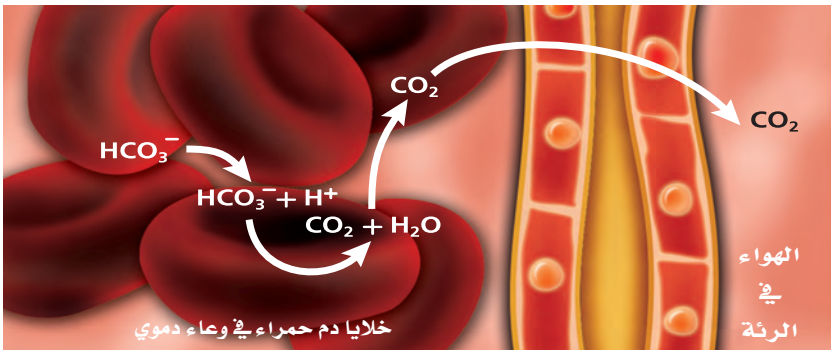
49. يتفاعل حمض فوق الكلوريك $HClO_4$ مع محلول كربونات الصوديوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء ومحلول كلورات الصوديوم.

50. يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع محلول سيانيد الصوديوم لتكوين غاز سيانيد الهيدروجين ومحلول كبريتات الصوديوم.

51. يتفاعل حمض الهيدروبروميك HBr مع محلول كربونات الأمونيوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وبروميد الأمونيوم.

52. يتفاعل حمض النيتريك HNO_3 مع محلول كبريتيد البوتاسيوم لتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين.

53. تحفيز يتفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص لتكوين يوديد الرصاص الصلب.



الشكل 22–4 بعد أن يدخل أيون البيكربونات HCO_3^- خلية دم حمراء، يتفاعل مع أيون الهيدروجين H^+ لتكوين ماء وثاني أكسيد الكربون CO_2، الذي يخرج من الرئتين مع هواء الزفير.

مهن في الكيمياء

المختص في الكيمياء الحيوية

عالم يدرس العمليات الكيميائية في المخلوقات الحية. وقد يدرس وظائف جسم الإنسان، أو يبحث كيف يؤثر كل من الغذاء والأدوية والمواد الأخرى في المخلوقات الحية.

الربط مع علم الأحياء يعد تفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات البيكربونات لإنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون من أهم التفاعلات التي تحدث في جسمك؛ فهو يحدث في الأوعية الدموية في رئتيك. وكما هو مبين في **الشكل 22–4** فإن ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج في خلايا جسمك ينتقل في دمك على هيئة أيونات البيكربونات HCO_3^-، وعندما تمر هذه الأيونات في الأوعية الدموية لرئتيك تتحد مع أيونات الهيدروجين H^+ وتكوِّن غاز CO_2 الذي يخرج مع هواء الزفير.

هذا التفاعل يحدث أيضًا في المنتجات التي يدخل في تركيبها صودا الخبز المحتوية على كربونات الصوديوم الهيدروجينية التي تجعل الأشياء المخبوزة تنتفخ، وتستخدم مضادًّا للحموضة، وفي طفايات الحريق، وصناعة كثير من المنتجات.

التقويم 4-3

الخلاصة

- الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائمًا، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة.
- بعض المركبات الجزيئية تكون أيونات عندما تذوب في الماء. بينما يذوب الكثير من المركبات الأيونية في الماء، وتنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات معًا، أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

54. **الفكرة الرئيسة** **عدّد** ثلاثة أنواع مألوفة من نواتج التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية.

55. **صف** المذيب والمذاب في المحلول المائي.

56. **ميّز** المعادلة الأيونية الكاملة من المعادلة الأيونية النهائية.

57. **اكتب** المعادلة الأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الكبريتيك H_2SO_4 وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

$$H_2SO_{4(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaSO_{4(s)}$$

58. **حلّل** أكمل المعادلة الآتية، ثم زنها:

$$CO_{2(g)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$$

59. **توقّع** ما نوع الناتج الذي سيتكون على الأرجح من التفاعل التالي؟ فسِّر ذلك.

$$Ba(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow$$

60. **صغ معادلات** يحدث تفاعل عندما يخلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول مائي من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية (بيكربونات البوتاسيوم)، وينتج محلول نترات البوتاسيوم. اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

التألق الحيوي

عندما يتجمع اليراع (خنافس مضيئة) في الظلام، يعلن أحد الذكور عن وجوده بإرسال إشارة من الضوء الأصفر المخضر، فتجيب أنثى قريبة من الأرض نداءه، فيهبط في اتجاهها. وقد ينتج عن ذلك تزاوج ناجح، أو قد يُلتهم بشراهة إذا خدعته أنثى من نوع آخر من اليراع. إن إنتاج اليراعة للضوء هو نتيجة عملية كيميائية تسمى التألق (التلألؤ) الحيوي، وهي استراتيجية يستخدمها الكثير من المخلوقات الحية في بيئات كثيرة مختلفة. فكيف تعمل؟

1 **الخنافس المضيئة** ليست ذبابًا، ولكنها مجموعة من الخنافس التي ترسل ومضاتها للتزاوج، كما أنها تستخدم ضوءها لخداع فريستها. وينبعث الضوء الأصفر المخضر من خلايا في جذعها الأسفل، وتتراوح أطوال موجاته بين 510 nm و670 nm.

2 **اكتشافات مضيئة** أدى البحث في مجال التألق الحيوي إلى اكتشاف البروتين الحيوي الأخضر المشع، الذي يوجد في بعض أنواع قناديل البحر. ويشع هذا البروتين ضوءًا أخضر عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية. وقد قام العلماء بإدخال البروتين المشع في مخلوقات مختلفة، كالجرذان، لأغراض البحث العلمي في مجالات السرطان، والملاريا، والعمليات الخلوية. وبسبب أهمية هذا الاكتشاف فقد منح مكتشفو البروتين المشع جائزة نوبل في الكيمياء.

3 **التألق الحيوي** ينتج وميض اليراع عن تفاعل كيميائي. والمتفاعلات هي الأكسجين، واللوسفرين (مادة مشعة للضوء توجد في بعض المخلوقات). ويسرِّع إنزيم يسمى اللوسفريز التفاعل الذي يؤدي إلى إنتاج الأوكسيلوسفرين وطاقة على شكل ضوء.

الكتابة في الكيمياء

ابحث حدِّد أنواعًا مختلفة من المخلوقات الحية تستخدم التألق الحيوي، واعمل كتيبًا يوضح لماذا يكون التألق الحيوي فعالاً في هذه المخلوقات؟

مختبر الكيمياء

تطوير سلسلة نشاط الفلزات

الخلفية بعض الفلزات أكثر نشاطًا من الفلزات الأخرى. وعند مقارنة كيفية تفاعل الفلزات المختلفة بأيونات معروفة في الأملاح المائية يمكن ترتيب هذه الفلزات في سلسلة بحسب نشاطها. وتعكس سلسلة النشاط قوة تفاعل كل فلز من الفلزات التي تم فحصها.

سؤال كيف يمكن تطوير سلسلة النشاط؟

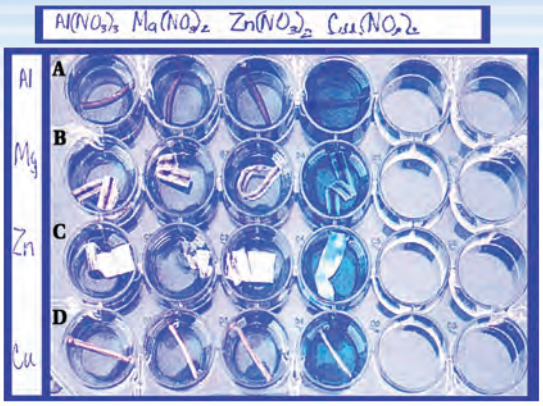
المواد اللازمة

$1.0M\ Zn(NO_3)_2$	سلك نحاس
$1.0M\ Al(NO_3)_3$	سلك ألومنيوم
$1.0M\ Cu(NO_3)_2$	شريط ماغنسيوم
$1.0M\ Mg(NO_3)_2$	شريط خارصين
ماصات	ورق صنفرة
قاطع أسلاك	طبق تفاعلات بلاستيكي

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية .
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات ثم رقّم الأعمدة في طبق التفاعلات بعمود **1**، عمود **2**، عمود **3**، عمود **4**،كما هو موضح في الشكل على يسارك .
3. استخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 1 بـ 2 mL من محلول $1.0\ MAl(NO_3)_2$.
4. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 2 بـ 2 mL من محلول $1.0\ M\ Mg(NO_3)_2$.
5. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 3 بـ 2 mL من محلول $1.0\ M\ Zn(NO_3)_2$.
6. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 4 بـ 2 mL من محلول $1.0M\ Cu(NO_3)_2$.
7. نظّف 10 cm من شريط الألومنيوم باستخدام ورق الصنفرة حتى يصبح لامعًا، ثم قطع الشريط إلى أربعة أجزاء متساوية طول كل منها 2.5 cm باستخدام قطاعة الأسلاك، ثم ضع كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف A.
8. كرر الخطوة 7 مستخدمًا 10 cm من شريط الماغنسيوم، وضع كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف B.



9. نظّف أشرطة الخارصين باستخدام ورق الصنفرة حتى تصبح لامعة، ثم ضع كل شريط منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف C.
10. كرر الخطوة **7** مستخدماً **10cm** من سلك النحاس،وضع كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف D.
11. لاحظ ما يحدث في كل فجوة، ثم سجل ملاحظاتك بعد مرور 5 دقائق في جدول البيانات الذي قمت بتصميمه.
12. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المواد الكيميائية والمحاليل والماصات كما يطلب إليك معلمك.

حلل واستنتج

1. **لاحظ واستنتج** في أي الفجوات من طبق التفاعلات حدث تفاعل كيميائي؟ وأي الفلزات تفاعل مع أكبر عدد من المحاليل؟ وأي الفلزات تفاعل مع أقل عدد من المحاليل؟ وأي الفلزات أكثر نشاطًا؟
2. **رتب** أكثر الفلزات نشاطًا التي تفاعلت مع أكبر عدد من المحاليل، وأقل الفلزات نشاطًا التي تفاعلت مع أقل عدد من المحاليل. رتب الفلزات الأربعة من الأكثر نشاطًا إلى الأقل نشاطًا.
3. **طبق** اكتب معادلة كيميائية لكل تفاعل إحلال حدث في طبق التفاعلات الكيميائية.
4. **الكيمياء في واقع الحياة** في أي ظرف من الظروف يكون من المهم معرفة نشاط سلسلة من العناصر.
5. **تحليل الخطأ** كيف يمكنك مقارنة ما جاء في إجابتك عن السؤال رقم 2 بسلسلة النشاط في **الشكل 15–4**؟ وما وجه الاختلاف بينهما؟

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة ضع ثلاثة أسئلة تبدأ بالعبارة: "ماذا لو...؟"، وتتعلق بهذا المختبر، ويمكن أن تؤثر في نتائج التجربة، ثم صمم تجربة لاختبار سؤال واحد منها.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تُحوّل ملايين التفاعلات الكيميائية الموجودة داخل جسمك ومن حولك المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

4–1 التفاعلات و المعادلات

الفكرة الرئيسة تمثّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

المفردات

- التفاعل الكيميائي
- عدد التأكسد
- المتفاعلات
- النواتج
- المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة
- المعامل

المفاهيم الرئيسة

- قد تشير بعض التغيرات الفيزيائية إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- توفر المعادلات الكيميائية اللفظية والرمزية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- توضح المعادلة الكيميائية الموزونة أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة الكيميائية تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في طرفي المعادلة.

4–2 تصنيف التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

المفردات

- تفاعل التكوين
- تفاعل الاحتراق
- تفاعل التفكك
- تفاعل الإحلال البسيط
- تفاعل الإحلال المزدوج
- الراسب

المفاهيم الرئيسة

- يُسهّل تصنيف التفاعلات الكيميائية فهمها وتذكرها وتعرّفها.
- تستخدم سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.

4–3 التفاعلات في المحاليل المائية

الفكرة الرئيسة تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، وتؤدي إلى إنتاج رواسب، أو ماء، أو غازات.

المفردات

- المحلول المائي
- المذاب
- المذيب
- المعادلة الأيونية الكاملة
- الأيونات المتفرجة
- المعادلة الأيونية النهائية

المفاهيم الرئيسة

- الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائمًا، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة.
- بعض المركبات الجزيئية تكوّن أيونات عندما تذوب في الماء. بينما يذوب الكثير من المركبات الأيونية في الماء، وتنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات معًا، أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

4–1

إتقان المفاهيم

61. عرّف المعادلة الكيميائية.

62. ميّز بين التفاعل الكيميائي والمعادلة الكيميائية.

63. وضح الفرق بين المتفاعلات والنواتج.

64. اكتب رمز العنصر الذي يمثل بالتوزيع الإلكتروني لكل مما يلي:

a. $1s^2\,2s^2\,2p^1$

b. $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^1$

c. $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1\,3d^{10}$

d. $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^2$

65. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل عنصر مما يلي:

a. Kr **b.** Mg

c. Co **d.** C

66. اكتب الصيغة الكيميائية لكل مما يلي:

a. أكسيد الحديد II

b. هيدركسيد الكالسيوم

c. نترات الرصاص II

d. كبريتيد الهيدروجين

67. هل يشير تحول مادة إلى مادة جديدة دائمًا إلى حدوث تفاعل كيميائي؟ فسِّر إجابتك.

68. حدِّد المتفاعلات في التفاعل الآتي: عند إضافة البوتاسيوم إلى محلول نترات الخارصين، يتكون الخارصين ومحلول نترات البوتاسيوم.

69. زن المعادلة الكيميائية الآتية:

$$H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

70. اكتب معادلات لفظية للمعادلات الكيميائية الآتية:

a. $Cu_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CuO_{(s)}$

b. $K_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

c. $CaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)} + NaCl_{(aq)}$

71. زن المعادلتين الكيميائيتين الآتيتين:

a. $(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + O_{2(g)}$

إتقان حل المسائل

72. يتحلل يوديد الهيدروجين إلى غاز الهيدروجين وغاز اليود في تفاعل تفكك. اكتب معادلة كيميائية رمزية تبين هذا التفاعل.

73. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:

a. كربونات الصوديوم $_{(s)}$ $\xrightarrow{\Delta}$ ثاني أكسيد الكربون $_{(g)}$ + أكسيد الصوديوم $_{(s)}$

b. يوديد الألومنيوم $_{(s)}$ $\rightarrow$ ألومنيوم $_{(s)}$ + يود $_{(s)}$

c. أكسيد الحديد II $_{(s)}$ + أكسجين $_{(g)}$ $\rightarrow$ أكسيد الحديد III $_{(s)}$

d. نترات الفضة $_{(aq)}$ + كبريتيد الصوديوم $_{(aq)}$ $\rightarrow$ كبريتيد الفضة $_{(s)}$ + نترات الصوديوم $_{(aq)}$

74. اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل بين الليثيوم الصلب وغاز الكلور لإنتاج كلوريد الليثيوم الصلب.

75. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية، ثم زنها:

a. ماء $_{(l)}$ + ثالث أكسيد الكبريت $_{(g)}$ ⟶ حمض الكبريتيك $_{(aq)}$

b. كلوريد الحديد III $_{(aq)}$ + ماغنسيوم $_{(s)}$ ⟶ كلوريد الماغنسيوم $_{(aq)}$ + حديد $_{(s)}$

c. أكسجين $_{(g)}$ + كلوريد النيكل II $_{(s)}$ ⟶ أكسيد النيكل II $_{(s)}$ + خماسي أكسيد ثنائي الكلور

76. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:

a. عند حرق غاز البيوتان C_4H_{10} في الهواء ينتج ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

b. يتفاعل الماغنسيوم الصلب مع غاز النيتروجين لإنتاج نيتريد الماغنسيوم الصلب.

c. عند تسخين غاز ثاني فلوريد الأكسجين OF_2 ينتج غاز الأكسجين وغاز الفلور.

4–2

إتقان المفاهيم

77. اذكر أنواع التفاعلات الكيميائية الأربعة، وأعط مثالاً واحدًا على كل منها.

78. ما نوع التفاعل الذي يحدث بين مادتين وينتج عنه مركب واحد؟

79. في كل من الأزواج الآتية، أي فلز يحل محل الفلز الآخر في تفاعلات الإحلال؟ (استعن بسلسلة النشاط).

a. القصدير والصوديوم
b. الرصاص والفضة
c. الفلور واليود
d. النحاس والنيكل

إتقان حل المسائل

80. صنف التفاعلات الواردة في السؤال **73** .

81. صنف التفاعلات الواردة في السؤال **75**.

82. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لتفاعل احتراق الميثانول السائل CH_3OH.

83. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من تفاعلات التكوين الآتية:

a. بورون + فلور ⟶
b. جرمانيوم + كبريت ⟶
c. كالسيوم + نيتروجين ⟶

84. **الاحتراق** اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لاحتراق كل من المواد الآتية:

a. الباريوم الصلب
b. البورون الصلب
c. الأسيتون السائل C_3H_6O
d. الأوكتان السائل C_8H_{18}

85. اكتب معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات التفكك الآتية:

a. بروميد الماغنسيوم ⟶
b. أكسيد الكوبلت II ⟶
c. كربونات الباريوم ⟶

86. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال البسيط الآتية التي تحدث في الماء. (وإذا لم يحدث تفاعل فاكتب لا يحدث تفاعل (NR) في مكان النواتج).

a. كلوريد الماغنسيوم + نيكل ⟶
b. بروميد النحاس II + كالسيوم ⟶
c. نترات الفضة + ماغنسيوم ⟶

تقويم الفصل 4

4–3

إتقان المفاهيم

87. أكمل المعادلة اللفظية الآتية:

مذاب + مذيب ⟶

88. ما أنواع النواتج المألوفة للتفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية؟

89. قارن بين المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلات الأيونية.

90. ما المعادلة الأيونية النهائية؟ وفيم تختلف عن المعادلة الأيونية الكاملة؟

91. ما المقصود بالأيون المتفرج؟

إتقان حل المسائل

92. أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:

a. $Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

b. $K_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

c. $CuCl_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow$

93. اكتب المعادلات الأيونية الكاملة والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية:

a. $H_3PO_{4(aq)} + 3KOH_{(aq)} \rightarrow 3H_2O_{(l)} + K_3PO_{4(aq)}$

b. $HCl_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NH_4Cl_{(aq)}$

c. $HNO_{3(aq)} + KCN_{(aq)} \rightarrow HCN_{(g)} + KNO_{3(aq)}$

d. $2HClO_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Ca(ClO)_{2(aq)}$

مراجعة عامة

94. **توقع** هل كل من التفاعلات الآتية يحدث في المحاليل المائية. (إذا توقعت أن التفاعل لا يحدث فاكتب: لا يحدث تفاعل (NR). ملاحظة: كبريتات الباريوم وبروميد الفضة يترسبان في المحاليل المائية).

a. $NaOH + (NH_4)_2SO_{4(aq)} \rightarrow$

b. $CuSO_4 + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

c. $MgBr_2 + AgNO_{3(aq)} \rightarrow$

95. **تكون راسب** إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى كأسين، إحداهما فيها محلول كلوريد الصوديوم، وفي الأخرى محلول نترات الفضة يؤدي إلى ترسب مادة بيضاء في إحدى الكأسين.

a. أي الكأسين تحتوي على راسب؟

b. ما الراسب؟

c. اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

d. صنف هذا التفاعل.

96. **ميز** بين مركب أيوني ومركب تساهمي مذابين في الماء. وهل تتأين المواد التساهمية جميعها عند إذابتها في الماء؟ فسّر إجابتك.

التفكير الناقد

97. **طبّق** صف التفاعل بين محلولي كبريتيد الصوديوم وكبريتات النحاس II الذي يؤدي إلى إنتاج راسب من كبريتيد النحاس II.

98. **توقّع** وضعت قطعة من فلز الألومنيوم في محلول KCl المائي، ووضعت قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول $AgNO_3$ المائي. هل يحدث تفاعل في كلتا الحالتين؟ لماذا؟

99. طبّق اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية. (إذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR في مكان النواتج). علمًا أن فوسفات الماغنسيوم تترسب في المحلول المائي.

a. $KNO_{3(aq)} + CsCl_{(aq)} \rightarrow$

b. $Li_3PO_{4(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow$

c. $K_2S_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$

مسألة تحفيز

100. يحدث تفاعل إحلال بسيط عند تفاعل النحاس مع نترات الفضة. إذا تفاعل 63.5 g من النحاس مع 339.8 g من نترات الفضةونتج 215.8 g من الفضة، فاكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة للتفاعل. ما الناتج الآخر في هذا التفاعل؟ وما كتلته؟

مراجعة تراكمية

101. ميز بين المخلوط والمحلول والمركب.

102. استعن بالجدول 10–4 لحساب الكتلة الذرية لعنصر الكروم.

الجدول 10–4 بيانات نظائر الكروم

النظير	نسبة وجوده	الكتلة الذرية (amu)
Cr–50	4.35%	49.946
Cr–52	83.79%	51.941
Cr–53	9.50%	52.941
Cr–54	2.36%	53.939

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

103. كيمياء المطبخ اعمل ملصقًا يصف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المطبخ.

104. وزن المعادلات اعمل لوحة تصف فيها خطوات وزن المعادلة الكيميائية.

أسئلة المستندات

الذائبية يستخدم العلماء جدولاً لقواعد الذائبية لتحديد ما إذا كان سيتكون راسب في التفاعل الكيميائي.

يبين **الجدول 11–4** قواعد الذائبية للمركبات الأيونية في الماء.

الجدول 11–4 قواعد الذائبية للمركبات الأيونية في الماء

المركب الأيوني	القاعدة
الأملاح الذائبة	أيونات عناصر المجموعة الأولى (Li^+، Na^+، K^+)، و NH_4^+ تكوّن أملاحًا ذائبة. جميع أملاح النترات ذائبة. معظم الهاليدات تذوب في الماء ما عدا هاليدات الأيونات التالية: Pb^{2+} و Cu^+ و Ag^+ و Hg_2^{2+} معظم الكبريتات ذائبة ما عدا كبريتات Ba^{2+} و Sr^{2+} و pb^{2+}، أما كبريتات Ag^+ و Ca^{2+} و Hg_2^{2+} فهي قليلة الذوبان.
الأملاح غير الذائبة	الهيدروكسيدات والكبريتيدات والأكاسيد عادة غير ذائبة، ما عدا مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+، أما عناصر أيونات المجموعة الثانية فهي قليلة الذوبان. الكرومات والفوسفات والكربونات عادة غير ذائبة، ما عدا مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+.

أكمل المعادلات الآتية باستخدام قواعد الذائبية الواردة في الجدول أعلاه. وبيِّن هل يتكون راسب أم لا، وحدده. (وإذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR):

105. $Ca(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow$

106. $Mg_{(s)} + Na\,OH_{(aq)} \rightarrow$

107. $PbS_{(s)} + LiNO_{3(aq)} \rightarrow$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من **1** إلى **3**:

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات الأيونية				
المركب	الاسم	الحالة عند 25°C	يذوب في الماء	درجة الانصهار (°C)
$NaClO_3$	كلورات الصوديوم	صلب	نعم	248
Na_2SO_4	كبريتات الصوديوم	صلب	نعم	884
$NiCl_2$	كلوريد النيكل II	صلب	نعم	1009
$Ni(OH)_2$	هيدروكسيد النيكل II	صلب	لا	230
$AgNO_3$	نترات الفضة	صلب	نعم	212

1. إذا خلط محلول مائي من كبريتات النيكل II بمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم فهل يحدث تفاعل مرئي؟

a. لا؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب يذوب في الماء.

b. لا؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة تذوب في الماء.

c. نعم؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة سترسب في المحلول.

d. نعم؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب سيترسب في المحلول.

2. ماذا يحدث عند خلط محلول $AgClO_{3(aq)}$ بمحلول $NaNO_3$؟

a. لا يحدث تفاعل يمكن ملاحظته.

b. تترسب $NaClO_3$ الصلبة في المحلول.

c. ينطلق غاز NO_2 خلال التفاعل.

d. ينتج فلز Ag الصلب.

3. عند إضافة حمض الهيدروكلوريك HCl إلى هيدروكسيد النيكل II الصلب فإن الهيدروكسيد يختفي. ما المعادلة التي تصف ما حدث في الكأس؟

a. $Ni(OH)_{2(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NiO_{(aq)} + H_{2(g)} + HCl_{(aq)}$

b. $Ni(OH)_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

c. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

d. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow NiCl_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

4. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية؟

$Cs_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CsOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

a. تكوين

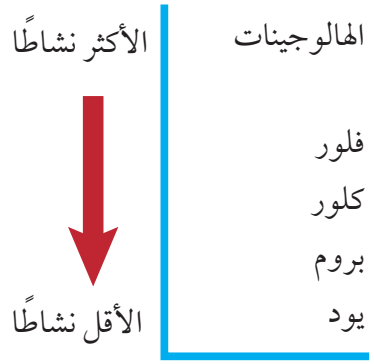
b. احتراق

c. تفكك

d. إحلال بسيط

اختبار مقنن

استعن بسلسلة النشاط التالية للإجابة عن السؤال **5**.



5. أي التفاعلات الآتية تحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات ؟

a. $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(l)}$

b. $I_{2(s)} + MnBr_{2(aq)} \rightarrow MnI_{2(aq)} + Br_{2(g)}$

c. $Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \rightarrow SrCl_{2(aq)} + F_{2(g)}$

d. $Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \rightarrow CoBr_{2(aq)} + Cl_{2(g)}$

6. ينتج عن احتراق الإيثانول ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء. ما المعادلة التي تصف ذلك؟

a. $C_2H_6O_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $C_2H_6O_{(l)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

c. $C_2H_6O_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$

d. $C_2H_6O_{(l)} \rightarrow 3O_{2(l)} + 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$

7. ما الصيغة الكيميائية لأكسيد الحديد III؟

a. Fe_2O_3

b. Fe_3O_2

c. FeO

d. Fe_3O_3

8. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر هو: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$. فما رمز هذا العنصر؟

a. Cu

b. Cr

c. Fe

d. Ni

9. أي مما يلي يمثل التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد؟

a. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^5$

b. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$

c. $1s^2\ 2p^6\ 3p^6\ 3d^6$

d. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$

أسئلة الإجابات القصيرة

10. اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل فلز الكالسيوم الصلب مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الذائب في المحلول وغاز الهيدروجين.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالمعادلة الكيميائية التالية للإجابة عن السؤالين **11** و**12**:

$$AlCl_{3(aq)} + Fe_2O_{3(aq)} \rightarrow$$

11. ما نوع هذا التفاعل؟ كيف عرفت ذلك من المتفاعلات؟

12. ماذا تتوقع أن ينتج عن هذا التفاعل؟

13. ما التوزيع الإلكتروني لأيون الفوسفور P^{3-}؟ وضح كيف يختلف التوزيع الإلكتروني له عن التوزيع الإلكتروني لذرة الفوسفور المتعادلة P؟

الفصل 5

المول
The Mole

الفكرة العامة يمثل المول عددًا كبيرًا من الجسيمات المتناهية في الصغر، ويستعمل في حساب كميات المواد.

5–1 قياس المادة

الفكرة الرئيسة يستعمل الكيميائيون المول لعد الجسيمات ومنها الذرات والأيونات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية.

5–2 الكتلة والمول

الفكرة الرئيسة يحتوي المول دائمًا على العدد نفسه من الجسيمات، غير أن مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

5–3 مولات المركبات

الفكرة الرئيسة يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال هذه الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمركب نفسه.

5–4 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

5–5 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسة الأملاح المائية هي مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

حقائق كيميائية

- العملات المعدنية السعودية هي: 5، 10، 25، 50، 100 هللات. وتتكون العملات المعدنية السعودية من النحاس والنيكل بنسب مختلفة.

تجربة استهلالية

ما مقدار المول؟

يسهل عد الأرقام الكبيرة باستعمال وحدات العد المختلفة كالدرزن والزوج والرزمة. ويستعمل الكيميائيون وحدة عد تسمى المول.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر جسمًا لتقيس طوله، مثل مشبك الورق، أو قطعة حلوى، أو أي جسم يزودك به معلمك.
3. استعمل المسطرة في قياس طول الجسم إلى أقرب 0.1 cm

التحليل

1. **احسب** كم يمتد مول (6.02×10^{23} جسيم) من الجسم الذي اخترته إذا رصصت جسيماته بعضها بجوار بعض؟ عبر عن إجابتك بوحدة المتر.
2. **احسب** المسافة في الخطوة 1 بوحدة السنة الضوئية (ly) علمًا بأن ($1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$).
3. **قارن** المسافة التي حسبتها في الخطوة الثانية بهذه المسافات الهائلة:

a. المسافة إلى أقرب نجم (غير الشمس) 4.3 سنة ضوئية.

b. المسافة إلى مركز مجرتنا 30.000 سنة ضوئية.

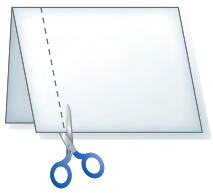
c. المسافة إلى أقرب مجرة 2×10^6 سنة ضوئية.

استقصاء قارن نتائجك بنتائج أحد زملائك في الصف. هل تساوي كتلة مول من الجسم الذي اخترته كتلة مول من الجسم الذي اختاره زميلك؟ صمم استقصاء تحدد فيه ما إذا كان هناك علاقة بين المول والكتلة.

المطويات
منظمات الأفكار

عوامل التحويل قم بعمل المطوية التالية لمساعدتك على تنظيم معلوماتك عن عوامل التحويل.

الخطوة 1 أحضر ثلاث أوراق، واثن كل ورقة عرضيًّا من المنتصف. قس وارسم خطًّا على بعد 3 cm من الطرف الأيسر. قص الورقة على طول هذا الخط، وكرر ذلك مع الورقتين الأخريين.



الخطوة 2 عنون كل ورقة بوصف عامل التحويل.

الخطوة 3 دبس الأوراق الثلاث معًا من المنتصف على طول حافتها الخارجية.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسمين 1–5 و 2–5** من هذا الفصل. دوِّن معلوماتك عن عوامل التحويل، ولخص الخطوات التي يتضمنها كل تحويل.

5–1

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تفسر** كيف يستخدم المول بشكل غير مباشر لعدّ جسيمات المادة.
- **تربط** المول بوحدة عدّ يومية شائعة.
- **تحول** بين المولات وعدد الجسيمات.

مراجعة المفردات

الجزيء: ذرتان أو أكثر مرتبطتان معًا لتكوين وحدة واحدة.

المفردات الجديدة

المول

عدد أفوجادرو

قياس المادة Measuring Matter

الفكرة الرئيسة **يستعمل الكيميائيون المول لعد الجسيمات ومنها الذرات والأيونات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية.**

الربط مع الحياة هل حاولت يومًا أن تعد المقاعد الموجودة في صفك؟ وهل خطر ببالك يومًا أن تعد حبات الأرز في كيس من الأرز؟ لعلك لاحظت أنه كلما صغرت المادة أصبح عدها أصعب.

عدّ الجسيمات Counting Particles

هل ذهبت يومًا إلى إحدى المكتبات وطلبت إلى البائع درزن من أقلام الرصاص؟ إنّ ذلك لا يعني أنك تريد قلمًا أو قلمين، بل 12 قلمًا. قد تشتري زوجًا من القفازات، أو رزمة من ورق الطباعة. كل من الوحدات المبينة في **الشكل 1–5**، وهي الزوج والدرزن– والرزمة تمثّل عددًا محددًا من الأشياء. وكلها تسهل عملية العد. فمن السهل شراء الورق وبيعه بالرزمة (500 ورقة) بدلاً من شرائه وبيعه بالورقة.

كل من وحدات العدّ المبينة في **الشكل 1–5** تناسب عد نوع معين من الأشياء؛ اعتمادًا على حجمها واستخدامها. وبغض النظر عن كون الشيء قفازات أو بيضًا أو أقلام أو ورقًا فإن العدد الذي تمثله الوحدة يبقى دائمًا ثابتًا. يحتاج الكيميائيون أيضًا إلى طريقة ملائمة لعد الذّرات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية (Formula units) في عينة كيميائية لمادةٍ ما. إلا أن الذرات متناهية الصغر، وهناك الكثير منها حتى في العينات الصغيرة جدًّا، ممّا يجعل عدها بشكل مباشر مستحيلاً. لذلك قام الكيميائيون بإيجاد وحدة عدٍّ تُسمى المول، وقد عرفت من التجربة الاستهلالية أنه يمثل عددًا ضخمًا من أي جسيم.

الشكل 1–5 وحدات مختلفة تستخدم لعدّ أجسام مختلفة. الزوج عبارة عن جسمين، والدرزن 12، والرزمة 500.

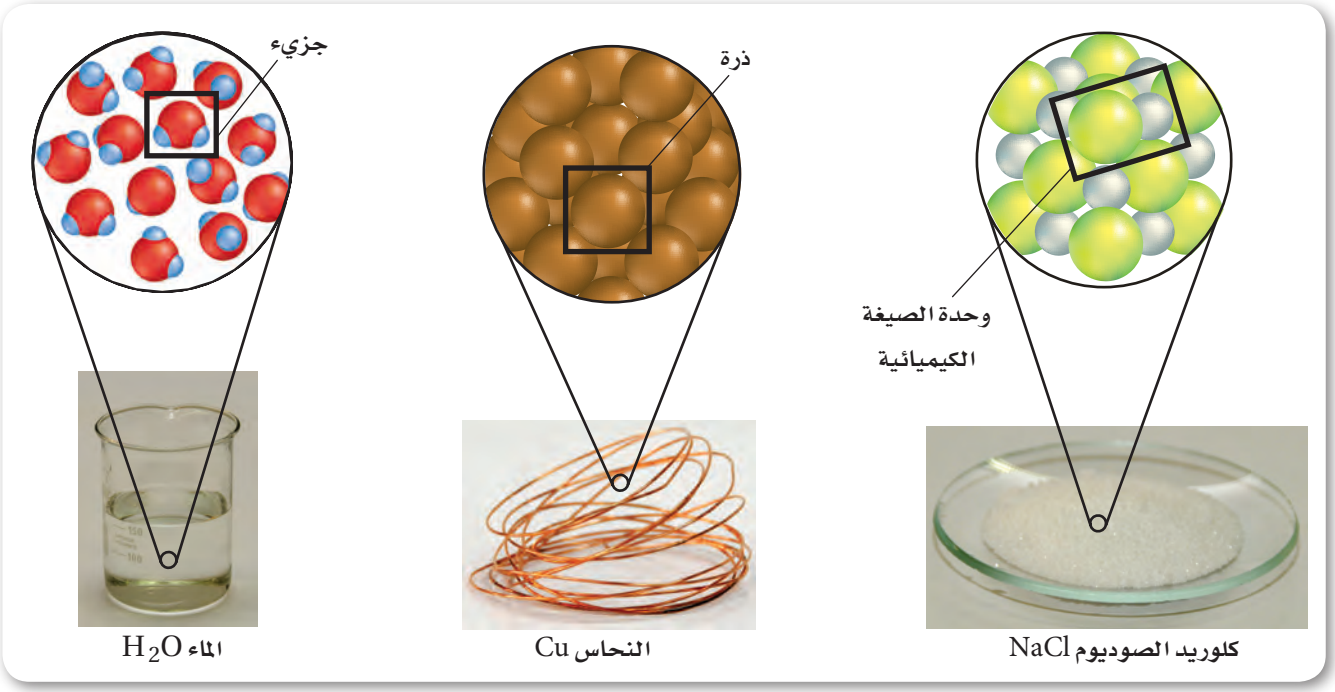
اذكر وحدات عدّ أخرى مألوفة لديك.

المول تُسمى وحدة النظام الدولي الأساسية المستخدمة لقياس كمية المادة **المول**. يعرف المول بحسب النظام الدولي للوحدات بأنه عدد ذرات الكربون – 12 في عينة كتلتها 12 g من الكربون–12 . وخلال سنوات عديدة من التجارب تم الاتفاق على أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات الممثلة –وحدات البناء– المكونة لهذه المادة، ومنها الذرات والجزيئات والأيونات، ووحدات الصيغ الكيميائية، فإذا كتبت العدد فسوف يبدو كما يلي:

602,213,670,000,000,000,000,000

ويُسمى العدد 6.0221367×10^{23} **عدد أفوجادرو**، تكريمًا للفيزيائي الإيطالي والمحامي أميدو أفوجادرو Amedeo Avogadro، الذي تمكن عام 1811م من تحديد حجم مول من الغاز.

ومن الواضح أن عدد أفوجادرو عدد هائل، وهذا يجعله صالحًا لعد المكونات المتناهية في الصغر، مثل الذرات. كما يمكنك أن تتصور أن عدد أفوجادرو لن يكون مناسبًا لقياس كمية من كرات اللعب الزجاجية؛ لأن عدد أفوجادرو من هذه الكرات سوف يغطي سطح الأرض إلى عمق يتجاوز ستة كيلومترات. وكما هو موضح في **الشكل 2–5**، فإن استخدام المول مناسب لحساب كميات من المواد الكيميائية. ويبين الشكل كميات مقدارها مول واحد من كل من الماء، والنحاس، والملح، ويتكون كل منها من جسيمات ممثلة مختلفة. فالجسيمات الممثلة المكونة لمول من الماء هي جزيئات الماء، والمكونة لمول من النحاس هي ذرات النحاس، والمكونة لمول من كلوريد الصوديوم هي وحدات صيغة كلوريد الصوديوم.



الشكل 2–5 كمية كل مادة مبينة هي 6.02×10^{23}، أو 1 mol من الجسيمات الممثلة المكونة للمادة. الجسيمات الممثلة المكونة لكل مادة موضحة داخل المربع.

التحويل بين المولات والجسيمات

Converting Between Moles and Particles

افترض أنك اشتريت ثلاثة درازن ونصف الدرزن من الورد، وأردت أن تعرف كم وردة فيها. ينبغي أن تستخدم عامل تحويل يربط بين الدرزن وعدد الورد لحساب عدد الورد، انظر **الشكل 3–5**.

$$1 \text{ درزن} = 12 \text{ وردة}$$

بقسمة كل من طرفي العلاقة على الطرف الآخر يمكن كتابة عاملي تحويل:

$$\frac{12 \text{ وردة}}{1 \text{ درزن}} \quad ، \quad \frac{1 \text{ درزن}}{12 \text{ وردة}}$$

ثم استخدم عامل التحويل المناسب الذي يمكنك من خلاله حساب عدد الورد. ويمكن الاستدلال على العامل الصحيح من خلال الوحدات، إذ تلغى كافة الوحدات ما عدا التي تحتاج إليها في الإجابة.

$$3.5 \text{ درزن} \times \frac{12 \text{ وردة}}{1 \text{ درزن}} = 42 \text{ وردة}$$

ماذا قرأت؟ اشرح كيف تعرف أنك اخترت عامل تحويل خطأ؟

تحويل المولات إلى جسيمات (ذرات أو أيونات أو جزيئات) لحساب عدد جزيئات السكروز في 3.5 mol منه، نستخدم عدد أفوجادرو –أي العلاقة بين عدد المولات وعدد الجسيمات الممثلة– كعامل للتحويل.

6.02×10^{23} من الجسيمات الممثلة = 1 mol من الجسيمات الممثلة.

يمكنك من هذه العلاقة كتابة عاملي تحويل يربطان الجسيمات الممثلة بالمولات، هما:

$$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}$$

ومن خلال استخدام عامل التحويل الصحيح يمكنك حساب عدد الجسيمات الممثلة في عدد من المولات.

$$\text{عدد الجسيمات الممثلة} = \text{عدد المولات} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}}$$

وكما هو مبين في **الشكل 4–5** فإن الجسيم الممثل في السكروز هو الجزيء ولحساب عدد جزيئات السكروز في 3.5 mol منه عليك أن تستخدم عدد أفوجادرو عامل تحويل.

$$3.5 \text{ mol من السكروز} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من السكروز}}{1 \text{ mol من السكروز}}$$

$$= 2.11 \times 10^{24} \text{ جزيء من السكروز}$$

12 وردة = 1 درزن ورد

الشكل 3–5 لكي تتمكن من تحليل الوحدات يجب تعرّف العلاقة الرياضية الصحيحة بين الوحدات التي ستحولها. والعلاقة الموضحة هنا –12 وردة = 1 درزن ورد– يمكن استعمالها لكتابة عاملي تحويل.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

مسائل تدريبية

1. يستخدم الخارصين Zn في جلفنة الحديد لحمايته من التآكل. احسب عدد ذرات Zn في 2.5 mol منه.
2. احسب عدد الجزيئات في 11.5 mol من الماء H_2O.
3. تستخدم نترات الفضة $AgNO_3$ في تحضير أنواع متعددة من هاليدات الفضة المستخدمة في عملية التصوير الفوتوجرافي. ما عدد وحدات الصيغة $AgNO_3$ في 3.25 mol من نترات الفضة $AgNO_3$؟
4. **تحفيز** احسب عدد ذرات الأكسجين في 5.0 mol من جزيئات الأكسجين O_2.

تحويل الجسيمات إلى مولات لحساب عدد المولات في عدد معين من الجسيمات الممثلة، يمكنك استخدام مقلوب عدد أفوجادرو عاملًا للتحويل.

$$\text{عدد المولات} = \text{عدد الجسيمات الممثلة} \times \frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{من الجسيمات الممثلة}}$$

لنفترض مثلاً أنك تعلم أن عينة تحتوي على 2.11×10^{24} جزيء من السكروز، بدلاً من معرفتك عدد مولات السكروز. لتحويل هذا العدد من الجزيئات إلى مولات من السكروز فإنك تحتاج إلى عامل تحويل يكون فيه عدد المولات في البسط وعدد الجزيئات في المقام.

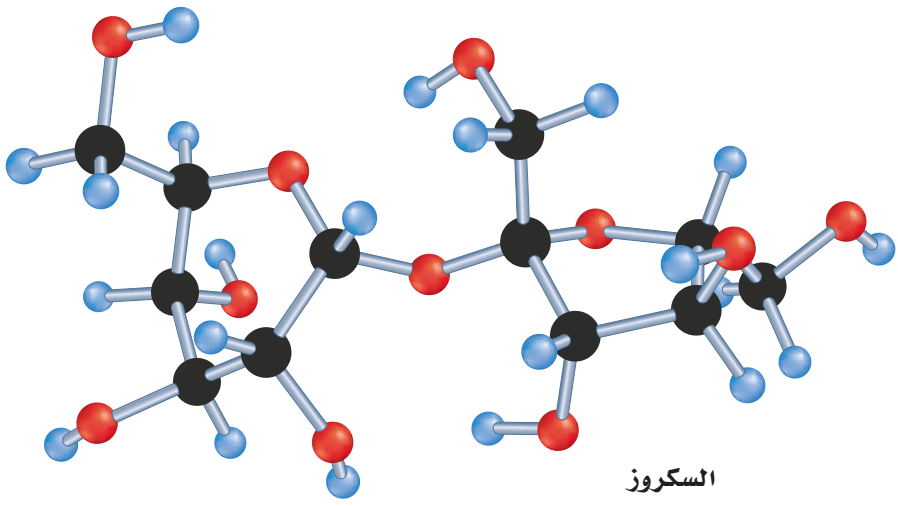
$$\text{عدد مولات السكروز} = 2.11\times10^{24}\ \text{جزيء سكروز} \times \frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{جزيء سكروز}}$$

$$= 3.5\ \text{mol}\ \text{من السكروز}$$

أي أن هناك 3.5 mol من السكروز في 2.11×10^{24} جزيء منه.

ماذا قرأت؟ **اكتب** عاملي التحويل اللذين يمكن الحصول عليهما من عدد أفوجادرو.

تجربة عملية
تقدير حجم المول لمادة ما
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين


السكروز

الشكل 4–5 الجسيمات الممثلة للسكروز هي الجزيئات. ويوضح نموذج الجزيئات (الكرات والوصلات البلاستيكية) أن جزيء السكروز وحدة واحدة مكونة من الكربون، والهيدروجين، والأكسجين.

تحليل استعن بنموذج جزيء السكروز لكتابة صيغته الكيميائية.

مثال 1–5

تحويل الجسيمات إلى مولات يستخدم النحاس Cu في صناعة الأسلاك الكهربائية. احسب عدد مولات النحاس التي تحتوي على 4.5×10^{24} ذرة منه.

1 تحليل المسألة

لديك عدد من ذرات النحاس، وعليك أن تحسب عدد المولات. لو قارنت 4.5×10^{24} ذرة من النحاس Cu مع 6.02×10^{23} ، وهو عدد الذرات في المول، يمكنك أن تتوقع أن الإجابة يجب أن تكون أقل من 10 mol.

المعطيات

عدد ذرات النحاس $= 4.50 \times 10^{24}$ ذرة

المطلوب

عدد مولات Cu = ؟

1mol من النحاس $\text{Cu} = 6.02 \times 10^{23}$ ذرة من النحاس

2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب عدد أفوجادرو) والذي يربط عدد المولات بعدد الذرات.

طبّق عامل التحويل

$$\text{عدد المولات} = \text{عدد الذرات} \times \frac{1\ \text{mol من النحاس}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من النحاس}}$$

عوّض واضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$= 4.50 \times 10^{24}\ \text{ذرة من النحاس} \times \frac{1\ \text{mol من النحاس}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من النحاس}}$$

$$= 7.48\ \text{mol من النحاس.}$$

3 تقويم الإجابة

عدد ذرات النحاس وعدد أفوجادرو كلاهما يشتمل على ثلاثة أرقام معنوية. الإجابة مكتوبة بشكل صحيح وهي أقل من 10 mol، كما هو متوقع، كما أن وحداتها صحيحة.

مسائل تدريبية

5. ما عدد المولات في كل من:

a. 5.75×10^{24} ذرة من الألومنيوم Al.

b. 2.50×10^{20} ذرة من الحديد Fe.

6. تحفيز احسب عدد المولات في كل من:

a. 3.75×10^{24} جزيء من ثاني أكسيد الكربون CO_2.

b. 3.58×10^{23} جزيء من كلوريد الخارصين II $ZnCl_2$.

التقويم 5-1

الخلاصة

- المول وحدة تستخدم لعد جسيمات المادة بشكل غير مباشر. المول الواحد من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.
- الجسيمات الممثلة تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، وجسيمات أخرى مشابهة.
- المول الواحد من ذرات الكربون-12 له كتلة مقدارها 12 g تمامًا.
- يمكن استخدام عوامل التحويل المكتوبة من علاقة عدد أفوجادرو للتحويل بين المولات وعدد الجسيمات.

7. الفكرة الرئيسة **فسّر** لماذا يستخدم الكيميائيون المول؟
8. **اذكر** العلاقة الرياضية التي تربط بين عدد أفوجادرو، والمول الواحد من أي مادة (1mol).
9. **اكتب** عوامل التحويل المستخدمة للتحويل بين الجسيمات والمولات.
10. **فسّر** وجه الشبه بين المول والدرزن.
11. **طبّق** كيف يحسب الكيميائي عدد الجسيمات في عدد معين من مولات المادة؟
12. **احسب** عدد الجسيمات الممثلة (ذرات أو جزيئات أو أيونات أو وحدات صيغة) في كل من المواد الآتية:
    a. 11.5 mol من الفضة Ag.
    b. 18.0 mol من الماء H_2O.
    c. 0.15 mol من كلوريد الصوديوم NaCl.
    d. 1.35×10^{-2} mol من الميثان CH_4.
13. **رتب** العينات الثلاث الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب عدد الجسيمات الممثلة:
    1.25×10^{25} ذرة من الخارصين Zn
    3.56 mol من الحديد Fe
    6.78×10^{22} جزيء من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تربط** كتلة الذرة بكتلة مول واحد من الذرات.
- **تحول** بين عدد مولات العنصر وكتلته.
- **تحول** بين عدد مولات العنصر وعدد ذراته.

مراجعة المفردات

عامل التحويل: نسبة بين قيم متكافئة، يستخدم للتعبير عن الكمية نفسها بوحدات مختلفة.

المفردات الجديدة

الكتلة المولية

الكتلة والمول Mass and the Mole

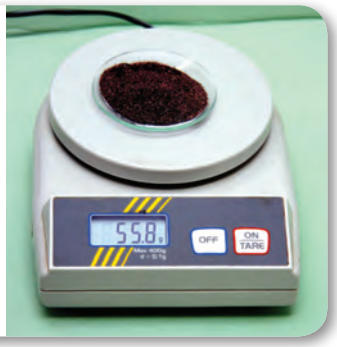
الفكرة الرئيسة **يحتوي المول على العدد نفسه من الجسيمات دائمًا، غير أنّ مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.**

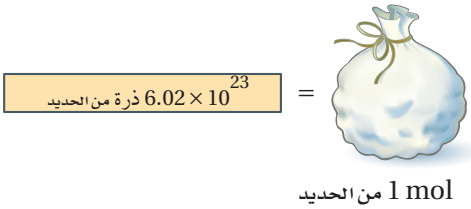
الربط مع الحياة عند شراء درزن بيض، يمكنك اختيار أحجام مختلفة: صغيرة ومتوسطة وكبيرة. لا يؤثر حجم البيض في عدد ما يحتويه الصندوق. وهذا وضع مشابه لحجم الذرات التي تكوّن المول.

كتلة المول The Mass of a Mole

لن تتوقع أن كتلة درزن من الليمون تساوي كتلة درزن من البيض؛ لأن البيض والليمون يختلفان في الحجم والتركيب، فمن غير المفاجئ إذن أن تكون لها كتل مختلفة، كما هو موضح في **الشكل 5–5**. لذلك فإن كميتين مقدار كل منهما مول واحد من مادتين مختلفتين لها كتلتان مختلفتان؛ لأن لكلٍّ منهما تركيبًا مختلفًا. فلو وضعت مولاً واحدًا من الكربون مثلًا، ومولاً واحدًا من النحاس في ميزانين فسترى فرقًا في الكتلة، كالذي تراه في كتل البيض، والليمون. وهذا يحدث لأن كتلة ذرات الكربون تختلف عن كتلة ذرات النحاس، ولذلك فإن كتلة 6.02×10^{23} ذرة من الكربون لا تساوي كتلة 6.02×10^{23} ذرة من النحاس.

الشكل 5–5 كتلة درزن من الليمون تساوي ضعف كتلة درزن من البيض تقريبًا. ويعدّ الفرق بين الكتلتين منطقيًّا؛ لأن الليمون مختلف عن البيض في تركيبه وحجمه.





الشكل 6–5 مول من الحديد، يحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات، ممثلاً بكيس له كتلة مساوية لكتلته الذرية بالجرامات.

طبق ما كتلة مول من النحاس؟

الكتلة المولية كيف ترتبط كتلة ذرة واحدة بكتلة مول واحد من تلك الذرة؟ تذكر أن المول يعرف على أنه عدد ذرات الكربون–12 في 12 g منه. ومن ثم فكتلة 1mol من ذرات الكربون–12 هي 12 g. وسواءً كنت مهتمًّا بذرّة واحدة أو بعدد أفوجادرو من الذرات (1 mol) فإن كتل جميع الذرات تم تعيينها بالنسبة إلى كتلة ذرة الكربون–12. وتسمى الكتلة بالجرامات لمول واحدٍ من أي مادة نقية **الكتلة المولية**.

الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية، ووحدتها g /mol. وكما هو مبين في الجدول الدوري، فإن كتلة ذرة الحديد الواحدة مقدارها 55.845 amu. لذا فالكتلة المولية للحديد تساوي 55.845 g /mol. لاحظ أنه بقياس 55.845 g من الحديد تكون بطريقة غير مباشرة قد عددت 6.02×10^{23} ذرة منه. **الشكل 6–5** يوضح العلاقة بين الكتلة المولية ومول واحد من العنصر.

مختبر حل المشكلات

صياغة نموذج

كيف ترتبط الكتلة المولية وعدد أفوجادرو والكتلة الذرية؟

يمكن أن يوفر نموذج نواة الذرة صورة مبسطة للعلاقات بين المول، والكتلة المولية وعدد الجسيمات.

التحليل

يظهر الرسم عن اليسار نماذج أنوية H–1 و He–4. تحتوي نواة H–1 على بروتون واحد بكتلة مقدارها 1.007 amu، وقد قدرت كتلة البروتون بالجرامات 1.672×10^{-24} g. تحتوي نواة الهيليوم–4 على بروتونين ونيوترونين، ولها كتلة مقدارها 4 amu.

التفكير الناقد

1. **طبّق** ما كتلة ذرة الهيليوم الواحدة بالجرامات؟ (كتلة النيوترون مساوية تقريبًا لكتلة البروتون).

2. **ارسم** الكربون–12 يحتوي على ستة بروتونات وستة نيوترونات. ارسم نواة الكربون–12، واحسب كتلة الذرة الواحدة بوحدتي g و amu.
3. **طبّق** ما عدد ذرات الهيدروجين–1 في عينة كتلتها 1.007 g؟ تذكر أن 1.007 amu هي كتلة ذرة واحدة من الهيدروجين–1. قرّب إجابتك إلى أقرب جزء من مائة.
4. **طبّق** لو كانت لديك عينتان من الهيليوم والكربون تحتويان على عدد أفوجادرو من الذرات، فكم تكون كتلة كل عينة بالجرامات؟
5. **استنتج** ماذا يمكنك أن تستنتج عن العلاقة بين عدد الذرات وكتلة كل عينة؟

استخدام الكتلة المولية Using Molar Mass

تحويل المولات إلى كتلة افترض أنه خلال عملك في مختبر الكيمياء احتجت إلى 3.00 mol من النحاس Cu لتفاعل كيميائي، فكيف تقيس هذه الكمية؟ يمكن تحويل عدد مولات النحاس إلى كتلة تقاس بالميزان. ولحساب كتلة عدد معين من المولات اضرب عدد المولات في الكتلة المولية:

$$\text{الكتلة بالجرامات (g)} = \text{عدد المولات (mol)} \times \frac{\text{الكتلة المولية (g)}}{1\ \text{mol}}$$

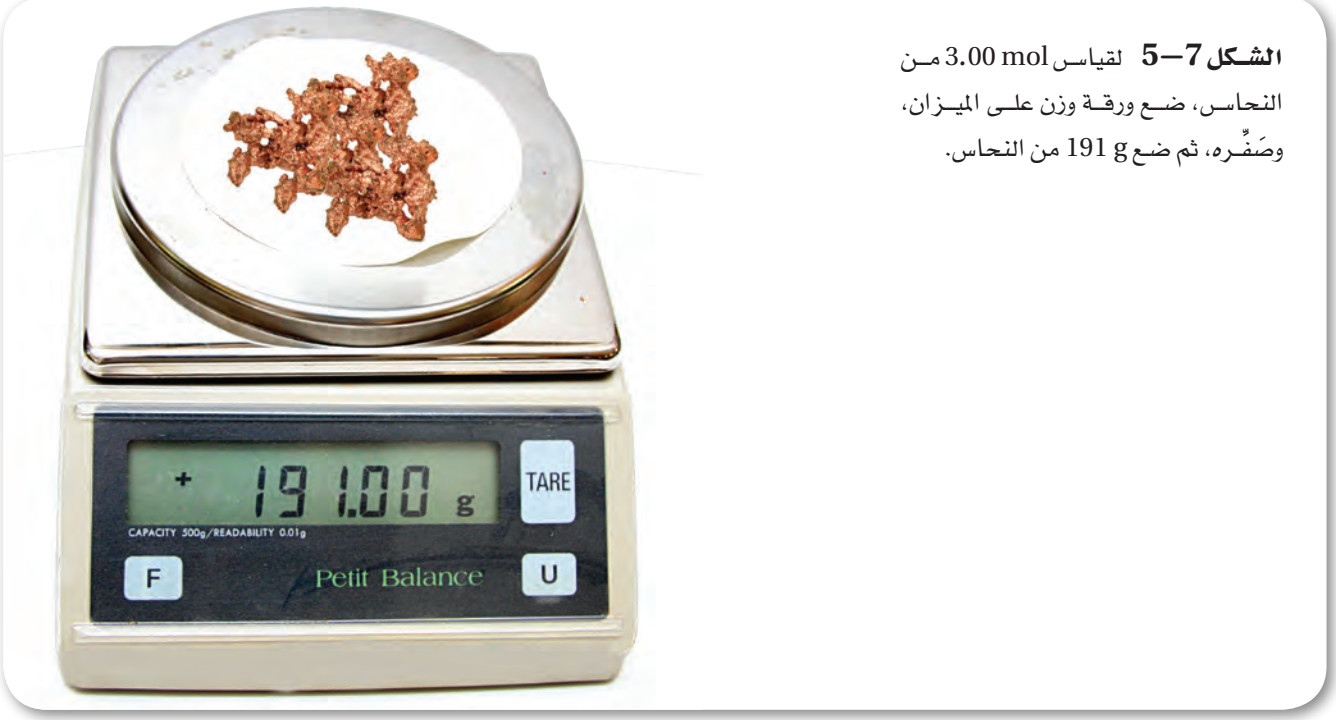
إذا نظرت إلى الجدول الدوري للعناصر فستجد أن Cu–29 له كتلة ذرية مقدارها 63.54 amu، وأنت تعلم أن الكتلة المولية للعنصر (g /mol) تساوي الكتلة الذرية (معبرًا عنها بوحدة amu)، لذلك فكتلة النحاس المولية هي 63.546 g /mol، وباستخدامها يمكنك تحويل 3.00 mol نحاس إلى جرامات نحاس.

$$3.00\ \cancel{\text{mol Cu}} \times \frac{63.546\ \text{g Cu}}{1\ \cancel{\text{mol Cu}}} = 191\ \text{g Cu}$$

لذا، كما هو موضح في **الشكل 7–5**، يمكنك قياس 3.00 mol من النحاس اللازمة للتفاعل باستخدام ميزان لتعيين 191 g من النحاس، والتحويل العكسي (من الكتلة إلى المولات) يتضمن استخدام مقلوب الكتلة المولية بوصفه عامل تحويل. فهل بإمكانك تفسير السبب؟

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



الشكل 7–5 لقياس 3.00 mol من النحاس، ضع ورقة وزن على الميزان، وصَفِّره، ثم ضع 191 g من النحاس.

الربط مع علم الأحياء يكتشف علماء الخلية بروتينات حيوية جديدة باستمرار، حيث تشكل التقنيات الحيوية مستقبل الرعاية الصحية. ويهتم مشروع "نيوم NEOM" بشكل خاص بالتقنيات الحيوية لأنها السبيل إلى مستقبل الرعاية الصحية والرفاهية المستقبلية. ورؤية مشروع "نيوم NEOM" أن يكون مقصدًا جديدًا للعالم بأسره في مجال التقنيات الحيوية بحثًا عن الجيل القادم من العلاج الجيني وعلم الجينوم وأبحاث الخلايا الجذعية وتقنية النانو الحيوية والهندسة الحيوية. وبعد اكتشاف جزيء حيوي جديد يقوم عالم الأحياء بتعيين الكتلة المولية للمركب باستخدام تقنية مطياف الكتلة، الذي يوفر ـ بالإضافة إلى الكتلة المولية ـ معلومات إضافية تساعد على الكشف عن التركيب الكيميائي للمركب.

* المصدر: كتيب مشروع نيوم NEOM؛ ص:10.

مثال 2–5

التحويل من المول إلى الكتلة الكروم Cr عنصر انتقالي، يستخدم في طلاء الحديد والفلزات لحمايتها من التآكل. احسب كتلة 0.0450 mol من الكروم.

1 تحليل المسألة

لديك عدد مولات الكروم التي يجب حساب كتلتها باستخدام الكتلة المولية للكروم من الجدول الدوري للعناصر. ولأن العينة أقل من 0.1 mol، فيجب أن تكون الإجابة أقل من 0.1 من الكتلة المولية.

المعطيات

عدد المولات = 0.0450 mol

الكتلة المولية للكروم = 52.00 g/mol

المطلوب

كتلة Cr = ؟

2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (الكتلة المولية) الذي يربط جرامات الكروم بمولاته، ثم عوّض بالقيم المعلومة في المعادلة وحلها.

طبق عامل التحويل

$$\text{كتلة الكروم (g)} = \text{مولات الكروم (mol)} \times \frac{\text{الكتلة المولية للكروم (g)}}{\text{1mol من الكروم}}$$

عوض بالمعطيات وأوجد الحل

$$= 0.0450 \cancel{\text{mol Cr}} \times \frac{52.00 \text{ g Cr}}{1 \cancel{\text{mol Cr}}}$$

$$= 2.34 \text{ g Cr}$$

3 تقويم الإجابة

الإجابة أقل من 0.1 mol كما هو متوقع، والوحدة صحيحة، وهي (g).

مسائل تدريبية

14. احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يلي:

a. 3.57 mol من الألومنيوم Al.

b. 42.6 mol من السليكون Si.

15. **تحفيز** احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يلي:

a. 3.54×10^{2} mol من الكوبلت Co.

b. 2.45×10^{-2} mol من الخارصين Zn.

مثال 3–5

التحويل من الكتلة إلى المول الكالسيوم Ca من أكثر العناصر توافرًا في الأرض، ويوجد دائمًا متحدًا مع عناصر أخرى بسبب نشاطه العالي. ما عدد مولات الكالسيوم في 525 g منه؟

1 تحليل المسألة

عليك أن تحول كتلة الكالسيوم إلى مولات كالسيوم؛ فكتلة الكالسيوم هنا أكبر من الكتلة المولية أكثر من عشر مرات، لذلك يجب أن تكون الإجابة أكبر من 10 mol.

المعطيات

الكتلة = 525 g Ca

الكتلة المولية لـ Ca = 40.08 g/mol

المطلوب

عدد مولات Ca = ؟

2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط مولات الكالسيوم بجراماته، وعوِّض القيم المعلومة، وحل:

طبق عامل التحويل

$$\text{مولات الكالسيوم (mol)} = \text{كتلة الكالسيوم (g)} \times \frac{\text{1 mol من الكالسيوم}}{\text{الكتلة المولية للكالسيوم (g)}}$$

عوض بالمعطيات وأوجد الحل

$$= 525\ \text{g Ca} \times \frac{\text{1 mol Ca}}{40.08\ \text{g Ca}} = 13.1\ \text{mol Ca}$$

3 تقويم الجواب

الإجابة أكبر من 10 mol كما هو متوقع، والوحدة صحيحة، وهي mol.

مسائل تدريبية

16. احسب عدد المولات في كلٍّ مما يلي:

a. 25.5 g من الفضة Ag.

b. 300.0 g من الكبريت S.

17. تحفيز حوّل كلًّا من الكتل التالية إلى مولات:

a. 1.25×10^{3} g من الخارصين Zn.

b. 1.00 Kg من الحديد Fe .

التحويل بين الكتلة والذرات إنك لا تستطيع أن تقوم بتحويل مباشر من كتلة المادة إلى عدد الجسيمات المكونة لها؛ إذ لا بد أن تحول الكتلة إلى عدد المولات في البداية، وهذه العملية المكونة من خطوتين موضحة في المثال 4–5.

مثال 4–5

التحويل من الكتلة إلى الذرات الذهب Au هو أحد فلزات العملة (الذهب، الفضة، النحاس). ما عدد ذرات الذهب في عملة ذهبية كتلتها 31.1 g؟

1 تحليل المسألة

عليك أن تحسب عدد الذرات في كتلة معينة من الذهب. ولأنك لا تستطيع التحويل مباشرة من الكتلة إلى عدد الذرات، فعليك أولاً أن تحول الكتلة إلى مولات باستخدام الكتلة المولية، ثم تحول المولات إلى عدد الذرات باستخدام عدد أفوجادرو.

ولأن كتلة الذهب المعطاة هي سُدس الكتلة المولية للذهب (196.97 g /mol). لذا فعدد ذرات الذهب يجب أن يكون سُدْس عدد أفوجادرو تقريبًا.

المعطيات

الكتلة = 31.1 g Au

الكتلة المولية = 196.97 g /mol

المطلوب

عدد ذرات Au = ؟

2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط مولات الذهب بجراماته.

طبق عامل التحويل

$$\text{عدد مولات الذهب (mol)} = \text{كتلة الذهب (Au)} \times \frac{1\ \text{mol من الذهب}}{\text{الكتلة المولية للذهب (g)}}$$

عوض بالمعطيات، واحسب عدد المولات

$$31.1\ \cancel{\text{g Au}} \times \frac{1\ \text{mol Au}}{196.97\ \cancel{\text{g Au}}} = 0.158\ \text{mol Au}$$

لتحويل المولات إلى عدد ذرات، اضرب في عدد أفوجادرو

طبق عامل التحويل

$$\text{عدد ذرات الذهب} = \text{عدد مولات الذهب (mol)} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من الذهب}}{1\ \text{mol من الذهب}}$$

عوض بالمعطيات، وأوجد الحل

$$= 0.158\ \cancel{\text{mol Au}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من الذهب}}{1\ \cancel{\text{mol Au}}}$$

$$= 9.51 \times 10^{22}\ \text{ذرة من الذهب}$$

3 تقويم الإجابة

الإجابة تساوي سدس عدد أفوجادرو تقريبًا، كما هو متوقع. والوحدة صحيحة، وهي ذرة (atom).

مثال 5–5

تحويل الذرات إلى كتلة الهيليوم He غاز نبيل، فإذا احتوى بالون على 5.50×10^{22} ذرة من الهيليوم، فاحسب كتلة الهيليوم فيه.

1 تحليل المسألة

عدد ذرات الهيليوم معلومة لديك، وعليك إيجاد كتلة الغاز. حوّل أولاً عدد الذرات إلى مولات، ثم حول المولات إلى جرامات.

المعطيات

عدد ذرات الهيليوم $= 5.50 \times 10^{22}$ ذرة

الكتلة المولية للهيليوم $= 4.00\ g/mol\ He$

المطلوب

كتلة $He = ?$

2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب عدد أفوجادرو) الذي يربط المولات بعدد الذرات

طبق عامل التحويل

$$\text{عدد مولات الهيليوم (mol)} = \text{عدد ذرات الهيليوم} \times \frac{1\ \text{mol من الهيليوم}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من الهيليوم}}$$

عوض $5.50 \times 10^{22}\ atoms\ He$

$$= 5.50 \times 10^{22}\ \text{ذرة من He} \times \frac{1 mol\ He}{6.02 \times 10^{23}\ \text{ذرة من He}}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$= 0.0914\ mol\ He$$

لتحويل عدد المولات إلى كتلة، اضرب في الكتلة المولية

طبق عامل التحويل

$$\text{كتلة الهيليوم بالجرامات (g)} = \text{عدد مولات الهيليوم (mol)} \times \frac{\text{الكتلة المولية للهيليوم (g)}}{1\ mol\ He}$$

عوض عدد مولات $0.0914\ mol\ He =$ الكتلة المولية $4.00\ g/mol\ He =$، وأوجد الحل

$$= 0.0914\ \cancel{mol\ He} \times \frac{4.00\ g\ He}{1\ \cancel{mol\ He}} = 0.366\ g\ He$$

3 تقويم الإجابة

عُبر عن الجواب بالوحدة الصحيحة (g).

مسائل تدريبية

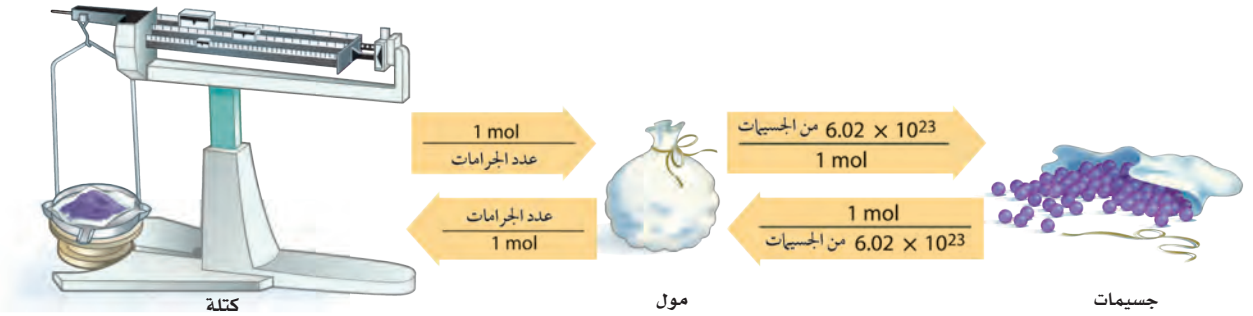
18. ما عدد الذرات في 11.5 g من الزئبق Hg؟

19. ما كتلة 1.50×10^{15} ذرة من النيتروجين N؟

20. تحفيز احسب عدد الذرات في كل مما يلي:

a. $4.56 \times 10^{3}\ g$ من السليكون Si.

b. 0.120 kg من التيتانيوم Ti.



الشكل 8–5 يعد المول أساس التحويل بين الكتلة والجسيمات الممثلة (الذرات، الأيونات، الجزيئات، وحدات الصيغة). في الشكل تمثل الكتلة في الميزان والمولات في حقيبة تحتوي على الجسيمات الممثلة، والجسيمات الممثلة تنتشر من الحقيبة. تحتاج إلى خطوتين للتحويل من الكتلة إلى الجسيمات أو العكس.

الآن بعد أن أجريت تحويلًا بين الكتلة، والمولات، والجسيمات، أنت تدرك أن المول أساس الحسابات. فالكتلة دائمًا تحول إلى مولات قبل تحويلها إلى ذرات، والذرات تحول إلى مولات قبل أن تحسب كتلتها.

الشكل 8–5 يبين خطوات التحويل. في الأمثلة الحسابية التي مرت بك، استعملت خطوتين في التحويل، فإما تحويل الكتلة إلى مولات ثم إلى ذرات، أو تحويل الذرات إلى مولات ثم إلى كتلة. ويمكنك دمج الخطوتين في خطوة واحدة. افترض أنك تريد معرفة عدد جزيئات الأكسجين في 1.00 g منه. إن عملية التحويل هذه تتطلب التحويل من كتلة إلى مولات ومن مولات إلى جزيئات، ويمكن أن تمثل ذلك في المعادلة.

$$= 1.00\,\cancel{g\,O_2} \times \frac{1\,\cancel{mol\,O_2}}{31.998\,\cancel{g\,O_2}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{جزيء } O_2}{1\,\cancel{mol\,O_2}}$$

$$= 1.88 \times 10^{22}\ \text{جزيء}$$

التقويم 5-2

الخلاصة

- تسمى الكتلة بالجرامات لمول واحد من أي مادة نقية الكتلة المولية.
- الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية.
- الكتلة المولية لأي مادة هي كتلة عدد أفوجادرو من الجسيمات المكونة لهذه المادة.
- تستخدم الكتلة المولية للتحويل من المولات إلى كتلة، ويستخدم مقلوب الكتلة المولية للتحويل من الكتلة إلى مولات.

21. الفكرة الرئيسة **لخص** الفرق بين كميات مول واحد من مادتين مختلفتين أحاديتي الذرات من حيث الجسيمات والكتلة؟
22. **اذكر** معامل التحويل اللازم للتحويل بين الكتلة والمولات لذرة الفلور.
23. **اشرح** كيف تربط الكتلة المولية كتلة الذرة بكتلة مول واحد من الذرات.
24. **صف** الخطوات اللازمة لتحويل كتلة عنصر ما إلى ذراته.
25. **احسب** كتلة 0.25 mol من ذرات الكربون–12.
26. **رتّب** الكميات التالية من الأصغر إلى الأكبر بحسب الكتلة: 1.0 mol من Ar، 3.0×10^{24} ذرة من Ne، 20 g من Kr.
27. **حدِّد** الكمية التي تحسب بقسمة الكتلة المولية للعنصر على عدد أفوجادرو.
28. **صمّم** خريطة مفاهيمية توضح العوامل اللازمة للتحويل بين الكتلة، والمولات، وعدد الجسيمات.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

مولات المركبات Moles of Compounds

الأهداف

- **تتعرّف** العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية.
- **تحسب** الكتلة المولية لمركب.
- **تطبق** عوامل التحويل لتحديد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معروفة من مركب.

مراجعة المفردات

الجسيم الممثل: ذرة أو جزيء أو وحدة صيغة كيميائية أو أيون.

الفكرة الرئيسة **يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال هذه الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمركب نفسه.**

الربط مع الحياة تخيل حقيبتين فُحصتا في المطار، وتبين أن إحداهما قد تجاوزت حد الوزن المسموح به. ولأن وزن كل حقيبة يعتمد على مجموع الأشياء الموجودة داخلها فإن إعادة توزيع هذه الأشياء على الحقيبتين يغير وزن كل منهما.

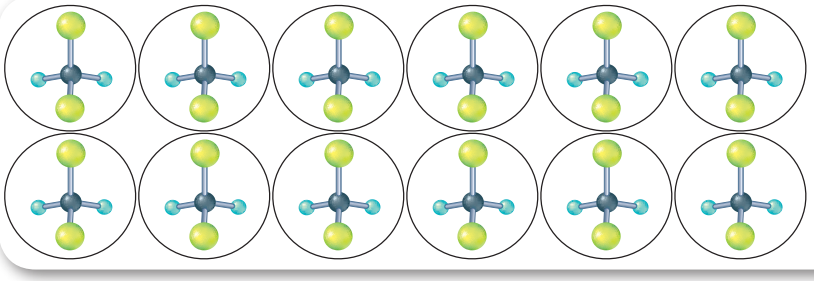
الصيغ الكيميائية والمول

Chemical Formulas and the Mole

تعلمت أن الأنواع المختلفة من الجسيمات تُعد باستعمال المول، وكذلك تعلمت أن الكتل المولية تستعمل للتحويل بين المولات والكتلة، وعدد الجسيمات للعنصر. ولتقوم بتحويلات مشابهة للمركبات والأيونات تحتاج إلى معرفة الكتلة المولية لها.

تذكر أن الصيغة الكيميائية للمركب تعبر عن عدد الذرات وأنواعها الموجودة في وحدة صيغة واحدة منه. خذ في الاعتبار مركب ثنائي كلورو ثنائي فلورو ميثان (غاز الفريون) المستخدم في عمليات التبريد، وصيغته CCl_2F_2 حيث تدل الأرقام في صيغة المركب على أن جزيئًا واحدًا من CCl_2F_2 يتكون من ذرة كربون (C) وذرتي كلور (Cl) وذرتي فلور (F). وهذه الذرات مرتبطة معًا كيميائيًّا، بنسبة F: Cl: C هي 2:2:1.

والآن، افترض أن لديك مولاً واحدًا من CCl_2F_2، وهذا يعني أنه يحتوي على عدد أفوجادرو من الجزيئات. وستبقى النسبة 2 :2 :1 بين ذرات F:Cl:C في مولٍ من المركب كما هي في جزيء واحد منه. ويوضح **الشكل 9–5** درزن من جزيئات CCl_2F_2؛ إذ تحتوي على درزن واحدة من ذرات الكربون، ودستتين من ذرات الكلور، ودستتين من ذرات الفلور. فالصيغة الكيميائية CCl_2F_2 لا تمثل جزيئًا منفردًا من CCl_2F_2 فقط، بل تمثل أيضًا مولاً من المركب.



الشكل 9–5 يوضح درزن من جزيئات CCl_2F_2 تحتوي على درزن من ذرات الكربون، ودرزنين من ذرات الكلور، ودرزنين من ذرات الفلور.

استنتج كم ذرة من الكربون، والكلور، والفلور توجد في مول واحد من CCl_2F_2.

قد تحتاج في بعض الحسابات الكيميائية إلى التحويل بين مولات المركب ومولات إحدى الذرات المكونة له. فالنسب أو عوامل التحويل التالية يمكن كتابتها لاستعمالها في الحسابات لجزيء CCl_2F_2.

$$\frac{2\ \text{mol F}}{1\ \text{mol } CCl_2F_2} \qquad \frac{2\ \text{mol Cl}}{1\ \text{mol } CCl_2F_2} \qquad \frac{1\ \text{mol C}}{1\ \text{mol } CCl_2F_2}$$

لإيجاد عدد مولات ذرات الفلور في $5.50\ \text{mol}$ من الفريون CCl_2F_2 اضرب مولات الفريون في عامل التحويل الذي يربط بين مولات ذرات الفلور ومولات الفريون.

$$\text{عدد مولات F} = \text{عدد مولات } CCl_2F_2 \times \frac{2\ \text{mol F}}{1\ \text{mol } CCl_2F_2}$$

$$5.50\ \text{mol } CCl_2F_2 \times \frac{2\ \text{mol F}}{1\ \text{mol } CCl_2F_2} = 11.0\ \text{mol F}$$

يمكن استعمال عامل التحويل الذي استعمل للفلور في كتابة عوامل التحويل لسائر العناصر في المركب. وعدد مولات العنصر التي توضع في البسط تمثل الرقم الذي عن يمين رمز العنصر في الصيغة الكيميائية.

مثال 6–5

علاقات المول المرتبطة بالصيغة الكيميائية أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) الذي يسمى غالبًا ألومينا، هو المادة الخام الأساسية لإنتاج الألومنيوم (Al). توجد الألومنيا في معدن الكورنديوم والبوكسايت. احسب عدد مولات أيونات الألومنيوم (Al^{3+}) في $1.25\ \text{mol}$ من أكسيد الألومنيوم Al_2O_3.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات Al_2O_3، وعليك أن تحسب عدد مولات أيونات Al^{3+}. مستعملاً عامل التحويل المبني على الصيغة الكيميائية والذي يربط بين مولات أيونات Al^{3+} ومولات Al_2O_3. كل مول من Al_2O_3 يحتوي على مولين من أيونات Al^{3+}، لذا فالإجابة يجب أن تكون ضعف مولات Al_2O_3.

المعطيات

عدد مولات $Al_2O_3 = 1.25\ \text{mol}$

المطلوب

عدد المولات $Al^{3+} = ?$

2 حساب المطلوب

استعمل العلاقة 1mol من Al_2O_3 يحتوي على $2\ \text{mol}$ من Al^{3+}، لكتابة عامل التحويل.

عين عامل تحويل يربط بين عدد مولات أيونات Al^{3+} بمولات Al_2O_3

$$\frac{2\ \text{mol } Al^{3+}}{1\ \text{mol } Al_2O_3}$$

لتحويل عدد مولات Al_2O_3 المعروفة إلى مولات أيونات Al^{3+} اضرب في عامل التحويل.

طبق عامل التحويل

$$\text{mol } Al_2O_3 \times \frac{2\ \text{mol } Al^{3+}}{1\text{mol } Al_2O_3} = \text{mol } Al^{3+}$$

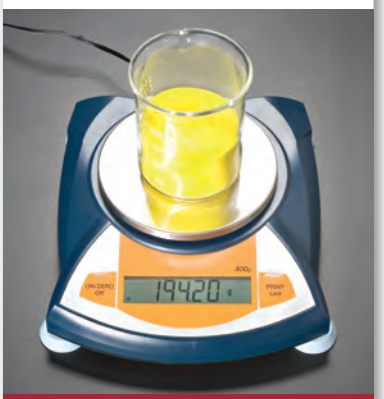
عوض مستعينًا بالمعطيات، وأوجد الحل

$$1.25\ \cancel{\text{mol } Al_2O_3} \times \frac{2\ \text{mol } Al^{3+}}{1\text{mol } \cancel{Al_2O_3}} = 2.5\ \text{mol } Al^{3+}$$

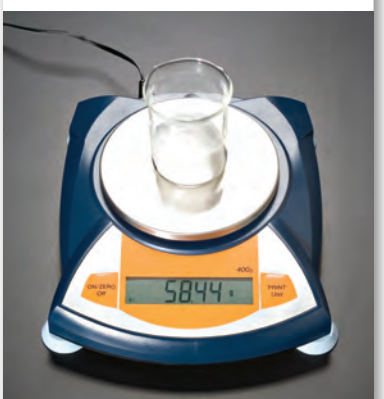
3 تقويم الإجابة

عدد مولات أيونات Al^{3+} ضعف عدد مولات Al_2O_3، كما هو متوقع.

الشكل 10–5 لأن كل مادة تحتوي على أعداد وأنواع مختلفة من الذرات، فإن كتلها المولية مختلفة. فالكتلة المولية لكل مركب هي حاصل مجموع كتل جميع العناصر المكونة له.



كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4)



كلوريد الصوديوم ($NaCl$)

السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

مسائل تدريبية

29. يستعمل كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ بوصفه سبيكة لحام لربط فلزين معًا، احسب عدد مولات أيونات Cl^- في 2.50 mol من $ZnCl_2$.

30. تعتمد النباتات والحيوانات على سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ بوصفه مصدرًا للطاقة. احسب عدد مولات كل عنصر في 1.25 mol من الجلوكوز.

31. احسب عدد مولات أيونات الكبريتات الموجودة في 3.00 mol من $Fe_2(SO_4)_3$.

32. ما عدد مولات ذرات الأكسجين الموجودة في 5.00 mol من P_2O_5؟

33. تحفيز احسب عدد مولات ذرات الهيدروجين في 1.15×10^1 mol من الماء.

الكتلة المولية للمركّبات

The Molar Mass of Compounds

كتلة مول واحد من المركب تساوي مجموع كتل الجسيمات التي يتكون منها المركب. افترض أنك ترغب في تعيين الكتلة المولية لمركب كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4)، ابدأ بالبحث عن الكتل المولية لكل عنصر في K_2CrO_4، ثم اضرب الكتلة المولية لكل عنصر في عدد مولات العنصر الممثلة في الصيغة الكيميائية، ثم اجمع كتل العناصر كافة لتحصل على الكتلة المولية للمركب K_2CrO_4.

$$2\ \text{mol K} \times \frac{39.10\ \text{g K}}{1\ \text{mol K}} = 78.20\ \text{g}$$

$$1\ \text{mol Cr} \times \frac{52.0\ \text{g Cr}}{1\ \text{mol Cr}} = 52.0\ \text{g}$$

$$4\ \text{mol O} \times \frac{16.0\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 64.0\ \text{g}$$

الكتلة المولية لـ $K_2CrO_4 = 194.20\ \text{g}$

توضح الكتلة المولية للمركب قانون حفظ الكتلة؛ فالكتلة الكلية للمتفاعلات تساوي كتلة المركب المتكون. يوضح **الشكل 10–5** كتلاً متكافئة لمول واحد من كرومات البوتاسيوم، وكلوريد الصوديوم، والسكروز.

مسائل تدريبية

34. احسب الكتلة المولية لكل مركب أيوني من المركبات التالية:

a. $NaOH$ **b.** $CaCl_2$ **c.** $KC_2H_3O_2$

35. احسب الكتلة المولية لكل مركب تساهمي من المركبات التالية:

a. C_2H_5OH **b.** HCN **c.** CCl_4

36. تحفيز صنّف كلًّا من المركبات التالية بوصفه مركبًا جزيئيًّا أو أيونيًّا، ثم احسب كتلته المولية:

a. $Sr(NO_3)_2$ **b.** $(NH_4)_3PO_4$ **c.** $C_{12}H_{22}O_{11}$

تحويل مولات المركب إلى كتلة

Converting Moles of a Compound to Mass

إذا أردت إيجاد عدد مولات مركب لعمل تجربةٍ ما، فعليك أولاً أن تحسب الكتلة المطلوبة بالجرامات من خلال عدد المولات، ثم يمكنك قياس هذه الكتلة بالميزان. ففي المثال 2–5 تعلمت كيفية تحويل عدد مولات العناصر إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها عامل تحويل. وتستعمل الطريقة نفسها مع المركبات، إلا أنه يتعين عليك حساب الكتلة المولية للمركب.

مثال 7–5

التحويل من مول إلى كتلة في المركبات تعود الرائحة المميزة للثوم إلى وجود المركب $(C_3H_5)_2S$. فما كتلة 2.50 mol من $(C_3H_5)_2S$ ؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات $(C_3H_5)_2S$، وعليك أن تحول المولات إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها عامل تحويل. والكتلة المولية هي حاصل مجموع الكتل المولية لكل العناصر في $(C_3H_5)_2S$.

المعطيات

عدد مولات $(C_3H_5)_2S = 2.50\ mol$

المطلوب

الكتلة المولية $(C_3H_5)_2S$ = ؟

كتلة $(C_3H_5)_2S$ = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية لـ $(C_3H_5)_2S$.

اضرب مولات S في الكتلة المولية لـ S

$$1\ \cancel{mol\ S} \times \frac{32.07\ g\ S}{1\ \cancel{mol\ S}} = 32.07\ g\ S$$

اضرب مولات C في الكتلة المولية لـ C

$$6\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 72.06\ g\ C$$

اضرب مولات H في الكتلة المولية لـ H

$$10\ \cancel{mol\ H} \times \frac{12.008\ g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} = 10.08\ g\ H$$

حاصل جمع الكتل

$$= 32.07\ g + 72.06\ g + 10.08\ g = 114.21\ g/mol\ (C_3H_5)_2S$$

استعمل عامل التحويل (الكتلة المولية) الذي يربط الجرامات بالمولات.

طبق عامل التحويل

$$\text{كتلة } (C_3H_5)_2S = \text{عدد مولات } (C_3H_5)_2S \times \frac{\text{الكتلة المولية } (C_3H_5)_2S}{1\ mol\ (C_3H_5)_2S}$$

عوض مستعينًا بالمعطيات، وحُل

$$2.5\ mol\ \cancel{(C_3H_5)_2S} \times \frac{114.21g\ (C_3H_5)_2S}{1\ mol\ \cancel{(C_3H_5)_2S}} = 286\ g\ (C_3H_5)_2S$$

مسائل تدريبية

37. ما كتلة 3.25 mol من حمض الكبريتيك H_2SO_4؟

38. ما كتلة 4.35×10^{-2} mol من كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ ؟

39. **تحفيز** اكتب الصيغة الكيميائية لبرمنجنات البوتاسيوم، ثم احسب كتلة 2.55 mol منه بالجرامات.

تحويل كتلة المركب إلى مولات

Converting the Mass of a Compound to Moles

إذا نتج عن إحدى التجارب التي أجريتها في المختبر 5.55 g من مركب ما، فما عدد المولات في هذه الكتلة؟ لتحديد ذلك افترض أنك حسبت الكتلة المولية للمركب ووجدتها 185.0 g/mol، ولأن الكتلة المولية تربط الجرامات بالمولات، فإنك تحتاج في هذه الحالة إلى مقلوب الكتلة المولية بوصفه عامل تحويل.

$$0.0297 \text{ mol من المركب} = \frac{1 \text{ mol من المركب}}{185 \text{ g من المركب}} \times 5.50 \text{ g من المركب}$$

مثال 8–5

التحويل من الكتلة إلى مولات يستعمل مركب هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات العادم المنبعثة من محطات الطاقة، وفي معالجة عسر الماء لإزالة أيونات Ca^{2+} و Mg^{2+}. احسب عدد مولات هيدروكسيد الكالسيوم في 325 g منه.

1 تحليل المسألة

لديك 325 g من $Ca(OH)_2$ والمطلوب إيجاد عدد مولات $Ca(OH)_2$. احسب أولاً الكتلة المولية لـ $Ca(OH)_2$.

المعطيات

كتلة $Ca(OH)_2 = 325 \text{ g}$

المطلوب

الكتلة المولية $Ca(OH)_2 = ?$

عدد المولات $Ca(OH)_2 = ?$

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب $Ca(OH)_2$.

اضرب مولات Ca في الكتلة المولية لـ Ca

$$1 \cancel{\text{mol Ca}} \times \frac{40.08 \text{ g Ca}}{1 \cancel{\text{mol Ca}}} = 40.08 \text{ g}$$

اضرب مولات O في الكتلة المولية لـ O

$$2 \cancel{\text{mol O}} \times \frac{16.0 \text{ g O}}{1 \cancel{\text{mol O}}} = 32.0 \text{ g}$$

اضرب مولات H في الكتلة المولية لـ H

$$2 \cancel{\text{mol H}} \times \frac{1.00 \text{ g H}}{1 \cancel{\text{mol H}}} = 2.016 \text{ g}$$

حاصل جمع الكتل

$$= 40.08 \text{ g} + 32.00 \text{ g} + 2.016 \text{ g} = 74.10 \text{ g/mol Ca(OH)}_2$$

استعمل عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

عوض مستعينًا بالمعطيات، وحُل

$$= 325 \text{ g } \cancel{\text{Ca(OH)}_2} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74.10 \text{ g } \cancel{\text{Ca(OH)}_2}} = 4.39 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الإجابة، قرّب الكتلة المولية لـ $Ca(OH)_2$ إلى 75 g/mol، وكذلك الكتلة المعطاة من $Ca(OH)_2$ إلى 300 g. ولأن العدد 300 أربعة أضعاف العدد 75، لذا فالإجابة مقبولة. كما أن الوحدة صحيحة، وهي المول.

مسائل تدريبية

40. احسب عدد المولات لكل من المركبات الآتية:

a. 22.6 g من نترات الفضة $AgNO_3$.

b. 6.5 g من كبريتات الخارصين $ZnSO_4$.

41. تحفيز صنف كلًّا من المركبين التاليين إلى أيوني أو جزيئي، ثم حول الكتل المعطاة إلى مولات:

a. 2.50 Kg من أكسيد الحديد III Fe_2O_3.

b. 25.4 mg من كلوريد الرصاص IV $PbCl_4$.

تحويل كتلة مركب إلى عدد جسيمات
Converting the Mass of a Compound to Number of particles

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

تعرفت كيفية إيجاد عدد المولات في كتلة معينة من المركب. الآن سوف تتعلم كيفية حساب عدد الجسيمات الممثلة – الجزيئات أو الأيونات أو الذرات أو وحدات الصيغة الكيميائية – الموجودة في كتلة معينة.

تذكر أنه لا يمكن التحويل مباشرة من كتلة المادة إلى عدد الجسيمات المكوّنة لها؛ إذ لا بد أن تحول الكتلة المعطاة إلى عدد المولات في البداية، وذلك بالضرب في مقلوب الكتلة المولية. ويمكنك بعد ذلك تحويل عدد المولات إلى عدد جسيمات بالضرب في عدد أفوجادرو. ولتحديد عدد الذرات أو الأيونات في المركب سوف تحتاج إلى عوامل تحويل تعطي نسبة أعداد الذرات أو الأيونات في المركب إلى مول واحد منه، وهي تعتمد على الصيغة الكيميائية. والمثال 9–5 يبين كيفية حل هذا النوع من المسائل.

مثال 9–5

التحويل من كتلة إلى مولات ثم إلى جسيمات يستعمل كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ لتكرير البترول وصناعة المطاط والشحوم. فإذا كان لديك عينة من كلوريد الألومنيوم كتلتها 35.6 g فأوجد:

a. عدد أيونات الألومنيوم الموجودة فيها.

b. عدد أيونات الكلور الموجودة فيها.

c. الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من كلوريد الألومنيوم.

1 تحليل المسألة

لديك 35.6 g من $AlCl_3$ وعليك أن تحسب عدد أيونات كل من Al^{3+} و Cl^- وكتلة وحدة صيغة واحدة من $AlCl_3$ بالجرامات. علمًا بأن الكتلة المولية وعدد أفوجادرو والنسب من الصيغة الكيميائية هي عوامل التحويل المطلوبة، ولأن نسبة أيونات Al^{3+} إلى أيونات Cl^- في الصيغة هي 3:1، لذا فإن عدد الأيونات المحسوبة يجب أن تكون بالنسبة نفسها.

المعطيات

كتلة $AlCl_3$ = 35.6 g

المطلوب

عدد أيونات Al^{3+} = ؟

عدد أيونات Cl^- = ؟

كتلة $AlCl_3$ لكل وحدة صيغة = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب $AlCl_3$.

اضرب عدد مولات Al في كتلته المولية

$$1\ \text{mol Al} \times \frac{26.98\ \text{g Al}}{1\ \text{mol Al}} = 26.98\ \text{g Al}$$

اضرب عدد مولات Cl في كتلته المولية.

$$3\ \text{mol Cl} \times \frac{35.45\ \text{g Cl}}{1\ \text{mol Cl}} = 106.35\ \text{g Cl}$$

حاصل جمع الكتل

$$= 26.98\ \text{g} + 106.35\ \text{g} = 133.33\ \text{g/mol}\ AlCl_3$$

استعمل عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

طبق عامل التحويل

$$\text{مولات } AlCl_3 = \text{كتلة } AlCl_3 \times \frac{1\,mol\,AlCl_3}{\text{الكتلة المولية لـ } AlCl_3}$$

عوض كتلة $AlCl_3$، ومقلوب الكتلة المولية ، واحسب عدد المولات.

$$35.6\,g\,AlCl_3 \times \frac{1\,mol\,AlCl_3}{133.33\,g\,AlCl_3} = 0.267\,mol\,AlCl_3$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها.

$$= 0.276\,mol\,AlCl_3 \times \frac{6.02\times10^{23}\ \text{وحدة صيغة}}{1\,mol\,AlCl_3}$$

$$= 1.61\times10^{23}\ \text{وحدة صيغة}$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها.

$$= 1.61\times10^{23}\ \text{وحدة صيغة } AlCl_3 \times \frac{1\,Al^{3+}}{1\ \text{وحدة صيغة } AlCl_3}$$

$$= 1.61\times10^{23}\ Al^{3+}$$

$$1.61\times10^{23}\ \text{وحدة صيغة } AlCl_3 \times \frac{3\,Cl^-}{1\ \text{وحدة صيغة } AlCl_3} = 4.83\times10^{23}\ Cl^-$$

$$= 4.83\times10^{23}\ Cl^-$$

احسب كتلة $AlCl_3$ باستعمال مقلوب عدد أفوجادرو

عوض $AlCl_3$ من 133.33 g، ثم حُل.

$$= \frac{133.33\,g\,AlCl_3}{1\,mol} \times \frac{1\,mol}{6.02\times10^{23}\ \text{وحدة صيغة}}$$

$$= 2.21\times10^{-22}\,g\ \text{لكل وحدة صيغة من } Al^{3+}$$

3 تقويم الإجابة

عدد أيونات Cl^- يساوي ثلاثة أضعاف عدد أيونات Al^{3+}، كما هو متوقع. يمكن حساب كتلة وحدة صيغة كيميائية من $AlCl_3$ بطريقة مختلفة. اقسم كتلة 35.6 g من $AlCl_3$ على عدد وحدات الصيغة الكيميائية الموجودة في الكتلة (1.61×10^{23}) لحساب كتلة وحدة صيغة كيميائية واحدة. الإجابتان متطابقتان.

مسائل تدريبية

42. يستعمل الإيثانول C_2H_5OH مصدرًا للوقود، ويخلط أحيانًا مع الجازولين. إذا كان لديك عينة من الإيثانول كتلتها 45.6 g فأوجد:

a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها.

b. عدد ذرات الهيدروجين الموجودة فيها.

c. عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها.

43. عينة من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 كتلتها 2.25 g. أوجد:

a. عدد أيونات Na^+ الموجودة فيها.

b. عدد أيونات SO_3^{2-} الموجودة فيها.

c. الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من Na_2SO_3 في العينة.

44. عينة من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كتلتها 52.0 g. أوجد:

a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها .

b. عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها .

c. كتلة جزيء واحد من CO_2 بالجرامات.

45. ما كتلة كلوريد الصوديوم NaCl التي تحتوي على 4.59×10^{24} وحدة صيغة؟

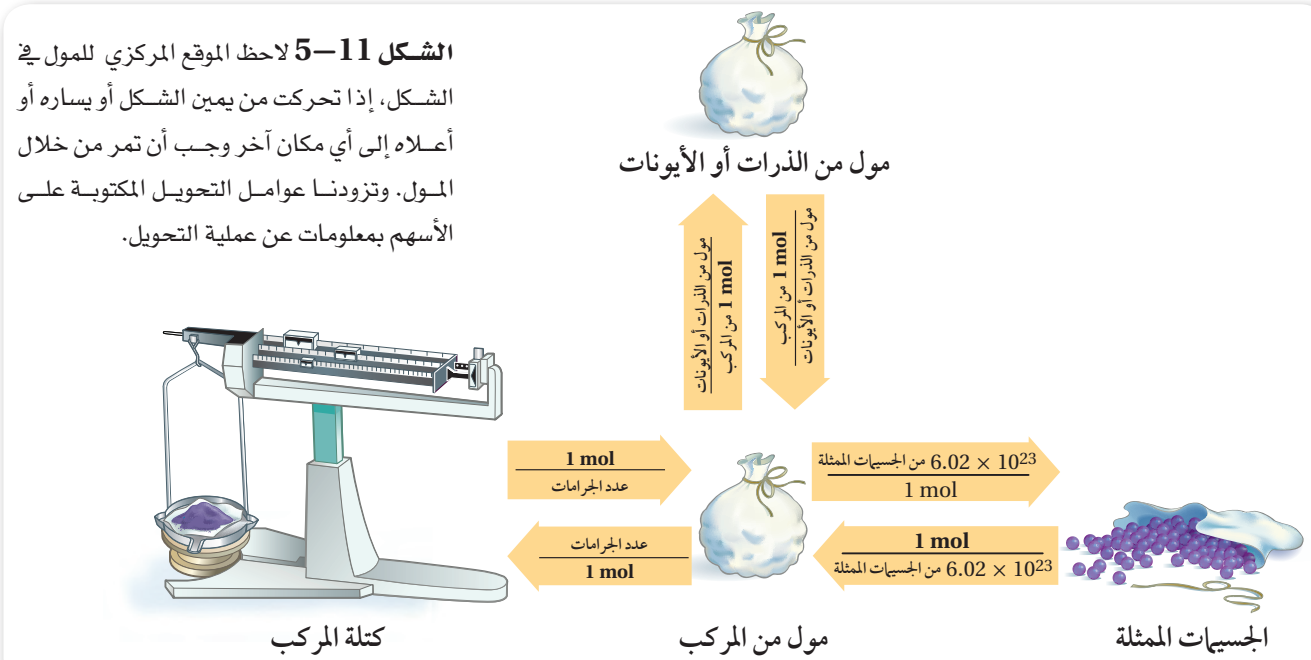
46. تحفيز عينة من كرومات الفضة كتلتها 25.8 g:

a. اكتب صيغة كرومات الفضة.

b. ما عدد الأيونات الموجبة فيها؟

c. ما عدد الأيونات السالبة فيها؟

d. ما مقدار الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة منها؟



الشكل 11–5 لاحظ الموقع المركزي للمول في الشكل، إذا تحركت من يمين الشكل أو يساره أو أعلاه إلى أي مكان آخر وجب أن تمر من خلال المول. وتزودنا عوامل التحويل المكتوبة على الأسهم بمعلومات عن عملية التحويل.

يتضمن **الشكل 11–5** ملخصًا للتحويل بين الكتلة والمولات وعدد الجسيمات. لاحظ أن الكتلة المولية ومقلوبها هما عاملا التحويل بين الكتلة وعدد المولات، وأن عدد أفوجادرو ومقلوبه هما عاملا التحويل بين المولات وعدد الجسيمات الممثلة. وللتحويل بين المولات وعدد مولات الذرات أو الأيونات الموجودة في المركب، استعمل نسب مولات الذرات أو الأيونات إلى مول واحد من المركب أو مقلوبه، كما هو مبين على الأسهم المتجهة إلى أعلى وإلى أسفل في **الشكل 11–5**، وهذه النسب تشتق من الصيغة الكيميائية.

تجربة عملية
النسب المولية
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

التقويم 5-3

الخلاصة

- تدل الأرقام في الصيغ الكيميائية على عدد مولات العنصر في مول واحد من المركب.
- تُحسب الكتلة المولية للمركب من الكتل المولية لجميع العناصر فيه.
- تستعمل معاملات التحويل المبنية على الكتلة المولية للمركب للتحويل بين مولات المركب وكتلته.

47. **الفكرة الرئيسة** **صف** كيف تحدد الكتلة المولية للمركب؟
48. **حدد** عوامل التحويل المطلوبة للتحويل بين عدد مولات المركب وكتلته.
49. **وضح** كيف يمكنك أن تحدد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معينة من المركب؟
50. **طبق** ما عدد مولات ذرات كل من K، C، O في مول واحد من $K_2C_2O_4$؟
51. **احسب** الكتلة المولية لبروميد الماغنسيوم $MgBr_2$.
52. **احسب** ما عدد مولات Ca^{2+} الموجودة في 1000 mg من $CaCO_3$؟
53. **صمم** رسمًا بيانيًّا بالأعمدة يظهر عدد مولات كل عنصر موجود في 500 g من الدايوكسين $(C_{12}H_4Cl_4O_2)$ الشديد السميّة.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تفسر** المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.
- **تحدد** الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

مراجعة المفردات

النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
Empirical and Molecular Formulas

الفكرة الرئيسة **الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.**

الربط مع الحياة لعلك لاحظت أن بعض عبوات المشروبات أو وجبات الطعام تحدد كمية السعرات الحرارية في جزء منها (قطعة، ملعقة، ml ، g،...) فكيف يمكنك تحديد القيمة الكلية للسعرات الحرارية في العبوة أو الوجبة؟

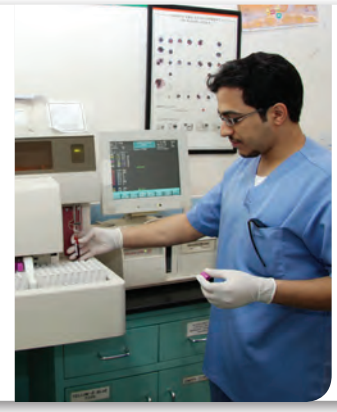
التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في **الشكل 12–5**، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلاً عمليًّا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة. فالتحاليل الوزنية والحجمية إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وأحجام السوائل.

التركيب النسبي المئوي من البيانات العملية فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100 g من مركب يحتوي على 55 g من عنصر X و 45 g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في 100.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$



الشكل 12–5 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

ولأن النسبة المئوية تعني الأجزاء من مئة فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب يجب أن يكون 100.

$$\text{x من } 55\% = 100 \times \frac{\text{x من العنصر } 55\text{ g}}{\text{المركب من } 100\text{ g}}$$

$$\text{y من } 45\% = 100 \times \frac{\text{y من العنصر } 45\text{ g}}{\text{المركب من } 100\text{ g}}$$

ولهذا فإن المركب يتكون من 55% من X و 45% من Y. وتُسمى النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب **التركيب النسبي المئوي** للمركب.

التركيب النسبي المئوي من خلال الصيغة الكيميائية يمكن تحديد التركيب النسبي المئوي لمركب أيضًا من خلال الصيغة الكيميائية. ولعمل ذلك، افترض أن لديك مولاً واحدًا من المركب واستعمل الصيغة الكيميائية لحساب الكتلة المولية للمركب، ثم احسب كتلة كل عنصر في مول واحد من المركب، وأخيرًا استعمل العلاقة أدناه لحساب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر.

النسبة المئوية بالكتلة من خلال الصيغة الكيميائية

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

تجربة

تحليل العلك

هل المُحلّيات والنكهات تضاف إلى الطبقة الخارجية للعلك أم تكون مخلوطة به؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. أزل الغلاف عن **قطعتي علك**، ثم قس كتلة كل منهما بالميزان وسجلها.
3. أضف 150 mL من ماء **الصنبور** البارد إلى كأس سعتها 250 mL. وضع إحدى قطعتي العلك في الكأس، و**حركها بساق** تحريك مدة دقيقتين.
4. أخرج العلكة وجففها باستعمال **مناشف ورقية**، ثم قس كتلتها وسجلها.

تحذير: كن حذرًا عند استعمال المقص.

5. استعمل **مقصًّا** لتقطيع العلكة الثانية قطعًا صغيرة، وكرر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديدًا، ولا تدع القطع تتجمع معًا.
6. استعمل مصفاة لتصفية الماء من قطع العلك. وجففها بمناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

التحليل

1. **احسب** كتلة المُحلّيات والنكهات– التي ذابت في الماء– للعلكة التي لم تقطع، والتي تساوي الفرق بين كتلة العلكة قبل وبعد وضعها في الماء.
2. **احسب** كتلة المُحلّيات والنكهات المذابة للعلكة التي قطعت قطعًا صغيرة.
3. **طبّق** احسب النسبة المئوية بالكتلة للمحليات والنكهات في كل قطعة.
4. **استنتج** ماذا يمكن أن تستنتج من النسبتين المئويتين؟ هل العلك مغطّى بالسكر أم أن المُحلّيات والنكهات مخلوطة بالعلك؟

مثال 10–5

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط. لهذا افترض أن لديك مولاً واحدًا من CO_2. احسب الكتلة المولية للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات

الصيغة $= CO_2$

المطلوب

نسبة C = ؟

نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

$$1 \cancel{\text{mol C}} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \cancel{\text{mol C}}} = 12.01 \text{ g C}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$2 \cancel{\text{mol O}} \times \frac{16.00 \text{ g O}}{1 \cancel{\text{mol O}}} = 32.00 \text{ g O}$$

اجمع كتل العناصر في المركب.

$$= 12.61 \text{ g} + 32.00 \text{ g} = 44.01 \text{ g/mol } CO_2$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب = 12.01g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol، واحسب نسبة الكربون.

$$C\% = \frac{12.01 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 27.29\%$$

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = 32.00 g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol، واحسب نسبة الأكسجين.

$$O\% = \frac{32.00 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 72.71\%$$

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة . ولو أخذنا بعين الاعتبار حدوث خطأ في تدوير المنازل فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100% كما هو مطلوب.

مسائل تدريبية

54. ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك H_3PO_4؟

55. أي المركبين التاليين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4؟

56. يستعمل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في $CaCl_2$.

57. **تحفيز** تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المنظفات.

a. حدد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

الصيغة الأولية Empirical Formula

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. **فالصيغة الأولية** لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائمًا مضاعفًا بسيطًا للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H_2O_2. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت التركيب النسبي المئوي للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرامات، كما في **الشكل 13–5**، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و 59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

$$40.05\,\cancel{g\,S} \times \frac{1\ \text{mol S}}{32.07\,\cancel{g\,S}} = 1.249\ \text{mol S}$$

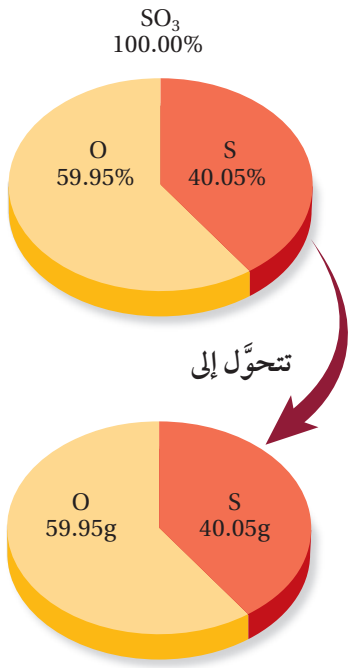
$$59.95\,\cancel{g\,O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\,\cancel{g\,O}} = 3.747\ \text{mol O}$$

لذا فإن نسبة ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 3.747 :1.249. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعدادًا صحيحة فلا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، لذا يجب تحويلها إلى أعداد صحيحة، ولجعل القيمة المولية أعدادًا صحيحة، اقسم القيمتين الموليتين على أصغر قيمة مولية، وهي للكبريت (1.249)، وهذا لا يغير النسبة المولية بين العنصرين لأن كليهما سيقسم على الرقم نفسه.

$$\frac{1.249\ \text{mol S}}{1.249} = 1\ \text{mol S} \qquad \frac{3.747\ \text{mol O}}{1.249} = 3\ \text{mol O}$$

أيْ أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 3:1. ولذا فإن الصيغة الأولية هي SO_3. وفي بعض الأحيان، قد لا تؤدي القسمة على أصغر قيمة مولية إلى أعداد صحيحة. وفي مثل هذه الحالات يجب ضرب كل قيمة مولية في أصغر رقم يجعلها عددًا صحيحًا، كما في المثال 11–5.

ماذا قرأت؟ **عدّد** الخطوات المطلوبة لحساب الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي.



الشكل 13–5 تذكّر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالتركيب النسبي المئوي. يمكنك الافتراض دائمًا أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

مثال 11–5

الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من 48.64 % كربون، و8.16 % هيدروجين، و43.20 % أكسجين.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لمركب، والمطلوب تحديد صيغته الأولية، ولأنه يمكن افتراض أن النسب المئوية تمثل كتل العناصر في عينة مقدارها 100 g، لذا يمكن أن تحل الوحدة (g) محل رمز النسبة، ثم حوّل الجرامات إلى مولات، وأوجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 48.64%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 8.16%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 43.20%

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

حوّل كل كتلة إلى مولات باستعمال معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات :

$$48.64\ \cancel{g\,C} \times \frac{1\ \text{mol C}}{12.01\ \cancel{g\,C}} = 4.050\ \text{mol C}$$

احسب مولات الكربون بالتعويض عن قيمة كتلة الكربون مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$8.16\ \cancel{g\,H} \times \frac{1\ \text{mol H}}{1.008\ \cancel{g\,H}} = 8.10\ \text{mol H}$$

احسب مولات الهيدروجين بالتعويض عن قيمة كتلة الهيدروجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$43.20\ \cancel{g\,O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \cancel{g\,O}} = 2.70\ \text{mol O}$$

احسب مولات الأكسجين بالتعويض عن قيمة كتلة الأكسجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

إذن، فالنسب المولية للمركب هي: (4.05 mol C): (8.10 mol H) : (2.700 mol O)، ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.700).

$$\frac{4.050\ \text{mol C}}{2.700} = 1.5\ \text{mol C}$$

اقسم مولات C على 2.700

$$\frac{8.10\ \text{mol H}}{2.700} = 3\ \text{mol H}$$

اقسم مولات H على 2.700

$$\frac{2.700\ \text{mol O}}{2.700} = 1\ \text{mol O}$$

اقسم مولات O على 2.700

أبسط نسبة مولات هي (1.5 mol C): (3 mol H): (1 mol O). وأخيرًا اضرب كل عدد تشتمل عليه النسبة في أصغر رقم– وهو في هذه الحالة الرقم 2– يؤدي إلى نسبة عددية صحيحة.

$$2 \times 1.5\ \text{mol C} = 3\ \text{mol C}$$

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 3\ \text{mol H} = 6\ \text{mol H}$$

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 1\ \text{mol O} = 2\ \text{mol O}$$

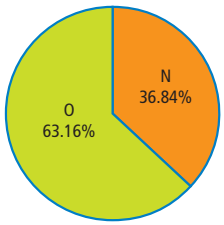
اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 C) : (6 H) : (2 O). وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي $C_3H_6O_2$.

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الإجابة احسب التركيب النسبي المئوي الممثل بالصيغة، للوقوف على مدى اتفاقه مع معطيات المثال.

مسائل تدريبية



58. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟

59. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.

60. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟

61. **تحفيز** الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و4.44% هيدروجين، و35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تندهش إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تمامًا قد يكون لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية نفسها! كيف يكون ذلك؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائمًا العدد الفعلي لذراته. ويلجأ العلماء إلى ما يعرف **بالصيغة الجزيئية** لتحديد أي مركب، وهذه الصيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة، ويبين **الشكل 14–5** أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين وسائل البنزين مثلاً لهما التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية (CH) نفسها، ولكنهما يختلفان تمامًا في الخواص.

الشكل 14–5 يستخدم غاز الأستيلين في لحام المعادن بسبب درجة الحرارة العالية التي تصاحب احتراقه في وجود الأكسجين.

ولتحديد الصيغة الجزيئية لمركب يجب تحديد الكتلة المولية لهذا المركب من خلال التجارب العملية، ومقارنتها بالكتلة الممثلة بالصيغة الأولية. فالكتلة المولية للأستيلين مثلاً هي 26.04 g / mol، وكتلة صيغته الأولية (CH) هي 13.02g / mol. إن قسمة الكتلة المولية الفعلية على كتلة الصيغة الأولية تبين أن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية.

$$\frac{\text{الكتلة المولية للأستيلين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}} = \frac{26.04\ \cancel{g/mol}}{13.02\ \cancel{g/mol}} = 2.00$$

ولأن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية فإن الصيغة الجزيئية له يجب أن تحتوي على ضعف عدد ذرات الكربون والهيدروجين الموجودة في الصيغة الأولية.

وكذلك عند مقارنة الكتلة المولية المحددة تجريبيًّا للبنزين (78.12 g /mol) بكتلة الصيغة الأولية ستجد أن الكتلة المولية تساوي ستة أضعاف كتلة الصيغة الأولية.

$$\frac{\text{الكتلة المولية للبنزين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}} = \frac{78.12\ \cancel{g/mol}}{13.02\ \cancel{g/mol}} = 6.00$$

لذا فإن الصيغة الجزيئية للبنزين يجب أن تمثل ستة أمثال عدد ذرات الكربون والهيدروجين في الصيغة الأولية. ويمكنك أن تستنتج أن الصيغة الجزيئية للأستيلين

هي C_2H_2 وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6.

ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها صيغة أولية مضروبة في عدد صحيح (ن).

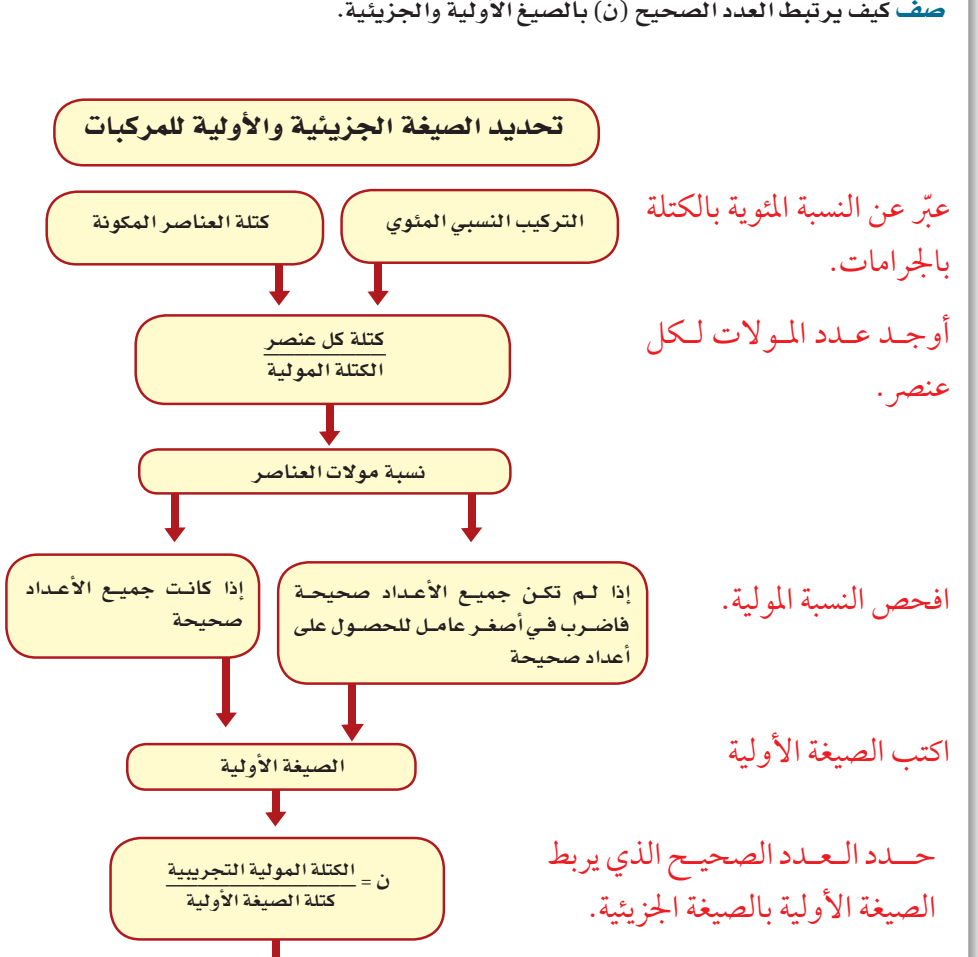
الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)

حيث (ن) تمثل العامل (6 في مثال البنزين) الذي تضرب فيه الأرقام في الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية.

يبين **الشكل 15–5** خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءًا بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 15–5 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.

صف كيف يرتبط العدد الصحيح (ن) بالصيغ الأولية والجزيئية.



مثال 12–5

تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسنيك (بيوتان دايويك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و5.08% هيدروجين، و54.24% أكسجين، وله كتلة مولية 118.1g /mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لحمض السكسنيك. افترض أن كل نسبة مئوية كتلية تمثل كتلة العنصر بـ 100 g من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة (118.1 g /mol) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح ن .

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلية المولية = 118.1g /mol حمض السكسنيك

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

الصيغة الجزيئية= ؟

2 حساب المطلوب

عوض كتلة C، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$40.68\ \cancel{g\,C} \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\ \cancel{g\,C}} = 3.3870\ mol\ C$$

عوض كتلة H، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$5.08\ \cancel{g\,H} \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\ \cancel{g\,H}} = 5.04\ mol\ H$$

عوض كتلة O، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$54.24\ \cancel{g\,O} \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\ \cancel{g\,O}} = 3.39\ mol\ O$$

نسبة المولات في حمض السكسنيك هي (3.387 mol C): (5.04 mol H) : (3.39 mol O). احسب أبسط نسبة لمولات العناصر بقسمة مولات كل عنصر على أصغر قيمة في النسبة المولية المحسوبة.

اقسم مولات C على 3.387

$$\frac{3.387\ mol\ C}{3.387} = 1\ mol\ C$$

اقسم مولات H على 3.387

$$\frac{5.04\ mol\ H}{3.387} = 1.5\ mol\ H$$

اقسم مولات O على 3.387

$$\frac{3.39\ mol\ O}{3.387} = 1 mol\ O$$

أبسط نسبة مولية هي 1 : 1.5 : 1 اضرب جميع القيم المولية في 2 للحصول على أعداد صحيحة .

اضرب مولات C في 2.

$$2 \times 1\ mol\ C = 2\ mol\ C$$

اضرب مولات H في 2.

$$2 \times 1.5\ mol\ H = 3\ mol\ H$$

اضرب مولات O في 2 .

$$2 \times 1\ mol\ O = 2\ mol\ O$$

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي 2 : 3 : 2، إذن الصيغة الأولية هي $C_2H_3O_2$.

احسب كتلة الصيغة الأولية باستعمال الكتلة المولية لكل عنصر.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته .

$$2\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 24.02\ g\ C$$

$$3\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 3.024\ \text{g H}$$ اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته .

$$2\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 32.00\ \text{g O}$$ اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

الكتلة المولية لـ $C_2H_3O_2$ $= 32.0\ \text{g} + 3.024\ \text{g} + 24.02\ \text{g} = 59.04\ \text{g/mol}$ اجمع كتل العناصر.

لتحديد قيمة ن اقسم الكتلة المولية لحمض السكسنيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$\text{ن} = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسنيك}}{\text{الكتلة المولية } C_2H_3O_2} = \frac{118.1\ \text{g/mol}}{59.04\ \text{g/mol}} = 2.000$$

اضرب الأرقام في الصيغة الأولية في 2 لتحصل على الصيغة الجزيئية.

الصيغة الجزيئية $= (C_2H_3O_2) \times 2 = C_4H_6O_4$

3 تقويم الإجابة

الكتلة المولية للصيغة الجزيئية التي تم التوصل إليها هي الكتلة المولية نفسها المحددة تجريبيًّا للمركب.

مثال 13–5

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يُعدّ معدن الإلمنيت أحد الخامات الرئيسة لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحوي 5.41 g من الحديد، و4.64 g من التيتانيوم، و4.65 g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية لهذا المعدن.

1 تحليل المسألة

لديك كتل العناصر التالية في كتلة معينة من المعدن، والمطلوب حساب الصيغة الأولية له. لذا حوّل العناصر كلها إلى مولات، ثم أوجد أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

المعطيات

كتلة الحديد $\text{Fe} = 5.41\ \text{g}$

كتلة التيتانيوم $\text{Ti} = 4.64\ \text{g}$

كتلة الأكسجين $\text{O} = 4.65\ \text{g}$

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

حول الكتل المعروفة إلى مولات بالضرب في معامل التحويل الذي يربط المولات بالجرامات– مقلوب الكتلة المولية.

$$5.41\ \text{g Fe} \times \frac{1\ \text{mol Fe}}{55.85\ \text{g Fe}} = 0.0969\ \text{mol Fe}$$ عوض كتلة الحديد، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.64\ \text{g Ti} \times \frac{1\ \text{mol Ti}}{47.88\ \text{g Ti}} = 0.0969\ \text{mol Ti}$$ عوض كتلة التيتانيوم، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.65\ \text{g O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \text{g O}} = 0.291\ \text{mol O}$$ عوض كتلة الأكسجين، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

إذا كانت النسبة المولية لمعدن الإلمنيت هي: (0.0969 mol Fe): (0.0969 mol Ti) : (0.291 mol O) فاقسم كل قيمة مولية على أصغر قيمة في النسبة (0.0969) لتحصل على أبسط نسبة مولية.

أبسط نسبة مولية هي (1mol Fe): (1mol Ti) :(3 mol O). ولأن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن الصيغة الأولية للإلمنيت هي $FeTiO_3$.

3 تقويم الإجابة

كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا . ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساويًا لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريبًا لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

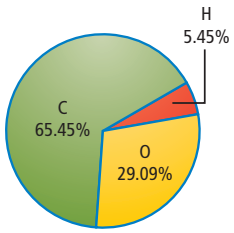
مسائل تدريبية

62. وجد أن مركبًا يحتوي على 49.98 g C و10.47 g H. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 58.12 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

63. سائل عديم اللون يتكون من 46.68% نيتروجين و53.32% أكسجين، وكتلته المولية 60.01 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

64. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K، و4.00 g O، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟

65. **تحفيز** عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظهير الأفلام الفوتوجرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 110.0 g/mol، فما الصيغة الجزيئية له؟



66. **تحفيز** عند تحليل مسكِّن الآلام المعروف (المورفين) تم التوصل إلى البيانات المبينة في الجدول أدناه. فما الصيغة الأولية للمورفين؟

العنصر	كربون	هيدروجين	أكسجين	نيتروجين
الكتلة (g)	17.900	1.680	4.225	1.228

التقويم 5-4

الخلاصة

- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.
- تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

67. الفكرة الرئيسة **قوّم** إذا أخبرك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسر ذلك.

68. **احسب** نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين، 174.86 g Fe، و75.14 g O. فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

69. **احسب** يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al، و0.485 g O. ما الصيغة الأولية للأكسيد؟

70. **وضّح** كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المئوي لمركب بكتل العناصر في ذلك المركب؟

71. **وضّح** كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟

72. **طبّق** الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟

73. **حلّل** الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5–5

الأهداف

- **توضح** المقصود بالملح المائي وتربط اسمه بتركيبه.
- **تحدد** صيغة ملح مائي من البيانات المختبرية.

مراجعة المفردات

الشبكة البلورية: الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

المفردات الجديدة

الملح المائي

صيغ الأملاح المائية
Formulas of Hydrates

الفكرة الرئيسة **الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.**

الربط مع الحياة تُعبأ بعض المنتجات –ومنها المعدات الإلكترونية– في صناديق مع أكياس صغيرة مكتوب عليها "مجفف". وتضبط هذه الأكياس الرطوبة بامتصاص الماء. ويحتوي بعضها على مركبات أيونية تسمى الأملاح المائية.

تسمية الأملاح المائية Naming Hydrates

هل راقبت يومًا بلورات تتكون ببطء من محلول مائي؟ تلتصق جزيئات الماء أحيانًا بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءًا من البلورة ماء التبلور. وتُسمى المواد الأيونية الصلبة التي تُحتجز فيها جزيئات ماء أملاحًا مائية. **فالملح المائي** مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبين **الشكل 16–5** الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوبال، وهو ثاني أكسيد السليكون المائي (SiO_2) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تاليًا لنقطة، مثل $CoCl_2 . 6H_2O$. ويُسمى هذا المركب كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء (أيْ يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملحٍ إلى آخر، ويبين **الجدول 1–5** بعض الأملاح المائية الشائعة.

الشكل 16–5 إن وجود الماء وشوائب المعادن المختلفة يفسران التنوع الكبير لأحجار الأوبال الكريمة. وتحدث تغيرات أخرى في اللون عندما يجف.

الجدول 1–5 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$CaCl_2 . 2H_2O$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$NaC_2H_3O_2. 3H_2O$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء
رباعي	4	$FePO_4. 4H_2O$	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	$CuSO_4. 5H_2O$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء
سداسي	6	$CoCl_2.6H_2O$	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء.
سباعي	7	$MgSO_4 . 7H_2O$	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثماني	8	$Ba(OH)_2. 8H_2O$	هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.
عشاري	10	$Na_2CO_3.10H_2O$	كربونات الصوديوم عشارية الماء

كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء الزهري — يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور — كلوريد الكوبلت (II) اللامائي أزرق

الشكل 17–5 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفًا جدًّا عن الملح المائي.

تحليل الأملاح المائية Analyzing a Hydrates

عند تسخين ملح مائي، تُطرد جزيئات الماء تاركة وراءها الملح اللامائي. انظر **الشكل 17–5**؛ حيث توضح سلسلة الصور أنه عند تسخين كلوريد الكوبلت (II) السداسي الماء الزهري اللون، ينتج كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق اللون.

كيف يمكنك تحديد صيغة ملح مائي؟ يجب أن تحسب عدد مولات الماء المرتبطة بمول واحد من الملح المائي. افترض أن لديك عينة مكونة من 5.00 g من كلوريد الباريوم المائي. ولأنك تعرف أن صيغة الملح هي $BaCl_2 . xH_2O$، فإنه يجب أن تحدد قيمة x، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من $BaCl_2$. وحتى تجد قيمة x، يجب أن تسخن العينة للتخلص من ماء التبلور. وافترض أنك بعد تسخينها وجدت أن كتلة الملح اللامائي $BaCl_2$ هي 4.26 g.

إذن كتلة ماء التبلور تساوي الفرق بين كتلة الملح المائي (5.00 g) وكتلة الملح اللامائي (4.26 g).

$$5.00\ g - 4.26\ g = 0.74\ g\ H_2O .$$

وبعد أن عرفت كتلة كل من $BaCl_2$ و H_2O في العينة، يمكنك تحويل هذه الكتل إلى مولات باستعمال الكتل المولية. الكتلة المولية لـ $BaCl_2$ هي 208.23 g/mol، وللماء 18.02 g/mol.

$$4.26\ g\ \cancel{BaCl_2} \times \frac{1\ mol\ BaCl_2}{208.23\ g\ \cancel{BaCl_2}} = 0.0205\ mol\ BaCl_2$$

$$0.74\ g\ \cancel{H_2O} \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ g\ \cancel{H_2O}} = 0.041\ mol\ H_2O$$

$$x = \frac{mol\ H_2O}{mol\ BaCl_2} = \frac{0.041\ mol\ H_2O}{0.0205\ mol\ BaCl_2} = \frac{2.0\ mol\ H_2O}{1.00\ mol\ BaCl_2} = \frac{2}{1}$$

إذن نسبة مولات H_2O إلى مولات $BaCl_2$ هي 2 إلى 1، لذا فإن 2 mol H_2O ترتبط بـ 1 mol $BaCl_2$.

أيْ أنّ قيمة المعامل x هي 2، وصيغة الملح المائي هي $BaCl_2 . 2H_2O$. ما اسم هذا الملح؟

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا تستعمل النقطة في صيغة الملح المائي؟

مثال 14–5

تحديد صيغة الملح المائي وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء $CuSO_4.xH_2O$ كتلتها 2.50 g في جَفنة وسُخّنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء $CuSO_4$. ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة كبريتات النحاس المائية، وكبريتات النحاس اللامائية. كما أنك تعرف صيغة المركب ما عدا قيمة x، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات ماء التبلور.

المعطيات

كتلة الملح المائي $= 2.50\ g\ CuSO_4.xH_2O$

كتلة الملح اللامائي $= 1.59\ g\ CuSO_4$

الكتلة المولية لـ $H_2O = 18.02\ g/mol$

الكتلة المولية لـ $CuSO_4 = 159.6\ g/mol$

المطلوب

صيغة الملح المائي = ؟

اسم الملح المائي = ؟

2 حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود

كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي – كتلة الملح اللامائي

اطرح كتلة الملح اللامائي $CuSO_4$ من كتلة الملح المائي $CuSO_4.XH_2O$.

$$2.50g - 1.59\ g = 0.91\ g$$

حوّل الكتلة المعلومة للماء والملح المائي إلى مولات مستعملاً معامل التحويل الذي يربط المولات بالكتلة – مقلوب الكتلة المولية.

احسب عدد مولات $CuSO_4$ بالتعويض بقيمة كتلة $CuSO_4$ مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$1.59\ \cancel{g\ CuSO_4} \times \frac{1\ mol\ CuSO_4}{159.6\ \cancel{g\ CuSO_4}} = 0.00996\ mol\ CuSO_4$$

احسب عدد مولات H_2O، بالتعويض بقيمة كتلة H_2O مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$0.91\ \cancel{g\ H_2O} \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ \cancel{g\ H_2O}} = 0.05\ mol\ H_2O$$

$$x = \frac{mol\ H_2O}{mol\ CuSO_4}$$

احسب أبسط نسبة عددية بالتعويض بعدد مولات H_2O، وعدد مولات $CuSO_4$.

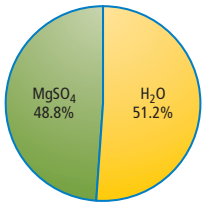
$$x = \frac{0.050\ mol\ H_2O}{0.00996\ mol\ CuSO_4} \approx \frac{5\ mol\ H_2O}{1\ mol\ CuSO_4} = 5$$

إذن، فصيغة الملح المائي هي $CuSO_4.5H_2O$، واسمه كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء.

3 تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول 1– 5.

مسائل تدريبية



74. يظهر في الشكل المجاور تركيب أحد الأملاح المائية. فما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

75. تحفيز سخنت عينة كتلتها 11.75 g من ملح مائي شائع لكلوريد الكوبلت II. وبقي بعد التسخين 0.0712 mol من كلوريد الكوبلت اللامائي. ما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

استعمالات الأملاح المائية Uses of Hydrates

للأملاح المائية استعمالات مهمة في مختبر الكيمياء. فكلوريد الكالسيوم يكوّن ثلاثة أملاح مائية: أحادي الماء، وثنائي الماء، وسداسي الماء. ويوضع كلوريد الكالسيوم اللامائي في قعر أوعية محكمة الإغلاق تُسمى المجفِّفات، كما في **الشكل 18–5**؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المجفِّف، ويصنع جوًّا جافًّا مناسبًا لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحيانًا إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إيثر للحفاظ عليها خالية من الماء.

إن قدرة الملح اللامائي على امتصاص الماء له أيضًا بعض التطبيقات التجارية. فالمعدات الإلكترونية والبصرية، وبخاصة تلك التي تُشحن عبر البحار، غالبًا ما تُعبأ مع أكياس من المُجفّفات التي تمنع تأثير الرطوبة في الدوائر الإلكترونية الدقيقة. وتستعمل بعض الأملاح المائية مثل كبريتات الصوديوم المائية ($Na_2SO_4.10\,H_2O$) لخزن الطاقة الشمسية. فعندما تُسخّن الشمس الملح المائي إلى أكثر من $32\,^{\circ}C$ تذوب Na_2SO_4 في مولات ماء التبلور العشرة، وخلال ذلك يمتص الملح المائي الطاقة، وهذه الطاقة تنطلق عندما تنخفض درجة الحرارة ويتبلور الملح المائي ثانية.

الشكل 18–5 يجفف كلوريد الكالسيوم الهواء من جزيئات الماء. كما يستعمل في المختبر في حفظ المواد الكيميائية من رطوبة الجو.

التقويم 5-5

الخلاصة

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعًا بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

76. الفكرة الرئيسة **وضح** تركيب الملح المائي.

77. سمّ المركّب الذي صيغته $SrCl_2.6H_2O$.

78. صف الخطوات العملية لتحديد صيغة الملح المائي معلّلاً كل خطوة.

79. طبّق يحتوي ملح مائي على 0.050 mol من الماء لكل 0.00998 mol من المركب الأيوني. اكتب صيغة عامة للملح المائي.

80. احسب كتلة ماء التبلور إذا فقد ملح مائي 0.025 mol من الماء عند تسخينه.

81. رتّب الأملاح المائية التالية تصاعديًّا بحسب تزايد النسبة المئوية للماء فيها: $MgSO_4.7H_2O$ ،$Ba(OH)_2.8H_2O$ ،$CoCl_2.6H_2O$

82. طبّق فسّر كيف يمكن استعمال الملح المائي في **الشكل 17–5** بوصفه طريقة تقريبية لتحديد احتمال سقوط المطر؟

التاريخ في كأس ماء

هل تتذكر آخر كأس ماء تناولته؟ قد يبدو غير قابل للتصديق أن نقول إن تلك الكأس تحتوي على جزيئات ماء قد تناولها من قبل المتنبي مثلاً، أو أينشتاين، أو نيوتن..! كيف يمكن لكأسين من الماء في زمنين مختلفين أن تحويا بعض الجزيئات نفسها؟ يروي لنا القصة عدد أفوجادرو والحسابات المولية.

المحيطات والمولات الكتلة الكلية للماء في المحيطات وغيرها تقارب 1.4×10^{24} g. أما الكأس فتحتوي على 230 g من الماء. وباستخدام هذه البيانات يمكنك حساب العدد الكلي لكؤوس الماء المتوافرة للشرب على الأرض، والعدد الكلي لجزيئات الماء في هذه الكؤوس.

من المعروف أن كتلة مول واحد من الماء تساوي 18 g، وباستخدام تحليل الوحدات يمكنك تحويل جرامات الماء في الكأس إلى مولات.

$$\frac{230\ \text{g}\ H_2O}{\text{كأس}} \times \frac{1\ \text{mol}\ H_2O}{18\ \text{g}\ H_2O}$$

$$= 13\ \text{mol}\ H_2O \text{ لكل كأس}$$

ثم تحويل هذه المولات إلى جزيئات باستخدام عدد أفوجادرو.

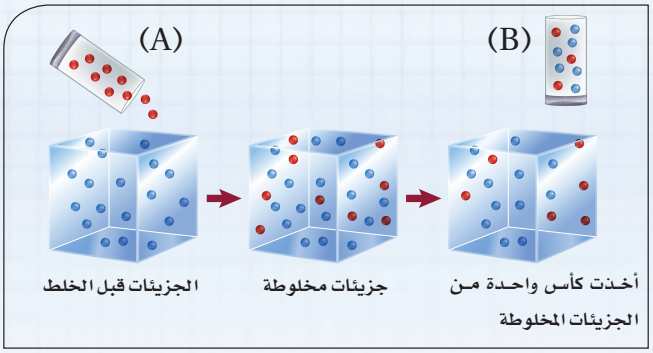
$$\frac{13\ \text{mol}\ H_2O}{1\ \text{كأس}} \times \frac{6 \times 10^{23}\ \text{جزيء ماء}}{1\ \text{mol}\ H_2O}$$

$$= 8 \times 10^{24}\ \text{جزيء ماء لكل كأس}$$

كما يمكنك حساب عدد كؤوس الماء المتوافرة للشرب على النحو التالي:

$$1.4 \times 10^{24}\ \text{g}\ H_2O \times \frac{1\ \text{كأس ماء}}{230\ \text{g}\ H_2O} = 6 \times 10^{21}\ \text{كأس ماء}$$

إذن يوجد 8×10^{24} جزيء في كأس واحدة من الماء، و 6×10^{21} كأس ماء على الأرض. ولو قارنت بين هذين الرقمين فسترى أن عدد جزيئات الماء في الكأس الواحدة أكثر ألف مرة من عدد كؤوس الماء على الأرض.



الشكل 1 جزيئات الماء من الكأس (A) (الحمراء) تصب في حاوية تتسع لكل جزيئات الماء على الأرض (الزرقاء). والكأس (B) المأخوذة من الوعاء تحتوي على عدد صغير من جزيئات الماء التي كانت في الكأس الأولى.

الحاوية العملاقة افترض أن الماء كله الذي على الأرض خُزّن في حاوية واحدة مكعبة الشكل، فإنها ستكون حاوية عملاقة طول ضلعها 1100 Km. وتخيل أنك ملأت كأس ماء من هذه الحاوية، ثم أعدته إليها، وانتظرت ليختلط الماء تمامًا، ثم ملأت الكأس مرة أخرى، فهل ستكون جزيئات الماء في الكأس الأولى موجودة في الكأس الثانية؟

كما هو موضح في **الشكل 1**، من المرجح أن تشترك الكأسان في عدد من جزيئات الماء. لماذا؟ لأن عدد جزيئات الماء في الكأس أكثر ألف مرة من عدد الكؤوس في الحاوية. وبهذا المعدل فإن الكأس الثانية ستحتوي على 1000 جزيء ماء تقريبًا كانت في الكأس الأولى.

قوة الأرقام الكبيرة فكّر في كمية الماء التي مرت في جسم المتنبي أو أينشتاين أو نيوتن، خلال حياتهم– وهي أكبر كثيرًا من كأس واحدة – مفترضًا أن جزيئات الماء اختلطت بالتساوي في حجم الماء كاملاً على الأرض. يمكنك أن تستوعب لماذا يجب أن تحتوي كأس الماء على بعض هذه الجزيئات.

الكتابة في الكيمياء

قدّر يمكن استخدام طريقة التقدير المتبعة في هذه المقالة في إجراء أنواع أخرى من الحسابات. لذا استخدم هذه الطريقة لتقدير الكتلة الكلية للطلاب في مدرستك.

مختبر الكيمياء

تحديد صيغة الأملاح المائية

الخلفية النسبة بين عدد مولات الماء وعدد مولات المركب في الأملاح المائية عدد صحيح صغير. ويمكن تحديد هذه النسبة بتسخين الملح المائي لإزالة الماء.

سؤال كيف يمكنك تحديد عدد مولات الماء في مول واحد من الملح المائي؟

المواد والأدوات اللازمة

لهب بنزن	ميزان
حامل معدني وحلقة	ملح $MgSO_4$ المائي (كبريتات المغنسيوم)
بوتقة ذات غطاء	ملعقة
مثلث خزفي	ولاعة أو علبة كبريت
ملقط البوتقة	

إجراءات السلامة

تحذير: أطفئ لهب بنزن عند الانتهاء من استعماله. تعامل بحذر مع البوتقة والغطاء والمثلث الخزفي لأنها ساخنة وقد تحرق الجلد. لا تستنشق الروائح؛ لأنها تسبب الضرر للجهاز التنفسي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات.
3. أوجد كتلة البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
4. ضع 3 g من $MgSO_4$ المائي في البوتقة، ثم قس كتلته مع البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
5. دوّن ملاحظاتك حول الملح المائي.
6. ضع المثلث الخزفي فوق حلقة الحامل؛ بحيث يكون فوق لهب بنزن مباشرة، دون أن تشعل اللهب.
7. ضع البوتقة على المثلث بحذر، ثم ضع الغطاء فوقها بحيث يكون مائلاً قليلاً.
8. ابدأ التسخين بلهب خفيف، ثم زد شدة اللهب تدريجيًّا مدة 10 دقائق ثم أطفئ اللهب.
9. ارفع البوتقة عن اللهب باستعمال الملقط بحذر، وقم برفع الغطاء عنها باستعمال الملقط أيضًا، ودعها تبرد.

10. قس كتلة البوتقة والغطاء وكبريتات المغنسيوم.
11. دوّن ملاحظاتك حول ملح كبريتات المغنسيوم اللامائي.
12. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من ملح كبريتات المغنسيوم اللامائي كما يطلب إليك معلمك، ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها المناسبة، ونظّف مكان العمل جيدًا.

حلل واستنتج

1. **احسب** استعمل البيانات التجريبية لحساب صيغة ملح كبريتات المغنسيوم المائي.
2. **لاحظ واستنتج** قارن بين مظهر بلورات كبريتات المغنسيوم المائية واللامائية؟
3. **استنتج** لماذا قد تكون الطريقة المستخدمة في المختبر غير مناسبة لتحديد ماء التبلور في الأملاح المائية؟
4. **تحليل الخطأ** إذا كانت صيغة الملح المائي $MgSO_4.7H_2O$، فما نسبة الخطأ في الصيغة الكيميائية $MgSO_4$؟ ما مصادر الخطأ المحتملة؟ ما خطوات العمل التي من الممكن تعديلها للتقليل من الخطأ؟
5. **توقع** ما الذي يمكن أن يحدث للملح اللامائي إذا ترك دون غطاء طوال الليل؟

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار ما إذا كان مركبٌ مائيًّا (يحتوي على ماء تبلور) أو لامائيًّا.

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة المول يمثل عددًا كبيرًا من الجسيمات المتناهية في الصغر، ويستعمل في حساب كميات المواد.

5–1 قياس المادة

الفكرة الرئيسة يستعمل الكيميائيون المول لعدّ الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية.

المفردات

- المول
- عدد أفوجادرو

المفاهيم الرئيسة

- المول وحدة تستخدم لعدِّ جسيمات المادة بشكل غير مباشر. المول الواحد من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.
- الجسيمات الممثلة تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، والإلكترونات، وجسيمات أخرى مشابهة.
- المول الواحد من ذرات C–12 له كتلة مقدارها 12 g تمامًا.
- يمكن استخدام عوامل التحويل المكتوبة من علاقة عدد أفوجادرو للتحويل بين المولات وعدد الجسيمات.

5–2 الكتلة والمول

الفكرة الرئيسة يحتوي المول على العدد نفسه من الجسيمات دائمًا، غير أنّ مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

المفردات

- الكتلة المولية

المفاهيم الرئيسة

- تسمى كتلة المول الواحد بالجرامات من أي مادة نقية الكتلة المولية.
- الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية.
- الكتلة المولية لأي مادة هي كتلة عدد أفوجادرو من الجسيمات لهذه المادة.
- تستعمل الكتلة المولية للتحويل من المولات إلى الكتلة، ويستعمل مقلوب الكتلة المولية للتحويل من الكتلة إلى المولات.

5–3 مولات المركبات

الفكرة الرئيسة يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال هذه الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمركب نفسه.

المفاهيم الرئيسة

- تدل الأرقام في الصيغ الكيميائية على عدد مولات كل عنصر في مول واحد من المركب.
- تحسب الكتلة المولية للمركب بحساب الكتل المولية لجميع العناصر في المركب.
- عوامل التحويل المبينة على الكتلة المولية للمركب تستعمل للتحويل بين مولات المركب وكتلته.

5 دليل مراجعة الفصل

5–4 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

المفردات

- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

المفاهيم الرئيسة

- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.
- تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

5–5 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسة الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات

- الملح المائي

المفاهيم الرئيسة

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعًا بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

5–1

إتقان المفاهيم

83. ما القيمة العددية لعدد أفوجادرو؟

84. كم ذرة في مول واحد من البوتاسيوم؟

85. ما أهمية وحدة المول للكيميائي؟

86. وضح كيف يستخدم عدد أفوجادرو عاملَ تحويل؟

إتقان حل المسائل

87. احسب عدد الجسيمات في كل من:

a. $0.25\ mol\ Ag$

b. $8.56 \times 10^{-3}\ mol\ NaCl$

c. $35.3\ mol\ CO_2$

d. $0.425\ mol\ N_2$

88. ما عدد الجزيئات في كل من المركبات الآتية؟

a. $1.35\ mol\ CS_2$

b. $0.254\ mol\ As_2O_3$

c. $1.25\ mol\ H_2O$

d. $150.0\ mol\ HCl$

89. احسب عدد المولات في كل مما يلي:

a. 3.25×10^{20} ذرة من الرصاص.

b. 4.96×10^{24} جزيء من الجلوكوز.

90. أجر التحويلات الآتية:

a. 1.51×10^{15} ذرة من Si إلى مولات.

b. $4.25 \times 10^{-2}\ mol\ H_2SO_4$ إلى جزيئات.

c. 8.95×10^{25} جزيء من CCl_4 إلى مولات.

d. $5.90\ mol\ Ca$ إلى ذرات .

91. إذا استطعت عدّ ذرتين في كل ثانية، فكم سنة تحتاج لعد مول واحد من الذرات؟

5–2

إتقان المفاهيم

92. وضح الفرق بين الكتلة الذرية والكتلة المولية.

93. أيهما يحوي ذرات أكثر: مول واحد من الفضة، أم مول واحد من الذهب؟ فسِّر إجابتك.

94. أيهما أكبر كتلة: مول واحد من الصوديوم أم مول واحد من البوتاسيوم؟ فسِّر إجابتك.

95. وضح كيف تحول عدد ذرات عنصر إلى كتلة؟

96. ناقش العلاقات بين المول، والكتلة المولية، وعدد أفوجادرو.

إتقان حل المسائل

97. احسب كتلة كل مما يلي:

a. $5.22\ mol\ He$

b. $2.22\ mol\ Ti$

c. $0.0455\ mol\ Ni$

98. أجر التحويلات الآتية:

a. $3.5\ mol\ Li$ إلى جرامات.

b. $7.65\ g\ Co$ إلى مولات.

c. $5.65\ g\ Kr$ إلى مولات.

99. ما كتلة العنصر بالجرامات في كل مما يأتي؟

a. $1.33 \times 10^{22}\ mol\ Sb$

b. $4.75 \times 10^{14}\ mol\ Pt$

c. $1.22 \times 10^{23}\ mol\ Ag$

d. $9.85 \times 10^{24}\ mol\ Cr$

تقويم الفصل 5

100. أكمل الجدول 2–5:

الجدول 2–5 بيانات الكتلة، والمول، والذرات

الكتلة	المولات	الذرات
	3.65 mol Mg	
29.54 g Cr		
		3.54×10^{25} ذرة من P
	0.568 mol As	

101. حول عدد الذرات فيما يلي إلى جرامات:

a. 8.65×10^{25} ذرة من H.

b. 1.25×10^{22} ذرة من O.

102. احسب عدد الذرات في كل عنصر مما يلي:

a. 0.034 g Zn

b. 0.124 g Mg

103. رتب تصاعديًّا بحسب عدد المولات:

3.00×10^{24} ذرة من Ne ، 4.25 mol Ar

2.69×10^{24} ذرة من Xe، 65.96 g Kr.

104. أيهما يحوي ذرات أكثر: 10.0 g C، أم 10.0 g Ca؟ وكم ذرة يحوي كل عنصر منهما؟

105. أيهما يحتوي على أكبر عدد من الذرات 10.0 mol C أم 10.0 mol Ca؟

106. خليط مكون من 0.250 mol Fe و1.20 mol C، ما عدد الذرات الكلي في هذا الخليط؟

5–3

إتقان المفاهيم

107. ما المعلومات التي يمكنك الحصول عليها من صيغة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4؟

108. ما عدد مولات كل من الصوديوم والفوسفور والأكسجين في صيغة فوسفات الصوديوم Na_3PO_4؟

109. لماذا يمكن استعمال الكتلة المولية عاملَ تحويل؟

110. اكتب ثلاثة عوامل تحويل تستعمل في التحويلات المولية.

111. أي المركبات التالية يحتوي على العدد الأكبر من مولات الكربون لكل مول من المركب: حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$، أم الجلسرين $C_3H_8O_3$، أم الثنالين $C_8H_8O_3$؟ فسِّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

112. كم مولاً من الأكسجين في كل مركب مما يلي؟

a. 2.5 mol $KMnO_4$

b. 45.9 mol CO_2

c. 1.25×10^2 mol من $CuSO_4.5H_2O$

113. كم جزيء CCl_4، وكم ذرة C ، وكم ذرة Cl، في 3 mol CCl_4؟ وما عدد الذرات الكلي؟

114. احسب الكتلة المولية لكل مركب مما يلي:

a. حمض النيتريك HNO_3.

b. أكسيد الزنك ZnO.

115. كم مولاً في 100 g من CH_3OH؟

116. ما كتلة 1.25×10^2 mol من $Ca(OH)_2$ ؟

117. **الحفر على الزجاج** يستعمل حمض الهيدروفلوريك HF للحفر على الزجاج. ما كتلة 4.95×10^{25} جزيء من HF؟

118. احسب عدد الجزيئات في 47.0 g من C_2H_5OH .

119. كم مولاً من الحديد يمكن استخراجه من 100.0 kg من الماجنتيت Fe_3O_4 ؟

تقويم الفصل 5

120. الطبخ يحتوي الخل المستعمل في الطبخ على 5% من حمض الخل CH_3COOH. فكم جزيئًا من الحمض يوجد في 25.0 g من الخل؟

121. احسب عدد ذرات الأكسجين في 25.0 g من CO_2.

5–4

إتقان المفاهيم

122. ما المقصود بالتركيب النسبي المئوي؟

123. ما المعلومات التي يجب أن يحصل عليها الكيميائي لتحديد الصيغة الأولية لمركب ما؟

124. ما المعلومات التي يجب توافرها للكيميائي ليحدد الصيغة الجزيئية لمركب؟

125. ما الفرق بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية؟ أعط أمثلة على ذلك.

126. متى تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها؟

127. هل كل العينات النقيّة لمركب معين لها التركيب النسبي المئوي نفسه ؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

128. الحديد هناك ثلاثة مركبات طبيعية للحديد، هي: البايريت FeS_2، والهيماتيت Fe_2O_3، والسيديرايت $FeCO_3$. أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟

129. احسب التركيب النسبي المئوي لكل مركب مما يلي:

a. السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$.

b. الماجنتيت Fe_3O_4.

130. حدد الصيغة الأولية لكل مركب مما يلي:

a. الإيثلين C_2H_4.

b. حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$.

c. النفثالين $C_{10}H_8$

131. ما الصيغة الأولية للمركب الذي يحتوي على 10.52 g Ni، و4.38 g C، و5.10 g N؟

5–5

إتقان المفاهيم

132. ما الملح المائي؟ وضح إجابتك بمثال.

133. وضح كيف تسمى الأملاح المائية؟

134. المجفِّفات لماذا توضع المجففات مع الأجهزة الإلكترونية في صناديق حفظها؟

135. اكتب صيغة كل ملح من الأملاح المائية التالية:

a. كلوريد النيكل (II) سداسي الماء.

b. كربونات الماغنسيوم خماسية الماء.

إتقان حل المسائل

136. يحتوي **الجدول 3–5** على بيانات تجريبية لتحديد صيغة كلوريد الباريوم المائي. أكمل الجدول وحدد صيغته واسمه.

الجدول 3–5 بيانات $BaCl_2.xH_2O$

كتلة البوتقة الفارغة	21.30 g
كتلة الملح المائي + البوتقة	31.35 g
كتلة الملح المائي	
كتلة الملح + البوتقة بعد التسخين مدة 5 دقائق	29.87 g
كتلة الملح اللامائي	

137. تكوّن نترات الكروم (III) ملحًا مائيًّا يحتوي على 40.50% من كتلته ماء. ما الصيغة الكيميائية للمركب؟

138. حدّد التركيب النسبي المئوي لـ $MgCO_3.5H_2O$، ومثّل التركيب النسبي برسم بياني دائري.

139. سخنت عينة كتلتها 1.628 g من ملح يوديد الماغنسيوم المائي حتى تبخر الماء منها تمامًا، فأصبحت كتلتها 1.072 g بعد التسخين. ما صيغة الملح المائي؟

5 تقويم الفصل

مراجعة عامة

140. إذا كانت كتلة ذرة واحدة من عنصر ما تساوي 6.66×10^{-23} g، فما العنصر؟

141. يحتوي مركب على 6.0 g كربون، و 1.0 g هيدروجين. وكتلته المولية 42.0 g/mol. ما التركيب النسبي المئوي للمركب؟ وما صيغته الأولية؟ وما صيغته الجزيئية؟

142. أيّ المركبات التالية يحتوي على أعلى نسبة مئوية بالكتلة من الأكسجين؟ TiO_2 . Al_2O_3 .Fe_2O_3

التفكير الناقد

143. طبّق المفاهيم لدى شركة تعدين مصدران محتملان لاستخراج النحاس: جالكوبايريت ($CuFeS_2$)، وجالكوسيت (Cu_2S). فإذا كانت ظروف استخراج النحاس من الخامين متشابهة تمامًا، فأيهما ينتج عنه كمية أكبر من النحاس؟ فسر إجابتك.

144. صمّم تجربة يمكن استعمالها لتحديد كمية الماء في مركب الشب البوتاسي $KAl(SO_4)_2 . X H_2O$.

مسألة تحفيز

145. مركبان كيميائيان يتكونان من العنصرين X و Y وصيغتاهما XY. X_2Y_3. إذا علمت أنَّ 0.25 mol من المركب XY تساوي 17.96g، و 0.25 mol من المركب X_2Y_3 تساوي 39.92g.

a. فما الكتلة الذرية لكل من X وY؟

b. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبين.

مراجعة تراكمية

146. اكتب معادلات كيميائية موزونة لكل تفاعل مما يلي:

a. تفاعل فلز الماغنسيوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الماغنسيوم الصلب وغاز الهيدروجين.

b. تفكك غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين.

c. تفاعل الإحلال المزدوج بين المحاليل المائية لكل من حمض الكبريتيك وهيدروكسيد البوتاسيوم.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

147. الغاز الطبيعي هيدرات الغاز الطبيعي هي مركبات كيميائية متبلورة (Clathrate hydrate). ابحث في هذه المركبات وأعدّ نشرة تعليمية عنها للمستهلكين. يجب أن تناقش هذه النشرة تركيب هذه المركبات، ومكان وجودها، وأهميتها للمستهلكين، والآثار البيئية لاستخدامها.

أسئلة المستندات

148. يشتمل **الجدول 4–5** على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3,164,445 L من الأكسجين، والهيدروجين، وأحادي ميثيل الهيدرازين (الكتلة المولية = 46.07g/mol)، ورابع أكسيد ثنائي النيتروجين (الكتلة المولية= 92.00g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (727,233 Kg). أكمل الجدول بحساب عدد المولات، والكتلة بالكيلوجرام، وعدد الجزيئات.

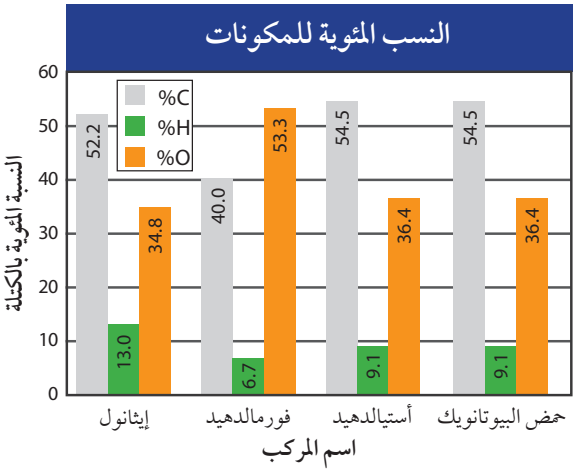
الجدول 4–5 بيانات وقود مكوك فضائي

المادة	الصيغة الجزيئية	الكتلة (Kg)	عدد المولات	عدد الجزيئات
الهيدروجين	H_2		5.14×10^7	
الأكسجين	O_2			1.16×10^{31}
أحادي ميثيل الهيدرازين	$CH_3 NH NH_2$	4909		
رابع أكسيد النيتروجين	N_2O_4		8.64×10^4	

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.



1. يتشابه الأسيتالدهيد وحمض البيوتانويك في:

a. الصيغة الجزيئية.

b. الصيغة الأولية.

c. الكتلة المولية.

d. الخواص الكيميائية.

2. إذا كانت الكتلة المولية لحمض البيوتانويك 88.1g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

a. $C_3H_4O_3$ **c.** $C_5H_{12}O$

b. C_2H_4O **d.** $C_4H_8O_2$

3. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟

a. C_4HO_3 **c.** C_2H_6O

b. $C_2H_6O_2$ **d.** $C_4H_{13}O_2$

4. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها. فكم جرامًا يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

a. 30.00 g **c.** 182.0 g

b. 60.06 g **d.** 200.0 g

5. أي مما يلي لا يُعدّ وصفًا للمول؟

a. وحدة تستعمل للعد المباشر للجسيمات.

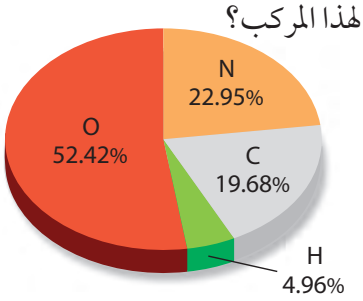
b. عدد أفوجادرو من جزيئات مركب.

c. عدد الذرات في 12 g بالضبط من 12–C النقي.

d. وحدة النظام العالمي لكمية المادة.

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 6.

6. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟



a. $C_6H_2N_6O_3$

b. $C_4HN_5O_{10}$

c. CH_3NO_2

d. CH_5NO_3

7. ما نوع التفاعل الموضح أدناه؟

$$2HI + (NH_4)_2S \rightarrow H_2S + 2NH_4I$$

a. تكوين. **c.** إحلال بسيط.

b. تفكك. **d.** إحلال مزدوج.

8. ما كتلة جزيء واحد من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$؟ (الكتلة المولية=180 g/mol).

a. 6.02×10^{-23} **c.** 2.16×10^{-25}

b. 2.99×10^{-22} **d.** 3.34×10^{-21}

9. ما عدد ذرات الأكسجين في 18.94 g من $Zn(NO_3)_2$؟ (الكتلة المولية=189 g/mol).

a. 3.62×10^{23} **c.** 6.02×10^{25}

b. 1.81×10^{23} **d.** 1.14×10^{25}

10. إذا علمت أن الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم NaOH هي 40.0g/mol. فما عدد المولات في 20.00 g منه؟

a. 0.50 mol **c.** 2.00 mol

b. 1.00 mol **d.** 4.00 mol

اختبار مقنن

11. كم ذرة في 116.14 g من Ge؟
(الكتلة المولية = 72.64 g /mol).

a. 2.73×10^{25} ذرة.

b. 6.99×10^{25} ذرة.

c. 3.76×10^{23} ذرة.

d. 9.63×10^{23} ذرة.

12. ما كتلة جزيء واحد من $(BaSiF_6)$ علمًا أنّ كتلته المولية = 279.415 g /mol.

a. 1.68×10^{26} g

b. 2.16×10^{21} g

c. 4.64×10^{-22} g

d. 6.02×10^{-23} g

13. ما الكتلة المولية لأباتيت الفلور $Ca_5(PO_4)_3F$.

a. 314 g/mol

b. 344 g/mol

c. 442 g/mol

d. 504 g/mol

e. 524 g/mol

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤال 14.

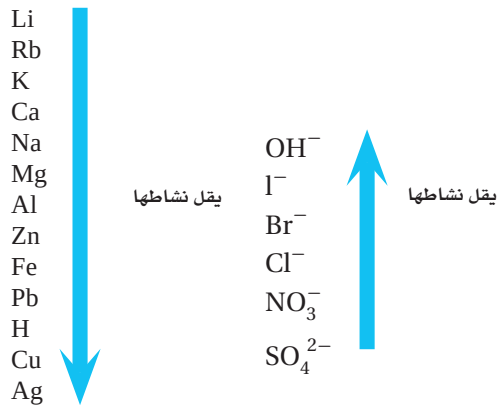
شحنات بعض الأيونات

الأيون	الصيغة
الكبريتيد	S^{2-}
الكبريتيت	SO_3^{2-}
الكبريتات	SO_4^{2-}
ثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
نحاس I	Cu^{+}
نحاس II	Cu^{2+}

14. كم مركبًا يمكن أن يتكوَّن من النحاس والكبريت والأكسجين؟ اكتب أسماءَها وصيغها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 15.



طُلب إليك تحديد ما إذا كانت عينة من الفلز تتكون من الخارصين، أو الرصاص، أو الليثيوم. ولديك المحاليل الآتية: كلوريد البوتاسيوم KCl، كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ III، كلوريد الحديد $FeCl_3$ III ، كلوريد النحاس (II).

15. وضح كيف تستخدم المحاليل في معرفة نوع الفلز الذي تتكون منه العينة؟

ثوابت فيزيائية			
الكمية	الرمز	المقدار	القيمة التقريبية
وحدة كتلة الذرة	amu	$1.66053886 \times 10^{-27}$ kg	1.66×10^{-27} kg
عدد أفوجادرو	N_A	6.0221415×10^{23} mol^{-1}	6.022×10^{23} mol^{-1}
كتلة الإلكترون	$M\bar{e}$	9.11*10^-28	amu

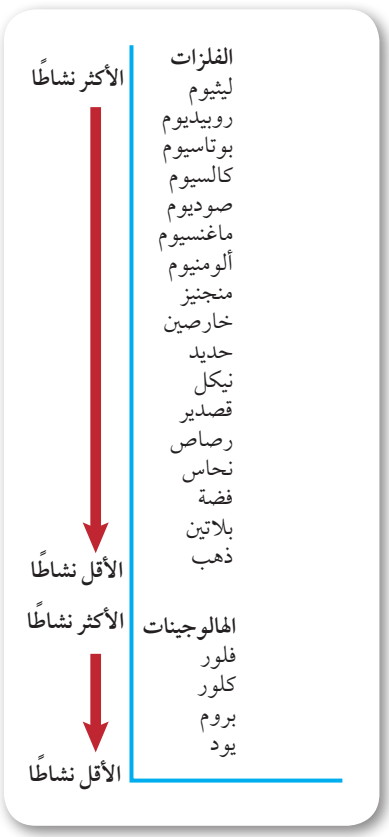
البادئات		
البادئة	الرمز	التعبير العلمي
femto	f	10^{-15}
pico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
micro	μ	10^{-6}
milli	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}
deci	d	10^{-1}
dica	da	10^{1}
hecto	h	10^{2}
kilo	k	10^{3}
mega	M	10^{6}
giga	G	10^{9}
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}

الأيونات العديدة الذرات

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البيرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات	CH_3COO^-
النترات	NO_3^-	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	$H_2PO_4^-$
الهيدروكسيد	OH^-	الكربونات	CO_3^{2-}
السيانيد	CN^-	الكبريتيت	SO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
البيكربونات	HCO_3^-	الثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
الهيبوكلورايت	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{2-}
الكلورايت	ClO_2^-	الكرومات	CrO_4^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	ثنائي الكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$
فوق الكلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

أيونات بعض العناصر

المجموعة	الأيونات الشائعة
3	Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}
4	Ti^{2+}, Ti^{3+}
5	V^{2+}, V^{3+}
6	Cr^{2+}, Cr^{3+}
7	$Mn^{2+}, Mn^{3+}, Tc^{2+}$
8	Fe^{2+}, Fe^{3+}
9	Co^{2+}, Co^{3+}
10	$Ni^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Pt^{4+}$
11	$Cu^+, Cu^{2+}, Ag^+, Au^+, Au^{3+}$
12	$Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg_2^{2+}$
13	$Al^{3+}, Ga^{2+}, Ga^{3+}, In^+, In^{2+}, In^{3+}, Tl^+, Tl^{3+}$
14	$Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+}$



(أ)

أشعة ألفا Alpha Ray إشعاعات مكونة من جسيمات ألفا، وجسيم ألفا يحتوي على بروتونين ونيوترونين؛ أي يحمل شحنة ثنائية موجبة.

أشعة بيتا Beta Ray إشعاعات مكونة من جسيمات بيتا السريعة الحركة، وجسيم بيتا عبارة عن إلكترون يحمل شحنة سالبة أحادية.

أشعة جاما Gamma Ray إشعاعات عالية الطاقة، غير مشحونة، وليس لها كتلة، لا تنحرف في المجال المغناطيسي أو الكهربائي. وترافق إشعاع ألفا أو بيتا عادة، وهي مسؤولة عن معظم الطاقة المفقودة خلال التحلل الإشعاعي.

أشعة المهبط Cathode Ray إشعاعات تصدر من المهبط، وتنتقل إلى المصعد في أنبوب أشعة المهبط.

الإلكترون Electron سالب الشحنة، سريع الحركة، كتلته صغيرة جدًّا، ويوجد في كل مادة، ويتحرك في الفراغ المحيط بنواة الذرة.

الأيون المتفرج Spectator Ion الأيون الذي لا يشارك في التفاعل.

الاستنتاج Conclusion حكم قائم على المعلومات التي يتم الحصول عليها.

(ب)

البحث التطبيقي Applied Research البحث العلمي الذي يجرى لحل مشكلة محددة.

البحث النظري Pure Research البحث العلمي الذي يهدف إلى الحصول على المعرفة لأجل المعرفة ذاتها.

البخار Vapor الحالة الغازية لمادة توجد في الحالة الصلبة أو السائلة في درجات الحرارة العادية.

البروتون Proton جسيم متناهٍ في الصغر من مكونات نواة الذرة، وشحنته موجبة (+1).

البيانات الكمية Quantitative Data معلومات رقمية تبين كبر، أو صغر، أو طول، أو سرعة شيء ما.

البيانات النوعية Qualitative Data معلومات تصِف اللون، أو الرائحة، أو الشكل، أو بعض الخواص الفيزيائية.

البلازما Plasma وهي حالة مميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو الجزيء.

(ت)

التبلور Crystallization طريقة للفصل تؤدي إلى الحصول على مادة نقية صلبة من محلول يحتوي على هذه المادة.

التجربة Experiment مجموعة من المشاهدات المضبوطة التي تختبر الفرضية.

التحلل الإشعاعي Radioactive Decay تفقد الأنوية غير المستقرة الطاقة نتيجة إصدار الإشعاع بشكل تلقائي.

الترشيح Filtration إحدى طرائق فصل المخاليط، يستخدم فيها حاجز مسامي لفصل مادة صلبة عن سائل.

التركيب النسبي المئوي Percent Composition النسبة المئوية الكتلية لكل عنصر في المركب.

التسامي Sublimation عملية تتبخر فيها المادة الصلبة مباشرة من دون أن تمر بالحالة السائلة.

تغير الحالة State Change تحول المادة من حالة إلى أخرى.

التغير الفيزيائي Physical Change تغير يؤثر في الخواص الفيزيائية للمادة دون أن يغير تركيبها.

التغير الكيميائي Chemical Change عملية تتضمن تغير مادة أو أكثر إلى مواد جديدة، ويسمى أيضًا التفاعل الكيميائي.

تفاعل الاحتراق Combustion Reaction تفاعل مادة مع الأكسجين وينتج عنها طاقة في صورة ضوء وحرارة.

تفاعل الإحلال البسيط Single - Replacment Reaction تفاعل كيميائي ينتج عندما تحل ذرات أحد العناصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

تفاعل الإحلال المزدوج Double - Replacment Reaction تفاعل كيميائي ينتج عن تبادل أيونات مادتين، وينشأ عنه غاز، أو راسب، أو ماء.

تفاعل التفكك Decomposition Reaction تفاعل يحدث نتيجة لتفكك أحد المركبات إلى عنصرين أو أكثر أو إلى مركبات جديدة.

تفاعل التكوين Synthesis Reaction تفاعل مادتين أو أكثر لإنتاج مادة واحدة.

التفاعل النووي Nuclear Raetion تفاعل يتضمن التغير في نواة الذرة.

التقطير Distillation طريقة لفصل المواد اعتمادًا على الاختلاف في درجات غليانها.

(ج)

الجـدول الدوري Periodic Table جدول ينظم كل العناصر المعروفة في صفوف أفقية (دورات) وأعمدة (مجموعات) مرتبة تصاعديًّا بحسب العدد الذري.

جسيمات ألفا Alpha Particles جسـيمات تحتوي بروتونين ونيوترونين، وشـحنتها 2+، وتكافئ نواة ذرة هيليوم −4، وتمثل بالرمز $^{4}_{2}He$ ، وتنبعث خلال التحلل الإشعاعي.

جسيمات بيتا Beta Particles إلكترونات عالية السرعة، شحنتها 1−، وتصدر خلال التحلل الإشعاعي وتمثل بالرمز $^{-1}_{0}\beta$.

(ح)

حالات المادة States of Matter الأشكال الفيزيائية للمادة في وضعها الطبيعي على الأرض: الصلبة، والسائلة، والغازية.

(خ)

الخاصية غير المميزة Extensive Property خاصية فيزيائية تعتمد على كمية المادة الموجودة، ومنها: الكتلة، والطول، والحجم.

الخاصية الفيزيائية Physical Property الخاصية التي يمكن ملاحظتها أو قياسها من دون تغيير تركيب العينة.

الخاصية الكيميائية Chemical Property قدرة مادة ما على الاتحاد مع غيرها أو التحول إلى مادة أخرى.

الخاصية المميزة Intensive Property خاصية فيزيائية تبقى ثابتة بغضّ النظر عن كمية المادة الموجودة.

(ذ)

الذرة Atom أصغر جسـيم في العنصر، لها جميع خواص العنصر، وهي متعادلة الشـحنة، وشـكلها كروي، وتتكون من: الإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات.

(ر)

الراسب Precipitate مادة صلبة تتكون خلال التفاعل الكيميائي.

(س)

السائل Liquid حالة من حالات المادة، أو شكل من أشكال المادة، له صفة الجريان، وحجمه ثابت، ويأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه.

السناج Soot دقائق من الكربون تتخلّف من نقص في حريق الوقود.

(ص)

الصيغة الأولية Empirical Formula صيغة تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.

الصيغة الجزيئية Molecular Formula صيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة.

(ض)

الضابط Control المعيار الذي يستعمل للمقارنة في التجربة.

(ط)

الطريقة العلمية Scientific Method طريقة نظامية تستعمل في الدراسات العلمية، وهي عملية منظمة يستعملها العلماء لحل المشكلات وللتحقق من عمل العلماء الآخرين.

(ع)

عدد أفوجادرو Avogadro's Number هو 6.0221367×10^{23}، وهو عبارة عن عدد الجسيمات في مول واحد، ويمكن تقريب هذه القيمة إلى ثلاثة منازل 6.02×10^{23}.

العدد الذري Atomic Number عدد البروتونات في نواة الذرة.

العدد الكتلي Mass Number عدد يكتب بعد اسم العنصر، ويمثل مجموع البروتونات والنيوترونات.

العنصر Element مادة نقية لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر بوسائل فيزيائية أو كيميائية.

(غ)

الغاز Gas حالة من حالات المادة، يأخذ شكل الإناء الذي يوجد فيه، ويملؤه تمامًا، وهو قابل للانضغاط.

(ف)

الفرضية Hypothesis تفسير مؤقت لما تم ملاحظته، قابل للاختبار.

(ق)

قانون حفظ الكتلة Law of Conservation of Mass قانون ينص على أن الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في أثناء التفاعل الكيميائي إلا بقدرة الله تعالى.

القانون العلمي Scientific law علاقة موجودة في الطبيعة تدعمها عدة تجارب.

قانون النسب الثابتة Law of Definite Proportions قانون ينص على أن المركب يتكون دائمًا من العناصر نفسها بنسب كتلية ثابتة مهما اختلفت كميته.

قانون النسب المتضاعفة Law of Multiple Proportions قانون ينص على أنه عند تكوين مركبات مختلفة من اتحاد العناصر نفسها فإن النسبة بين كتلة أحد العناصر التي تتحد مع كمية ثابتة من عنصر آخر في هذه المركبات هي نسبة عددية بسيطة وصحيحة.

(ك)

الكتلة Mass مقياس لكمية المادة.

الكتلة الذرية المتوسطة Avarage Atomic Mass متوسط كتلة نظائر العنصر.

الكتلة المولية Molar Mass الكتلة بالجرامات لمول واحد من أي مادة نقية.

الكروموتوجرافيا Chromatography طريقة لفصل مكونات مخلوط، اعتمادًا على قدرة كل مكون من مكوناته على الانتقال أو السحب على سطح مادة أخرى.

الكيمياء Chemistry دراسة المادة والتغيرات التي تحدث لها.

(م)

المادة الصلبة Solid حالة من حالات المادة، لها شكل وحجم محددان.

المادة الكيميائية Chemical Substance مادة لها تركيب محدد وثابت، وتسمى أيضًا المادة النقية.

المتغير التابع Dependent Variable متغير تعتمد قيمته على المتغير المستقل في التجربة.

المتغير المستقل Independent Variable متغير يُخطَّط لتغييره في التجربة.

المتفاعلات Reactants المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المحلول Solution مخلوط منتظم التركيب يمكن أن يحوي مواد صلبة، أو سائلة، أو غازية، ويسمى أيضًا مخلوطًا متجانسًا.

المحلول المائي Aqueous Solution محلول يحتوي على مادة أو أكثر مذابة في الماء.

المخلوط Mixture مزيج مكون من مادتين نقيتين أو أكثر، تحتفظ كل منها بخواصها الأصلية.

المخلوط غير المتجانس Hetrogeneous Mixture المخلوط الذي ليس له تركيب منتظم، وتبقى المواد فيه متمايزة.

المخلوط المتجانس Homogeneous Mixture مخلوط له تركيب ثابت وطور واحد، ويسمى أيضًا محلولاً.

المذاب Solute مادة أو أكثر مذابة في محلول.

المذيب Solvent المادة التي تذيب المذاب وتحتويه.

المركب Compound مزيج مكون من عنصرين أو أكثر متحدين كيميائيًا، ويمكن تحليله إلى مواد أبسط بالطرائق الكيميائية، ويختلف في صفاته عن أي من مكوناته.

المعادلة الأيونية الكاملة Complete Ionic Equation معادلة أيونية تُظهر كافة الأيونات في المحلول بصورتها الواقعية.

المعادلة الأيونية النهائية Net Ionic Equation معادلة أيونية تشتمل فقط على الجسيمات المشاركة في التفاعل.

المعادلة الكيميائية Chemical Equation جملة تستعمل فيها الصيغ الكيميائية لتحديد المواد المشاركة في التفاعل وكميات المواد المتفاعلة والناتجة.

المعادلة النووية Nuclear Equation نوع من المعادلات يبين العدد الذري والعدد الكتلي للجسيمات المتضمنة في التفاعل.

المعامل Coeffcient رقم يكتب قبل صيغة المادة المتفاعلة أو الناتجة في المعادلة الكيميائية الموزونة. وتصف المعاملات في المعادلة الموزونة أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

الملح المائي Hydrates مادة أيونية صلبة يرتبط بذراتها عدد محدد من جزيئات الماء.

المول Mole وحدة نظام عالمي تستعمل في قياس كمية المادة، وهو عبارة عن عدد ذرات الكربون الموجودة في 12g من الكربون ، والمول الواحد كمية من المادة النقية تحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات.

(ن)

النتيجة Result حكم قائم على المعلومات التي يتم الحصول عليها.

النسبة المئوية بالكتلة Mass Percent نسبة كتلة كل عنصر في مركب إلى كتلة المركب الكلية معبرًا عنها كنسبة مئوية.

النشاط الإشعاعي Radioactvity عملية تقوم من خلالها بعض المواد بإصدار الإشعاعات تلقائيًا.

النظائر Isotopes ذرات للعنصر نفسه، تختلف في عدد النيوترونات.

النظرية Theory تفسير لظاهرة طبيعية، قائم على عدة مشاهدات واستقصاءات.

نظرية دالتون الذرية Dalton's Atomic Theory تبين أن المادة مكونة من جسيمات صغيرة جدًّا تسمى الذرات، وهي غير مرئية ولا تتجزأ. ذرات عنصر ما متشابهة في الحجم، والكتلة، والخواص الفيزيائية، والخواص الكيميائية، وتختلف عن ذرات أي عنصر آخر. وتتحد الذرات المختلفة بنسبة عددية بسيطة وتكوّن المركبات. وخلال التفاعل الكيميائي قد تنفصل الذرات أو تتحد أو يعاد ترتيبها.

النموذج Model تفسير مرئي، أو لفظي، أو رياضي للبيانات التجريبية.

النواتج Products مواد تتكون خلال التفاعل الكيميائي.

النواة Nucleus مركز الذرة الصغير جدًّا، موجب الشحنة، كثيف، يحتوي على البروتونات الموجبة والنيوترونات غير المشحونة.

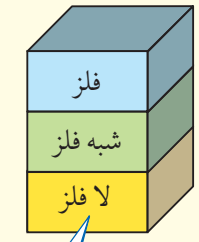
النيوترون Neutron (جسيم) غير مشحون في نواة الذرة، وكتلته قريبة من كتلة البروتون.

(و)

وحدة الكتلة الذرية Atomic Mass Unit $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون -12.

الوزن Weight مقياس لكمية المادة، ولقوة جذب الأرض للمادة أيضًا.

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزًّا أو شبه فلز أو لافلز.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)
Darmstadtium 110 Ds (281)	Roentgenium 111 Rg (272)	Ununbium * 112 Uub (285)	Ununtrium * 113 Uut (284)	Ununquadium * 114 Uuq (289)	Ununpentium * 115 Uup (288)	Ununhexium * 116 Uuh (291)		Ununoctium * 118 Uuo (294)

* أسماء ورموز العناصر 113، 115، 117، 118 مؤقتة، وسيتم اختيار رموز وأسماء نهائية لها فيما بعد من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

جداول مرجعية