KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

مَمْلَكَةُ البَحْرَيْن

وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيم

كيم 102

الكيمياء 1

للمرحلة الثانوية

البحرين 2030 BAHRAIN

كيم 102

قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الكتاب لتدريس الكيمياء 1 بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الكيمياء 1

للمرحلة الثانوية

الطبعة الثالثة
1442 هـ - 2020 م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

المراجعة والتطوير لهذه الطبعة

فريق مختص من إدارة سياسات وتطوير المناهج

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٨م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

English Edition Copyright © 2008 the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

اَلْمُقَدِّمَةُ

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحِيمِ

يأتي اهتمام مملكة البحرين بتطوير مناهج التعليم وتحديثها في إطار الخطة العامة للمملكة، وسعيها إلى مواكبة التطورات العالمية على مختلف الأصعدة.

ويأتي كتاب الكيمياء 1 للمرحلة الثانوية في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم، الذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم وتعلم تلك المادتين، بحيث يكون للطالب فيها الدور الرئيسي والمحوري في عمليتي التعليم والتعلم.

وقد جاءت هذه الطبعة من كتاب الكيمياء 1 في إطار التطوير المستمر لمنهج الكيمياء في المرحلة الثانوية. وقد شملت ثلاثة فصول: تركيب الذرة، ومن العناصر إلى المركبات، والتفاعلات الكيميائية.

وقد جاء عرض محتوى الكتاب بأسلوب مشوق، وتنظيم تربوي فاعل، يعكس توجهات المنهج وفلسفته. وقد كتب بأسلوب يساعد الطالب على تنمية مهارات التحليل والتفسير والاستنتاج والتعبير، وذلك من خلال اهتمامه بالجانب التجريبي. كذلك اشتمل المحتوى على أنشطة متنوعة المستوى، تتسم بإمكانية تنفيذ الطلبة لها، وتراعي في الوقت نفسه مبدأ الفروق الفردية بينهم، بالإضافة إلى تضمينه صورًا وأشكالًا ورسومًا توضيحية معبرة تعكس طبيعة الفصل، مع حرص الكتاب على مبدأ التقويم التكويني في فصوله ودروسه المختلفة.

كما أكدت فلسفة الكتاب على أهمية إكساب الطالب المنهجية العلمية في التفكير والعمل، وتزويده بمهارات عقلية وعملية ضرورية، مثل: الأنشطة الاستهلالية، والتجارب العلمية الأخرى، والإثراء العلمي، بالإضافة إلى حرصها على ربط المعرفة بواقع حياة الطالب، من خلال ربطها بالرياضيات، وفروع العلوم الأخرى، والتقنية والمجتمع.

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

قائمة المحتويات

الفصل 1

المادة - تركيب الذرة 8

1-1 الكيمياء والمادة 10

1-2 مكونات الذرة 15

1-3 كيف تختلف الذرات 22

1-4 قياس المادة: المول 28

الكيمياء والحياة: التاريخ في كأس ماء 36

كيف تعمل الأشياء: مطياف الكتلة 37

الفصل 2

من العناصر إلى المركبات 46

2-1 ترتيب العناصر 48

2-2 المركبات الكيميائية 53

2-3 تسمية المركبات البسيطة 59

الكيمياء والحياة: ترميم اللوحات الفنية 66

الفصل 3

التفاعلات الكيميائية 74

3-1 التفاعلات والمعادلات 76

3-2 تصنيف التفاعلات الكيميائية 83

تثرية علمية: التألق الحيوي 97

مراجع للطالب

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها في المختبر 103

المصطلحات 104

جداول مرجعية 110

الفصل 1

المادة – تركيب الذرة
Matter – The Structure of Atom

الفكرة العامة الكيمياء علم أساسي في حياتنا، يحاول فهم المادة من حولنا.

1-1 الكيمياء والمادة

الفكرة الرئيسة يتناول علم الكيمياء دراسة الأشياء من حولنا والمتكونة من أنواع مختلفة من المادة.

1-2 مكونات الذرة

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

1-3 كيف تختلف الذرات؟

الفكرة الرئيسة عدد البروتونات والعدد الكتلي يحددان نوع الذرة.

1-4 قياس المادة - المول

الفكرة الرئيسة يحتوي المول دائمًا على العدد نفسه من الجسيمات، غير أن مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

حقائق كيميائية

- إن الكثير من العمليات التي تجري حولنا هي نتيجة تفاعلات كيميائية مثل احتراق الخشب.
- يتكون الماس والجرافيت من العنصر نفسه (الكربون).
- عندما اكتشف الجرافيت للمرة الأولى اعتقد خطأً أنه الرصاص، ولذا سمي قلم الجرافيت بقلم الرصاص.
- هناك حوالي 5×10^{22} atoms من الكربون في جرافيت قلم الرصاص.

نشاط استهلالي

أين ذهبت الكتلة؟

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

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. استعمل **ميزانًا رقميًّا** لقياس كتلة **شمعة**. سجل مقدار الكتلة، وملاحظات مفصلة عن الشمعة.
3. ضع الشمعة على سطح مقاوم للاحتراق، كطاولة مختبر. و**أشعل 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.

تحليل النتائج

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؟

استقص العوامل التي يمكن أن تسهم في إعطاء نتيجة مختلفة.

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يُتوقع من الطالب أن يكون قادرا على:

- إدراك دور الكيمياء في الحياة اليومية وعلاقتها بالمادة.
- تتبع التسلسل التاريخي لمراحل تطور النظريات الذرية للمادة.
- تصميم تجارب رقمية في المختبر الافتراضي وبناء نماذج تتعلق بالمادة ومبدأ حفظ الكتلة.
- وصف بعض الأدوات والأجهزة المتعلقة بالقياسات الذرية الدقيقة.
- توضيح أهمية دراسة المستوى الذري في المساعدة على تطوير التكنولوجيا.
- توضيح المفاهيم والمبادئ والنظريات المتعلقة بوصف تركيب الذرة والجسيمات المكونة لها.
- حل المشكلات المتعلقة بالذرة ومكوناتها والاختلاف بين ذرات العناصر.
- إدراك المفهوم العلمي للمول كوحدة لقياس المادة في علاقة بتسهيل الحسابات الكيميائية.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل وأنشطته ارجع إلى الموقع الإلكتروني لوزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين

www.moe.gov.bh

الكيمياء والمادة
Chemistry and Matter

الفكرة الرئيسة يتناول علم الكيمياء دراسة الأشياء من حولنا والمتكونة من أنواع مختلفة من المادة.

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

تساؤلات جوهرية
- ماهي اهتمامات علم الكيمياء ؟
- ماذا نعني بالمادة ؟
- مـا أهميّة الوصف تحت المجهري للمادة ؟
- كيـف أسّـس "جـون دالتـون" للنظرية الحديثة للمادة ؟

مراجعة المفردات
المادة: كل ما يشغل حيزًا وله كتلة.

المفردات الجديدة
الكيمياء
المادة الكيميائية
الكتلة
النموذج
قانون حفظ الكتلة

لماذا ندرس الكيمياء؟ Why Study Chemistry
ربما قد تتسائل وأنت تدرس الكيمياء. ما أهميتها بالنسبة لنا؟ إن الكيمياء – وهي العلم الذي يهتم بدراسة المادة وتغيراتها – نستعملها في حياتنا اليومية. ومن ذلك التبريد كما في الثلاجات والمكيفات، وكما في بعض الدهانات (الكريمات) التي تستعمل مثلًا في الوقاية من بعض أشعة الشمس الضارة.. وغيرها. إن فهم مادة الكيمياء يعدُّ أساسيًّا لكل العلوم: الأحياء والفيزياء والأرض والبيئة وغيرها. ونظرًا لوجود عدة أنواع من المادة تتنوع مجالات الدراسة في الكيمياء؛ إذ تقسم الكيمياء تقليديًّا إلى مجالات تركز على جوانب معينة مثل الكيمياء العضوية والكيمياء التحليلية والكيمياء الحيوية، ولكن الكثير منها يتداخل.

فوائد الكيمياء The Benefits of Chemistry
الكيميائيون من العلماء الذين يحلون الكثير من المشكلات أو القضايا التي نواجهها هذه الأيام. وهم لا يشاركون فقط في حل مشاكل بيئية مثل تآكل طبقة الأوزون أو الأمطار الحمضية، بل إنهم أيضًا يشاركون في التوصل إلى أدوية وأمصال للأمراض، ومنها الإيدز والأنفلونزا وغيرها. وغالبًا ما يرتبط الكيميائي بكل موقف يمكن أن تتخيله؛ لأن كل شيء في الكون مكون من مادة. يبين الشكل **1–1** بعض التطورات التقنية الممكنة بسبب 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 التي عن اليسار فهي لغواصة صغيرة تم صنعها بالليزر المعانُ بالحاسوب. هذه الغواصة التي لا يتجاوز طولها 4mm يمكن أن تستعمل في اكتشاف العيوب في الجسم البشري وإصلاحها.

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

المادة وخواصها Matter and its Characteristics

يتكون الكون من المادة فكل شيء من حولك مادة، وللمادة عدة أشكال، ومنها الأشياء الموجودة في **الشكل 2–1**. بعض المواد توجد في الطبيعة، ومنها الأوزون وثاني أكسيد الكربون والميثان، في حين أن بعضها الآخر يحضر صناعيًّا، ومنها كريمات حماية البشرة والعطور والمواد البلاستيكية وهي من المواد الكيميائية. و**المادة الكيميائية** هي مادة لها تركيب محدد وثابت.

تأمل الأشياء من حولك، وكذلك الأشياء الموضحة في **الشكل 2–1**. من أين جاءت كل هذه المادة؟ إن كل المواد في العالم مكونة من وحدات بنائية. وهذه الوحدات والأشياء المصنوعة منها يطلق عليها العلماء «مادة».

ربما لاحظت أن الأشياء التي نستعملها يوميًّا مكونة من مادة. لكن كيف تعرّف المادة؟ **المادة** كل شيء له كتلة ويشغل حيزًا. و**الكتلة** 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.

التركيب والخواص خواص معظم المواد واضحة وأهمها الحالة الفيزيائية، إذ تتواجد المادة في شكل صلب، سائل أو غاز. ومثل هذه الخواص لا تحتاج إلى مجهر لرؤيتها. تتركب الأنواع المختلفة من المواد التي من حولك من عناصر مكونة من جسيمات تسمى ذرات. والذرات صغيرة جدًّا إلى درجة أنه لا يمكن رؤيتها بالمجاهر الضوئية. ولهذا فإن

الشكل 2–1 كل شيء في الكون مكون من مادة.

المفردات

أصل الكلمة

الذرة (Atom)

جاءت من الكلمة الإغريقية أتوموس، وتعني لا تتجزأ.

الذرات تعتبر جسيمات تحت مجهرية. إن تريليون ذرة يمكن أن يشغل حيزًا يساوي النقطة الموجودة في آخر هذه الجملة. إن بنية المادة وتركيبها وسلوكها يمكن تفسيرها 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 ترى بالعين المجردة، وتعد النماذج إحدى الطرائق لتوضيح ذلك. **النموذج** تفسير مرئيّ أو لفظيّ أو رياضيّ للبيانات التجريبية. يستعمل العلماء عدة أنواع من النماذج لتمثيل الأشياء التي يصعب تصورها، كالمواد المستعملة في البناء، والنموذج المبين في **الشكل 3-1**. كما يستعمل الكيميائيون نماذج مختلفة لتمثيل المادة.

الشكل 3-1 يستعمل العلماء النماذج لتوضيح الأفكار المعقدة، كتركيب البنايات.

استنتج. لماذا يستعمل الكيميائيون النماذج لدراسة الذرات؟

واقع الكيمياء في الحياة

من المواد المحضرة صناعيًا

كريم الحماية من أشعة الشمس لتوفير بعض الحماية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة يمكن دهن الجلد بكريم يساعد على الوقاية من حروق الشمس وسرطان الجلد. وينصح خبراء الصحة باستعمال هذا الكريم في أي وقت تكون فيه خارج البيت، ومعرضًا لأشعة الشمس فوق البنفسجية.

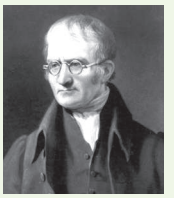
أسس النظريات الحديثة لتركيب المادة: «أفكار دالتون»

Foundations of modern theories of the structure of matter «Dalton's ideas»

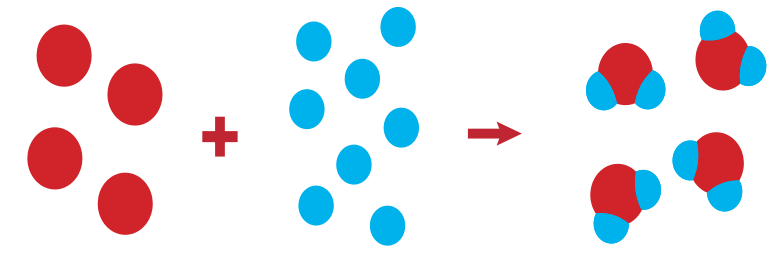
جون دالتون John Dalton أدت التجارب العلمية التي قام بها دالتون في القرن التاسع عشر إلى بداية تطور النظرية الذرية الحديثة. فقد قام جون دالتون John Dalton بالكثير من التجارب التي سمحت له بدعم فرضيته، حيث درس الكثير من التفاعلات الكيميائية، وقام بملاحظات وقياسات دقيقة، حتى استطاع تحديد النسب الكتلية للعناصر الداخلة في التفاعلات. وقد أدت نتائج أبحاثه إلى ما يطلق عليه **نظرية دالتون الذرية**، التي قام بطرحها عام 1803م. وتجدُ النقاط الرئيسة لنظريته ملخصة في الجدول **1-1**.

جدول 1-1

نظرية دالتون الذرية

العالم	الأفكار
جون دالتون (1766-1844 م) John Dalton 	• تتكون المادة من أجزاء صغيرة جدًّا تدعى الذرات. • الذرات لا تتجزأ ولا تتكسر. • 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.

حفظ الكتلة يشير قانون حفظ الكتلة إلى أن الكتلة تبقى ثابتة (محفوظة) في أي عملية، مثل التفاعل الكيميائي. تفسر نظرية دالتون الذرية أن حفظ الكتلة في التفاعل الكيميائي هو نتيجة انفصال أو اتحاد أو إعادة ترتيب الذرات. وهذه الذرات لا تستحدث ولا تتحطم ولا تتجزأ في هذه العملية. ويبين **الشكل 4-1** تكوين المركب من خلال اتحاد العناصر، ويوضح حفظ الكتلة خلال عملية التكوين، كما يبين أن عدد ذرات كل عنصر يبقى ثابتًا قبل التفاعل وبعده.



الشكل 4-1 عندما يتحد عنصران أو أكثر لتكوين مركب فإن عدد ذرات كل عنصر تبقى ثابتة، وعليه فإن الكتلة تبقى ثابتة أيضًا.

مهن في الكيمياء

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

ماذا قرأت؟ **لخصّ** أفكار جون دالتون.

تقويم الدرس 1-1

الخلاصة

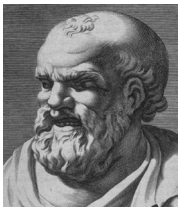
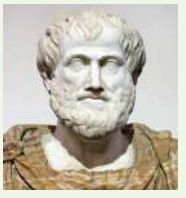
- الكيمياء هي دراسة المادة.
- المادة الكيميائية لها تركيب محدد وثابت.
- النماذج أدوات يستعملها العلماء والكيميائيون كذلك.
- الملاحظات التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة للمادة تعكس سلوك الذرات التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
- العديد من التقنيات الحديثة التي تسهل علينا حياتنا اليومية تطبيقات لعلم الكيمياء.
- تعتمد نظرية جون دالتون الذرية على عدد كبير من التجارب العلمية.

1. **الفكرة الرئيسة** **وضح** أهمية دراسة الكيمياء للإنسان.
2. **عرّف** المادة الكيميائية وأعط مثالين عليها.
3. **لخص** لماذا على الكيميائيين أن يدرسوا التغيرات التي لا ترى بالعين المجردة؟
4. **استنتج** لماذا يستعمل الكيميائيون النماذج لدراسة المادة التي لا ترى بالعين المجردة؟
5. **عين** ثلاثة نماذج يستعملها العلماء، وبين فائدة كل منها.
6. **عرِّف** الذرة باستعمال لغتك الخاصة.
7. **لخص** نظرية دالتون الذرية.

الفلاسفة الإغريق* Greek Philosophers لم تكن العلوم قبل آلاف السنين كما نعرفها اليوم. ولم يعرف أحد ما هي التجربة الضابطة؟ كان هناك أدوات بسيطة للبحث العلمي. وفي ظل هذه 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. لقد كان من المتفق عليه أن المادة يمكن تجزئتها إلى أجزاء صغيرة فأصغر. ورغم أن هذه الأفكار الأولية كانت إبداعية إلا أنه لم يكن هناك وسيلة متوافرة لاختبار صدقها. الجدول **2–1** يلخص أهم هذه الأفكار.

الجدول 2-1

أفكار الفلاسفة الإغريق حول المادة

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

* للإطلاع فقط.

1-2

تساؤلات جوهرية

- هل تعتبر الذرة أصغر جزء في المادة ؟
- كيف توصل العلماء إلى التمييز بين مكونات الذرة ؟
- كيف تطورت النظريات المهتمة بالنماذج الذرية ؟

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الذرة
أشعة الكاثود
الإلكترون
النواة
البروتون
النيوترون

الشكل 1-2 تخيل أنك تستطيع زيادة حجم الذرة وجعلها كبيرة بحجم البرتقالة. بهذا المقياس الجديد تكون كأنك كبرت حجم البرتقالة إلى حجم الكرة الأرضية.

مكونات الذرة
Components of the Atom

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

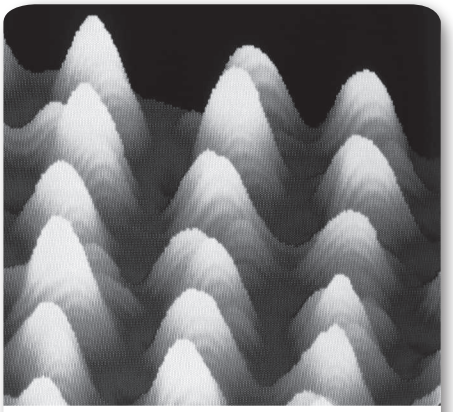
الربط بواقع الحياة إذا قضمت حبة خوخ فستعرف أن أسنانك تقطع الثمرة بسهولة، لكن أسنانك لا تستطيع المرور في النواة الصلبة. وبشكل مشابه نجد كثيرًا من الجسيمات التي يمكنها أن تمر عبر الأجزاء الخارجية للذرة تنحرف عن مركزها (النواة).

الذرة The Atom

تعتبر نظرية دالتون الذرية خطوة كبيرة نحو النموذج الذري الحالي للمادة، لكنها لم تكن كلها دقيقة، وهذا ما يحصل غالبًا في العلوم. لقد كان من الضروري إعادة النظر في نظرية دالتون للذرة بعد التوصل إلى معلومات جديدة لم يكن بالإمكان تفسيرها بواستطها. وسوف تتعلم في هذا الدرس 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 بشكل بسيط في كتلتها.

أثبتت الكثير من التجارب منذ أيام دالتون أن الذرات موجودة. لكن ما الذرة؟ للإجابة عن هذا السؤال أحضر قطعة من النحاس، وتخيّل أنك قررت طحن القطعة وتحويلها إلى كومة من خراطة النحاس. إن كل حبة من خراطة النحاس ستبقى محتفظة بجميع خواصه. 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. وهذا الجسم الأصغر الذي يحتفظ بخواص العنصر يسمى **الذرة**.

يقدر عدد الذرات في قطعة من العملة النحاسية بحوالي 2.9×10^{22} atoms وهو ما يقدر بخمسة تريليون مرة أكبر من عدد سكان العالم في عام 2006م ويبلغ نصف قطر ذرة النحاس الواحدة 1.28×10^{-10} m . فإذا وضعنا 6.5×10^{9} atoms نحاس جنبًا إلى جنب، فسوف يتكون خطًّا من ذرات النحاس طوله أقل من متر واحد. ويوضح **الشكل 1-2** طريقة أخرى لتصور حجم الذرة. ويمكنك تصور صغر الذرة بطريقة أخرى، عندما تتخيل أنك قد كبّرت الذرَّة بحيث تصبح في حجم البرتقالة، فإذا صنعت ذلك فكأنك كبرت البرتقالة لتصير في حجم الكرة الأرضية؛ وذلك لكي تحافظ على نسبة التكبير نفسها.



الشكل 2-2 هذه الصورة أخذت بواسطة جهاز STM، وهي تبين ذرات منفردة في حمض دهني على سطح من الجرافيت. وقد تم إضافة بعض الألوان للصورة لتوضيح صورة الذرات.

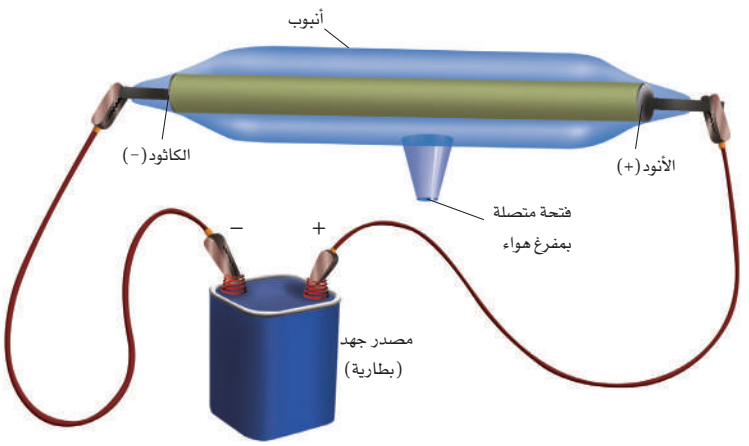
الربط مع علم الأحياء **النظر إلى الذرات** قد تظن أنه لا توجد طريقة لرؤية الذرات؛ لأنها صغيرة جدًّا. إلا أن هناك جهازًا خاصًّا يسمى المجهر الأنبوبي الماسح Scanning Tunnelling Microscope (STM) يسمح لنا برؤيتها. فكما تحتاج إلى المجهر لدراسة الخلايا في الأحياء، فإن جهاز STM يسمح لك بدراسة الذرات. **والشكل 2-2** يوضح كيف تبدو الذرات عند رؤيتها بجهاز STM. والعلماء حاليًّا قادرون على جعل ذرات منفردة تتحرك لتكون أشكالاً وأنماطًا، وآلات بسيطة أيضا، وهو ما يعرف بتقنية النانو، التي تَعِدُ بصناعة على المستوى الجزيئي، وبناء آلات بحجم الجزيء. وسوف تتعرف لاحقًا أن الجزيئات مجموعة من الذرات مرتبط بعضها ببعض، وتعمل كوحدة واحدة.

الإلكترون The Electron

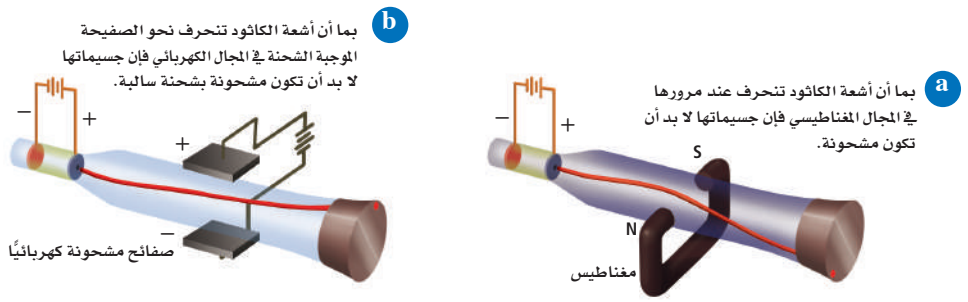
كيف تبدو الذرة؟ هل تركيب الذرة متماثل، أو أنها مكونة من جسيمات أصغر؟ رغم أن كثيرًا من العلماء درسوا الذرات في القرن التاسع عشر إلا أن بعض هذه الأسئلة لم تتم الإجابة عنها حتى عام 1900م. استعمل الباحثون أنبوب أشعة الكاثود لمعرفة المزيد عن مكونات الذرة.

أشعة الكاثود وهي الأشعة التي تخرج من الكاثود إلى الأنود في أنبوب أشعة الكاثود.

يبين **الشكل 3-2** أنبوب أشعة الكاثود الذي استعمله باحثون لدراسة العلاقة بين الكتلة والشحنة. لاحظ أن هناك أقطابًا معدنيةً موجودةً على طرفي الأنبوب. ويسمى القطب الموصل بالطرف السالب للبطارية بالكاثود، في حين يسمى القطب الموصل بالطرف الموجب بالأنود، وبتطبيق فرق جهد بين القطبين تخرج أشعة من قطب الكاثود في اتجاه قطب الأنود تدعى أشعة الكاثود.



الشكل 3-2 أنبوب أشعة الكاثود، أنبوب له قطبان: هما الكاثود والأنود. عند تطبيق فرق جهد بين القطبين، تنتقل الكهرباء من الكاثود إلى الأنود.



الشكل 2-4 عند القيام بعمل ثقب صغير في مركز الأنود ينتج شعاع رفيع من الإلكترونات يمكن الكشف عنه بطلاء الطرف الآخر للأنبوب بالفوسفور الذي يشع عند اصطدام الإلكترونات به.

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

- أشعة الكاثود عبارة عن سيل من الجسيمات المشحونة.
- تحمل الجسيمات شحنات سالبة (القيمة الحقيقية للشحنة السالبة لم تكن معروفة).
- توجد هذه الجسيمات في كل المواد.

بما أن تغيير المعدن المكون للأقطاب أو تغيير الغاز في الأنبوب لا يؤثر في أشعة الكاثود الناتجة، فقد استنتج العلماء أن الجسيمات السالبة الشحنة لأشعة الكاثود موجودة في جميع أشكال المادة، وتسمى **الإلكترونات**. ويبين **الشكل 2-4** بعض التجارب التي استعملت لتحديد خواص أشعة الكاثود.

كتلة الإلكترون وشحنته عند قياس تأثير كلٍّ من المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي في أشعة الكاثود بدقة، استطاع العالم طومسون Thomson تحديد نسبة الشحنة إلى الكتلة لهذه الجسيمات المشحونة. ومن ثم قارن هذه النسبة بنسب أخرى معروفة.

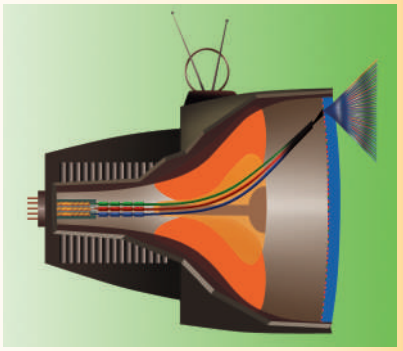
استنتج طومسون أن كتلة الجسيم المشحون أقل بكثير من كتلة ذرة الهيدروجين، وهي أصغر ذرة معروفة. وهذا الاستنتاج كان مفاجئًا؛ لأنه يعني أن هذه الجسيمات هي أصغر من الذرة. ومن ثم فإن جون دالتون كان مخطئًا، وأن الذرات يمكن تجزئتها إلى جسيمات أصغر. ورغم أن نظرية دالتون الذرية كانت مقبولة بشكل واسع إلا أن استنتاجات طومسون كانت حاسمة، وإن وجد كثيرٍ 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 لهذا الاكتشاف.

ماذا قرأت؟ لخص كيف اكتشف طومسون الإلكترون؟

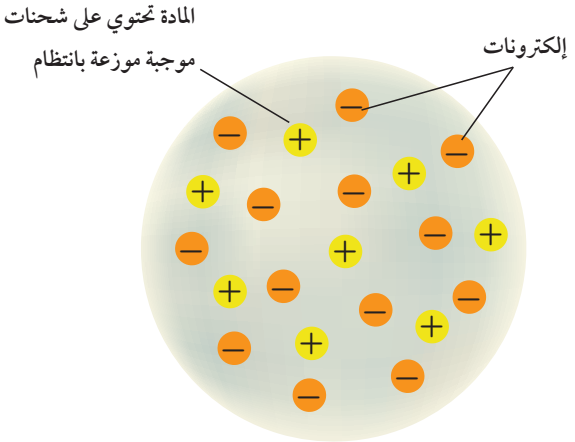
إن التطور المهم التالي جاء في 1910's عندما قام العالم الفيزيائي روبرت مليكان Robert Milliken بتحديد شحنة الإلكترون، والإلكترون الواحد يحمل شحنة مقدارها (-1). ومن خلال معرفته بشحنة الإلكترون واستعماله نسبة الشحنة إلى الكتلة المعروفة مسبقًا، تمكن مليكان من حساب كتلة الإلكترون:

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

واقع الكيمياء في الحياة
أشعة الكاثود



التلفزيون. تم اختراع التلفزيون في 1910's م. تتكون الصور التلفزيونية بشكل عام عندما تصطدم أشعة الكاثود بمواد كيميائية ـ تغلف الشاشة من الخلف ـ منتجة الضوء.



الشكل 2-5 نموذج طومسون يبين أن الذرة، كرة متجانسة موجبة الشحنة تحتوي على إلكترونات.

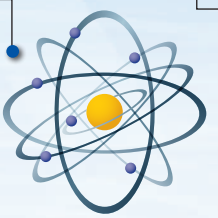
نموذج طومسون إن وجود الإلكترون، ومعرفة بعض خواصه أثار بعض الأسئلة حول طبيعة الذرات. فمن المعروف أن المادة متعادلة، ولا تمتلك شحنة كهربائية. وأنت لا تصعق عند لمسك الأشياء. فإذا وجدت الإلكترونات في جميع المواد وشحنتها سالبة، فكيف تكون المادة متعادلة؟ كما أن كتلة الإلكترون صغيرة جدًّا. فمن المسؤول عن كتلة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

في محاولة للإجابة عن هذه الأسئلة اقترح طومسون نموذجًا للذرة كالمبين في **الشكل 5-2**، 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 6-2** الخطوات العديدة لفهم تركيب الذرة.

ماذا قرأت؟ **وضح** نموذج طومسون الذري.

الشكل 6-2 تطور النظرية الذرية الحديثة
إن فهمنا الحالي لخواص الذرات والجسيمات المكونة لها وسلوكها يقوم على عمل العلماء من مختلف أنحاء العالم خلال القرنين الماضيين.

1897 باستعمال أنبوب أشعة الكاثود اكتشف طومسون الإلكترونات، وحدد نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته الكهربائية.

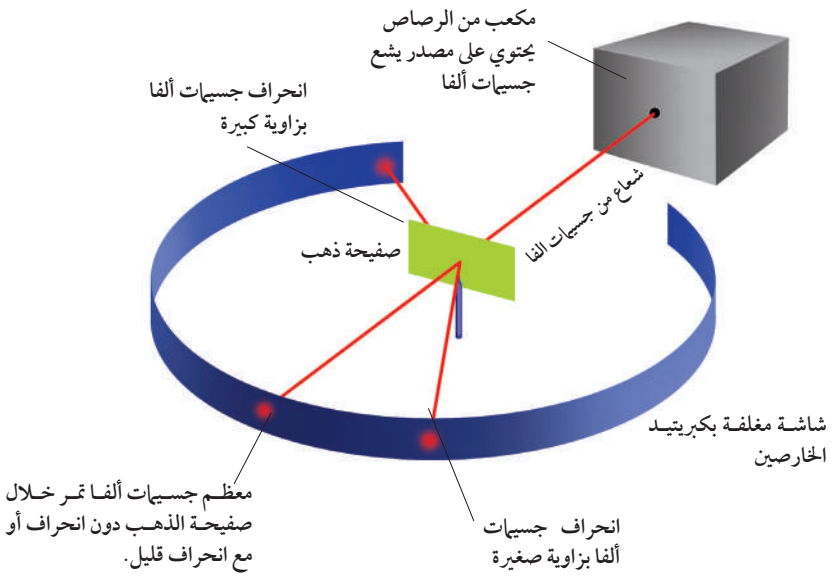


1913 نشر نيلزبور نظرية عن تركيب الذرة تربط التوزيع الإلكتروني للذرات بخواصها الكيميائية.

1932 أثبت جيمس شادويك وجود النيوترونات

1911 من خلال تجربة صفيحة الذهب تمكن راذرفورد من تحديد خواص النواة، وتشمل الشحنة، والحجم، والكثافة.

1932 قام العلماء بتطوير مسرع الجسيمات لإطلاق بروتونات على أنوية الليثيوم، لتفتيتها إلى أنوية هيليوم وتحرير الطاقة.

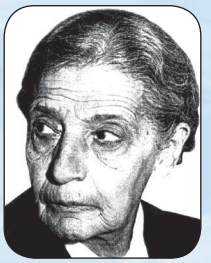


الشكل 2-7 خلال تجربة راذرفورد اصطدم شعاع من جسيمات ألفا بصفيحة رقيقة من الذهب. معظم جسيمات ألفا مرت خلال الصفيحة، بينما ارتد عدد قليل من الجسيمات إلى الخلف، وانحرف بعضها بزوايا كبيرة.

النواة The Nucleus

تجربة راذرفورد أجرى راذرفورد Rutherford في عام 1911م، تجربة كما في **الشكل 2-7**، حيث وجه شعاعًا رفيعًا من جسيمات ألفا (α) في اتجاه صفيحة رقيقة من الذهب، ووضع شاشة مغلفة بكبريتيد الخارصين حول صفيحة الذهب، حيث تقوم الشاشة بإظهار الضوء عند اصطدام جسيمات ألفا بها.

ومن خلال معرفة راذرفورد بنموذج طومسون للذرة توقع أن مسار جسيمات ألفا السريعة ذات الكتلة الكبيرة سوف تنحرف قليلا نتيجة اصطدامها بالإلكترونات. ونظرًا لأن الشحنة الموجبة موزعة بانتظام في ذرات الذهب، فقد اعتقد أنها لا تحرف مسار أشعة ألفا أيضًا، كما هو مبين في **الشكل 2-7**.



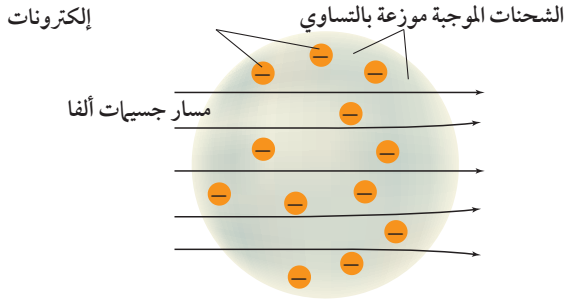
1938 ليزا مايتز، أُتوهان، وفريتزستراوسمان، نجحوا في شطر ذرات اليورانيوم في عملية سُمِّيت بالانشطار النووي

1939 - 1945 قام العلماء في الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا بشكل منفصل بعمل مشاريع لتطوير أول سلاح نووي.

1954 تم في سيرن- وهو أكبر مركز أبحاث فيزياء الذرة موجود في سويسرا- دراسة فيزياء الجسيمات.

1968 قدم العلماء أول دليل تجريبي على وجود الجسيمات المكونة للذرة والتي عرفت بالكواركس.

2007 في مركز أبحاث سيرن تمت دراسة خواص الجسيمات المكونة للذرة والمادة النووية.



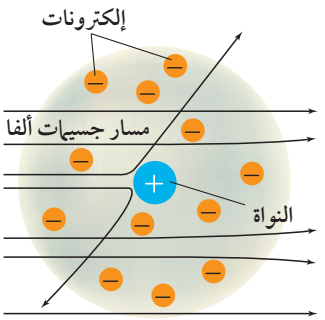
الشكل 2-8 بالاعتماد على نموذج طومسون توقع راذرفورد أن جسيمات ألفا الضوئية ستمر من خلال صفيحة الذهب، وأن جزءًا قليلاً فقط سينحرف قليلاً.

نموذج راذرفورد للذرة استنتج راذرفورد أن نموذج طومسون لم يكن صحيحًا؛ لأنه لم يستطع أن يفسر نتائج تجربة صفيحة الذهب. واعتمادًا على خواص جسيمات ألفا والإلكترونات، وعلى تكرار الارتدادات، فقد استنتج أن الذرة تتكون غالبًا من فراغ تتحرك فيه الإلكترونات، انظر **الشكل 2-8**. 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 شحنة النواة الموجبة، ويبين **الشكل 2-9** نموذج راذرفورد الذري.

ماذا قرأت؟ **صف** نموذج الذرة الذي وضعه راذرفورد.

تعمل قوة التنافر الناتجة بين جسيمات ألفا الموجبة والنواة الموجبة على انحراف جسيمات ألفا. ويبين **الشكل 2-9** نتائج تجربة صفيحة الذهب في نموذج راذرفورد الذري. ويوضح هذا النموذج أيضًا أن الذرة متعادلة كهربائيًّا، حيث إن الشحنة الموجبة للنواة تعادل الشحنة السالبة للإلكترونات، لكن هذا النموذج لم يستطع تفسير كتلة الذرة.

البروتون والنيوترون في عام 1920م قام راذرفورد بشرح مفهوم النواة، واستنتج أن النواة تحتوي على جسيمات تسمى البروتونات. **البروتون** جسيم ذري يحمل شحنة تساوي شحنة الإلكترون لكنها موجبة. شحنة البروتون (+1). وفي عام 1932م بين العالم جيمس شادويك James Chadwick أن النواة تحتوي أيضًا على جسيمات متعادلة سميت بالنيوترونات. **والنيوترون** جسيم ذري كتلته قريبة من كتلة البروتون، ولكنه لا يحمل شحنة كهربائية. وفي عام 1935م حصل شادويك على جائزة نوبل في الفيزياء؛ لقدرته على إثبات وجود النيوترون.



الشكل 2-9 في نموذج راذرفورد للذرة تتكون الذرة من نواة كثيفة موجبة الشحنة، محاطة بالإلكترونات السالبة الشحنة. تنحرف جسيمات ألفا التي تمر بعيدًا عن النواة قليلاً أو لا تكاد تنحرف. أما جسيمات ألفا التي تمر مباشرةً بالقرب من النواة فتنحرف بزوايا كبيرة، أو تتناثر إلى الخلف.
استنتج ما القوة المسببة لانحراف جسيمات ألفا؟

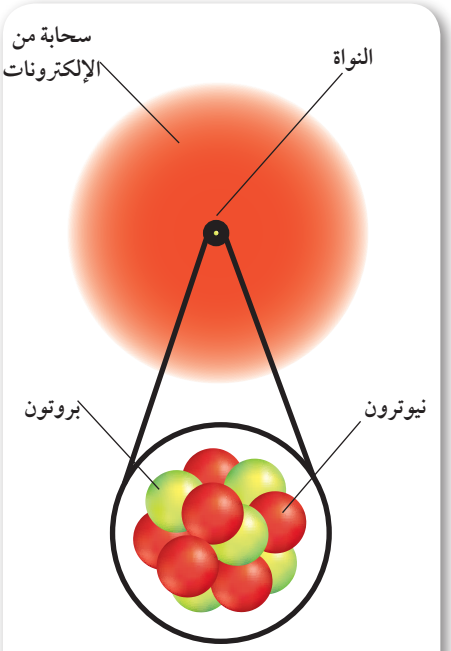
جدول 2-1 خواص الجسيمات المكونة للذرة

الجسيمات المكونة للذرة	الرمز	الموقع	الشحنة الكهربائية	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	0	1	1.675×10^{-24}

المختبر الإفتراضي صمّم نموذج الذرة لراذرفورد باستخدام تطبيقات رقمية.

إكمال نموذج الذرة جميع الذرات مكونة من ثلاثة جسيمات ذرية أساسية: الإلكترون، والبروتون، والنيوترون. والذرة كروية الشكل، تحتوي على نواة صغيرة وكثيفة، مكونة من شحنات موجبة محاطة بإلكترون (أو أكثر) سالب الشحنة. معظم حجم الذرة فراغ يحتوي على إلكترونات سريعة الحركة، وهي تتحرك في الفراغ المحيط بالنواة. ترتبط الإلكترونات بالذرة من خلال التجاذب مع الشحنات الموجبة في النواة. وتتكون النواة من نيوترونات متعادلة الشحنة (أحد أنوية ذرة الهيدروجين تحتوي على بروتون واحد فقط، ولا تحتوي على نيوترونات، وهي حالة استثنائية)، وبروتونات موجبة الشحنة. وتحتوي النواة على أكثر من 99.97% من كتلة الذرة. وتشغل حوالي 0.0001 من حجم الذرة. بما أن الذرة متعادلة كهربائيًا فإن عدد البروتونات في النواة يعادل عدد الإلكترونات المحيطة بها. ويبين **الشكل 10-2** مكونات الذرة، وخواص جسيماتها الأساسية والملخصة في **الجدول 2-1**.

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 تدعى كواركات. وهي لا تؤثر في السلوك الكيميائي للذرة. لكن السلوك الكيميائي يمكن تفسيره من خلال الإلكترونات.



الشكل 10-2 النموذج الذري الحديث
تتكون الذرات من نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات محاطة بسحابة من الإلكترونات.

تقويم الدرس 2-1

الخلاصة

- الذرة أصغر جزء في العنصر، ولها خواص العنصر.
- شحنة الإلكترون (-1) والبروتون (+1) والنيوترون ليس له شحنة.
- معظم حجم الذرة فراغ يحيط بالنواة.

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** تركيب الذرة، وحدد موقع كل جسيم فيها.
2. **قارن** بين نموذج طومسون ونموذج راذرفورد.
3. **قوّم** التجارب التي أدت إلى استنتاج أن الإلكترونات السالبة الشحنة موجودة في جميع المواد.
4. **قارن** نسبة الشحنة والكتلة لكل من الجسيمات المكونة للذرة.
5. **احسب** الفرق بالكيلوجرام (Kg) بين كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.

تساؤلات جوهرية

- ما المحدد لنوع الذرة ؟
- ما التشابه بين ذرات العناصر وكيف تختلف؟

مراجعة المفردات

الجدول الدوري: لوحة ترتب فيها جميع العناصر المعروفة تصاعديًّا حسب أعدادها الذرية في شبكة ذات صفوف أفقية تدعى دورات، وأعمدة تدعى مجموعات.

المفردات الجديدة

العدد الذري
العدد الكتلي
النظائر
وحدة الكتل الذرية
الكتلة الذرية

كيف تختلف الذرات How Atoms Differ

الفكرة الرئيسة عدد البروتونات والعدد الكتلي يحددان نوع الذرة.

الربط بواقع الحياة تعلم أن الأرقام تستعمل يوميًّا لتعرّف الأشخاص والأشياء. فعلى سبيل المثال لكل مواطن رقم مسجل في حاسوب المملكة يعرف به. وبالمثل فإن العدد الذري يستعمل ليحدد أنواع الذرات.

العدد الذري Atomic Number

كما ترى في الجدول الدوري للعناصر، هناك أكثر من مائة وعشرة عناصر مختلفة. ما الذي يجعل ذرة عنصر ما تختلف عن ذرة عنصر آخر؟

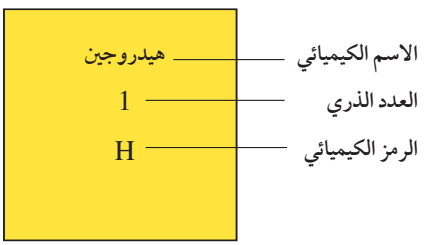
اكتشف العالم هنري موزلي Henry Mosely أن ذرات كل عنصر تحتوي شحنات موجبة في أنويتها. وهكذا فإن عدد البروتونات في الذرة يحدد نوعها بوصفها ذرة عنصر معين. ويسمى عدد البروتونات في الذرة **العدد الذري**. وتحصل من خلال الجدول الدوري على معلومات عن العناصر، مثل عنصر الهيدروجين المبين في **الشكل 1-3**. فالرقم (1) الموجود فوق رمز الهيدروجين H يشير إلى عدد البروتونات أو العدد الذري. وبالانتقال عبر الجدول الدوري في اتجاه اليمين ستصل إلى عنصر الهيليوم He الذي تحتوي نواته على بروتونين، أي أن العدد الذري له (2). ويبدأ الصف التالي في الجدول الدوري بعنصر الليثيوم Li وعدده الذري (3)، يتبعه عنصر البريليوم Be وعدده الذري (4). وهكذا فإن الجدول الدوري مرتب من اليسار إلى اليمين، ومن الأعلى إلى الأسفل، تصاعديًّا حسب الأعداد الذرية للعناصر.

ونظرًا لأن جميع الذرات متعادلة فإن عدد البروتونات والإلكترونات في الذرة الواحدة يجب أن يكون متساويًا. لذا فإن معرفتك بالعدد الذري للعنصر تمكنك 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 المتعادلة.



الشكل 1-3 يمثل في الجدول الدوري كل عنصر باسمه الكيميائي، والعدد الذري، والرمز الكيميائي.

حدد. عدد البروتونات وعدد الإلكترونات في ذرة الذهب.

مثال 1-3

العدد الذري أكمل الجدول الآتي:

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

1 تحليل المسألة

طبق العلاقة بين العدد الذري، وعدد البروتونات، وعدد الإلكترونات، لإكمال الفراغات بالجدول أعلاه، ثم استعمل الجدول الدوري لتحديد العنصر المطلوب.

المعطيات

a. العدد الذري للرصاص= 82
b. عدد البروتونات = 8
c. عدد الإلكترونات = 30

المطلوب

a. عدد البروتونات، عدد الإلكترونات= ؟
b. العنصر، العدد الذري، عدد الإلكترونات =؟
c. العنصر، العدد الذري=؟ عدد البروتونات= ؟

2 حساب المطلوب

طبق علاقة العدد الذري
عوض العدد الذري يساوي 82

a. عدد البروتونات = العدد الذري
عدد البروتونات = 82
عدد الإلكترونات = عدد البروتونات
عدد الإلكترونات = 82
عدد كل من البروتونات والإلكترونات = 82

طبق علاقة العدد الذري
عوض عدد البروتونات يساوي 8

b. العدد الذري = عدد البروتونات
العدد الذري = 8
عدد الإلكترونات = عدد البروتونات
عدد الإلكترونات= 8
العدد الذري = عدد الإلكترونات = 8

استعمل الجدول الدوري لتعرّف العنصر

العنصر هو الأكسجين (O).

طبق علاقة العدد الذري
عوض عدد البروتونات يساوي 30

c. عدد البروتونات = عدد الإلكترونات.
عدد البروتونات = 30
العدد الذري = عدد البروتونات
العدد الذري= 30
العدد الذري = البروتونات = 30

استعمل الجدول الدوري لتعرّف العنصر

العنصر هو الخارصين Zn

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

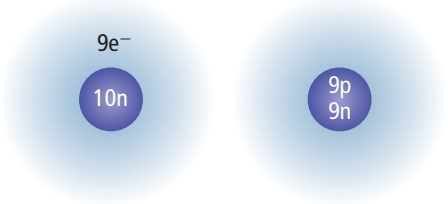
1. ما عدد البروتونات والإلكترونات في كل من ذرات العناصر الآتية؟

a. الرادون Rn **b.** الماغنسوم Mg

2. عنصر تحتوي ذرته 66 إلكترونًا. ما العنصر؟

3. عنصر تحتوي ذرته 14 بروتونًا، ما العنصر؟

4. تحدٍّ هل الذرات المبينة في الشكل عن اليسار لها نفس العدد الذري؟



النظائر والعدد الكتليّ Isotopes and Mass Number

كان جون دالتون مخطئًا عندما اعتقد أنه لا يمكن تجزئة الذرات، وأن ذرات العنصر الواحد متشابهة؛ لأن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات، ولكن عدد النيوترونات قد يختلف. فعلى سبيل المثال، هنالك ثلاثة أنواع من ذرات البوتاسيوم موجودة في الطبيعة، وتحتوي الأنواع الثلاثة 19 بروتونًا و19 إلكترونًا، بينما يحتوي أحد أنواع ذرة البوتاسيوم 20 نيوترونًا، والآخر 21 نيوترونًا، والثالث 22 نيوترونًا. إن الذرات التي لها عدد البروتونات نفسه لكنها تختلف في عدد النيوترونات تسمى **النظائر**.

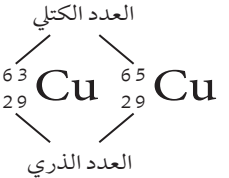
النظائر التي تحتوي على عدد أكبر من النيوترونات تكون كتلتها أكبر. وبالرغم من هذه الاختلافات إلا أن نظائر ذرة ما لها السلوك الكيميائي نفسه، الذي يحدده فقط عدد الإلكترونات الموجودة في الذرة.

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

العدد الكتلي

العدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النيوترونات

العدد الكتلي لأي ذرة هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات فيها.

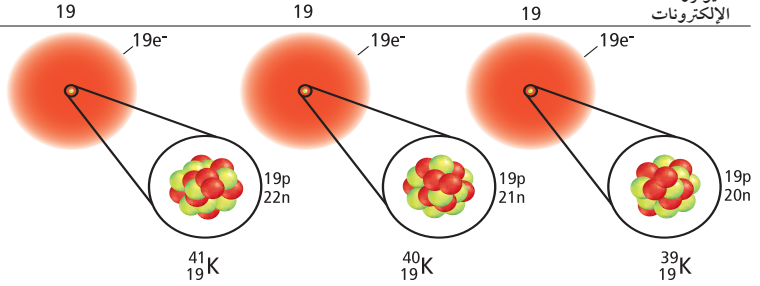


الشكل 2-3 Cu هو الرمز الكيميائي لعنصر النحاس.
كان النحاس يستعمل لصنع الدروع الصينية التي تتكون من 69.2% نحاس- 63 و30.8% نحاس- 65.

فعلى سبيل المثال، لعنصر النحاس نظيران. النظير الذي يحتوي 29 بروتونًا و34 نيوترونًا له عدد كتلي يساوي 63 يكتب اسم النظير كما يلي نحاس- 63، أما رمز النظير فيكتب Cu- 63. والعدد الكتلي للنظير الذي يحتوي 29 بروتونًا و36 نيوترونًا يساوي 65، ويكتب نحاس- 65 أو Cu- 65. ويكتب الكيميائيون النظائر أيضًا باستعمال تعابير الرمز الكيميائي، والعدد الذري، والعدد الكتلي كما هو مبين في **الشكل 2-3**.

النظائر في الطبيعة توجد معظم العناصر في الطبيعة على هيئة خليط 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، و6.73% 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 النسبة نفسها. ويلخص **الشكل 3-3** المعلومات المتعلقة بنظائر البوتاسيوم الثلاثة.

	بوتاسيوم- 39	بوتاسيوم- 40	بوتاسيوم- 41
البروتونات	19	19	19
النيوترونات	20	21	22
الإلكترونات	19	19	19



الشكل 3-3 للبوتاسيوم ثلاثة نظائر موجودة في الطبيعة، وهي بوتاسيوم- 39، بوتاسيوم- 40، بوتاسيوم- 41.
اعمل. قائمة بعدد البروتونات والنيوترونات لكل نظير من نظائر البوتاسيوم.

مثال 2-3

استعمل العدد الذري والعدد الكتلي تم تحليل تركيب نظائر عدة عناصر في أحد مختبرات الكيمياء. ويتضمن الجدول الآتي 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	30	64
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 كل من النيوترونات والبروتونات والإلكترونات = ؟
اسم النظير = ؟
رمز النظير = ؟

2 حساب المطلوب

طبق علاقة العدد الذري

عدد البروتونات = العدد الذري = 10
عدد الإلكترونات = العدد الذري = 10

استعمل العدد الذري، العدد الكتلي لحساب عدد النيوترونات

عدد النيوترونات = العدد الكتلي – العدد الذري

عوض العدد الكتلي =22، والعدد الذري = 10

عدد النيوترونات = 22 – 10 = 12

استعمل اسم العنصر والعدد الكتلي لكتابة اسم النظير.

اسم النظير النيون-22

استعمل الرمز الكيميائي والعدد الكتلي والعدد الذري لكتابة رمز النظير.

رمز النظير $^{22}_{10}Ne$

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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

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

كتل الذرات Mass of Atoms

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

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

جدول 1-3
كُتل الجسيمات المكونة للذرة

الجسيم	الكتلة (amu)
إلكترون	0.000549
بروتون	1.007276
نيوترون	1.008665

الكتلة الذرية لأن كتلة الذرة تعتمد أساسًا على عدد البروتونات وعدد النيوترونات فيها. ولأن كتلة كل من البروتونات والنيوترونات 1 وحدة كتل ذرية تقريبًا فإنك قد تتوقع أن الكتلة الذرية للعنصر هي دائمًا عدد صحيح! لكن هذا ليس صحيحًا؛ إذ إن **الكتلة الذرية** للعنصر هي متوسط كتلة نظائر العنصر. وبما أن للنظائر كتلاً مختلفة فإن متوسط الكتلة الذرية ليس عددًا صحيحًا. ويبين **الشكل 3-4** حساب الكتلة الذرية المتوسطة لعنصر الكلور.

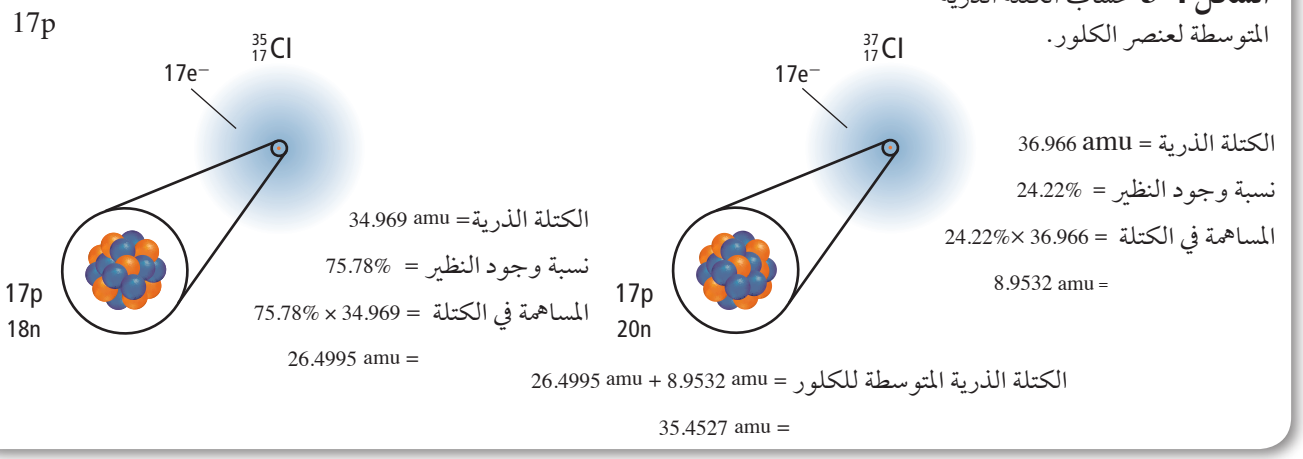
يوجد الكلور في الطبيعة كمزيج من 76% كلور- 35 ، و24% كلور- 37. والكتلة الذرية المتوسطة للكلور تساوي 35.453 amu ، تحسب الكتلة الذرية للكلور بضرب نسبة وجود كل نظير في كتلته الذرية، ثم جمع النواتج.

ماذا قرأت؟ وضح كيف تحسب الكتلة الذرية؟

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 3-4 حساب الكتلة الذرية المتوسطة لعنصر الكلور.



مثال 3-3

احسب الكتلة الذرية اعتمادًا على البيانات الموجودة في الجدول، احسب الكتلة الذرية المتوسطة 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 المتوسطة 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 مساهمة ^{6}X

عوض الكتلة= 6.015 amu والنظير= 0.0759

احسب مساهمة ^{7}X

عوض الكتلة= 7.016 amu والنظير= 0.9241

كامل مساهمة الكتلة لإيجاد الكتلة الذرية.

تحديد العنصر باستعمال الجدول الدوري

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

مساهمة الكتلة = 6.015 × 0.0759 = 0.4565 amu

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

مساهمة الكتلة = (7.016) × 0.9241 = 6.483 amu

الكتلة الذرية المتوسطة X = 6.483 + 0.4565 = 6.939 amu

العنصر الذي كتلته الذرية المتوسطة 6.939 amu هو عنصر الليثيوم Li

3 تقويم الإجابة

تتوافق نتيجة الحسابات مع الكتلة الذرية المتوسطة الموجودة في الجدول الدوري.

مسائل تدريبية

7. للبورون B نظيران في الطبيعة: هما البورون – 10 (نسبة وجودة 19.8%) وكتلته 10.013 amu والبورون– 11 (نسبة وجوده 80.2%) وكتلته 11.009 amu، احسب الكتلة الذرية المتوسطة للبورون.

تقويم الدرس 1-3

الخلاصة

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

1. الفكرة الرئيسة **فسِّر** كيف يمكن معرفة نوع الذرة؟

2. تذكر أي الجسيمات الذرية تحدد ذرةَ عنصر معين؟

3. فسِّر كيف أن وجود النظائر مرتبط بحقيقة كون الكتل الذرية ليست أرقامًا صحيحة؟

4. احسب للنحاس نظيران: النحاس– 63 (ونسبة وجوده 69.2%، وكتلته 62.930 amu)، والنحاس– 65 (نسبة وجوده 30.8%، وكتلته 64.928 amu). احسب الكتلة الذرية المتوسطة للنحاس.

5. احسب للماغنيسيوم ثلاثة نظائر لها نسب وجود كالآتي: 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 المتوسطة للماغنيسيوم.

قياس المادة: المول

Matter Measurement: The Mole

تساؤلات جوهرية

- لماذا فكر العلماء في إيجاد وحدة المول ؟
- ما علاقة المول بكمية جسيمات المادة ؟
- كيف نحوّل بين كتلة المادة وعدد مولاتها ؟

مراجعة المفردات

الجسيمات: المادة تتكون من جسيمات متناهية الصغر وتكون في شكل ذرات منفردة أو متحدة.

المفردات الجديدة

المول
عدد أفوجادرو
الكتلة المولية

الفكرة الرئيسة **يحتوي المول دائما على العدد نفسه من الجسيمات، ومع ذلك، فمولات العناصر المختلفة لها كتل مختلفة.**

الربط بواقع الحياة هل أقام صفك يومًا مسابقةً لمعرفة عدد القطع النقدية أو عدد قطع الحلوى الموجودة في علبة؟ لعلك لاحظت أنه كلما صغرت المادة يصبح العدّ أصعب.

عدّ الجسيمات Counting Particles

يحتاج الكيميائيون إلى طريقة ملائمة وصحيحة لعد الذّرات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية 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، الذي يمثل عددًا ضخمًا من أي جسم.

المول The Mole تُسمى وحدة النظام الدولي الأساسية المستخدمة لقياس كمية المادة **المول**.«والمول (اختصاره mol) هو وحدة عددية لعدّ الجسيمات مشابهة لبعض الوحدات التي نستعملها يوميّا في العدّ. فمثلا نشتري البيض بالدرزن (12حبة) أوعلبة. أما الورق فلا نشتري بالورقة بل بالرزمة التي تحتوي على عدد معين من الأوراق (عادة 500 ورقة). مثل ذلك يستخدم الكيميائيون مولًا من الحديد، 3.58mol من الصوديوم، عشرة مولات من الذهب...».

ويعرف المول بأنه عدد ذرات الكربون– 12 في عينة كتلتها 12 g. وخلال سنوات عديدة من التجارب تم الاتفاق على أن المول الواحد من أي شيء يحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات المكونة لهذا الشيء، مثل 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.

ومن الواضح أن عدد أفوجادرو عدد هائل، وهذا ما 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 2-4**، فإن استعمال المول مناسب لحساب كميات من المواد الكيميائية. ويبين الشكل كميات مقدارها مول واحد من الماء، والنحاس، والملح، ويتكون كل منها من جسيمات مختلفة. فالجسيمات المكونة لمول من الماء هي جزيئات الماء. والمكونة لمول من النحاس هي ذرات النحاس، والمكونة لمول من كلوريد الصوديوم هي وحدات صيغة كلوريد الصوديوم.

ماذا قرأت؟ فسّر ما هي العلاقة بين المول وعدد أفوجادرو؟

عدد المولات وعدد الجسيمات
Number of Moles and Number of Particles

إذا كان لديك عدد من مولات الكربون، مثلا 3mol. فهل يمكن لك معرفة عدد جسيمات الكربون في هذه العيّنة؟

للإجابة على هذا السؤال تذكّر أن مولاً واحدًا من ذرات الكربون يحتوي على عدد أفوجادرو (N_A) من الذرات. وبالتالي فإنّ ثلاثة مولات ستحتوي على ثلاثة أضعاف عدد أفوجادرو ($3N_A$) من الذرات.

وهذا يعني أنّ عدد الجسيمات: $N = 3mol \times 6.02 \times 10^{23}\ paticles/mol$

$= (1.806 \times 10^{24})\ paticles$

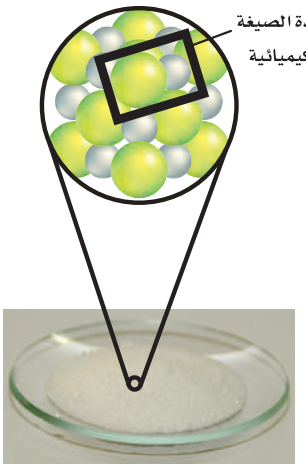
نستنتج أنّ: (3mol) من الكربون تحتوي على (1.806×10^{24}) ذرة كربون.

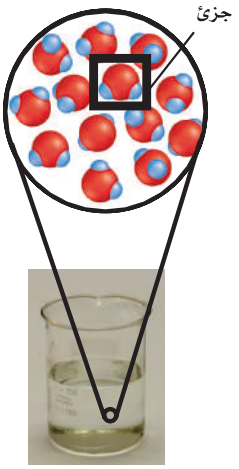
بصفة عامة تُلَخص هذه العلاقة كالتالي: **عدد الجسيمات(N) = عدد المولات (n) × عدد أفوجادرو (N_A)**

$$N = n \times N_A$$

من واقع البيئة

سرب من الطيور التي تهاجر إلى مملكة البحرين يتكون من عدد معين يصعب عدّ الطيور كلما كان السرب كبيرًا وحجم الطير صغيرًا.





الشكل 2-4 كمية كل مادة مبينة هي 6.02×10^{23} جسيماً، أو 1mole من الجسيمات المكونة للمادة. الجسيمات المكونة لكل مادة موضحة داخل المربع.

مثال 1–4

يستعمل النحاس Cu في صناعة الأسلاك الكهربائية. احسب عدد مولات النحاس التي تحتوي على 4.5×10^{24} atoms منه.

1 تحليل المسألة

لديك عدد ذرات النحاس، وعليك أن تحسب عدد المولات. لو قارنت 4.5×10^{24} atoms 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 الذرات = 4.50×10^{24} atoms من النحاس

1mol من النحاس Cu = 6.02×10^{23}atoms من النحاس

المطلوب

مولات Cu = ? mol

2 حساب المطلوب

استعمل القانون الذي يربط عدد المولات بعدد الذرات.

طبّق القانون

$$\text{عدد المولات (mol)} = \frac{\text{عدد الذرات (atoms)}}{\text{عدد أفوجادرو (atoms / mole)}}$$

عوّض واضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$= \frac{4.50 \times 10^{24}\ \text{atoms}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms / mole}} = 7.48\ \text{mol من النحاس}$$

3 تقويم الإجابة

الإجابة مكتوبة بشكل صحيح وهي أقل من 10 mol مولات كما هو متوقع، كما أن وحداتها صحيحة.

مسائل تدريبية

1. يستعمل الخارصين Zn لتكوين طبقة على 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. تستعمل نترات الفضة $AgNO_3$ لصناعة أنواع متعددة من هاليدات الفضة المستخدمة في عملية التصوير الفوتوغرافي. ما عدد وحدات الصيغة $AgNO_3$ في 3.25 mol منها؟
4. **تحدّ** احسب عدد ذرات الأكسجين في 5.0 mol من O_2.
5. ما عدد المولات في كل من؟
   a. 5.75×10^{24} atoms من الألومنيوم Al
   b. 2.50×10^{20} atoms من الحديد Fe
6. **تحدّ** 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 $ZnCl_2$

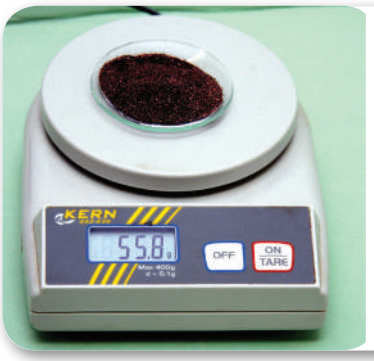
الكتلة وعدد المولات
Mass and Number of Moles

لن تتوقع أن كتلة درزن من الليمون تساوي كتلة درزن من البيض؛ لأن البيض والليمون يختلفان في الحجم والتركيب الكيميائي، فمن غير المفاجئ إذًا أن تكون لهما كتل مختلفة، كما هو موضح في **الشكل 4-3**. لذلك فإن كميتين مقدار كل منهما مول واحد من مادتين مختلفتين لهما كتلتان مختلفتان؛ لأن لكلٍّ منهما تركيبًا كيميائيًّا مختلفًا. فلو وضعت مولاً واحدًا من الكربون مثلًا، ومولاً واحدًا من النحاس في ميزانين فسترى فرقًا في الكتلة، كالذي تراه في البيض، والليمون. وهذا يحدث لأن ذرات الكربون تختلف عن ذرات النحاس، ولذلك فإن كتلة 6.02×10^{23} atoms من الكربون لا تساوي كتلة 6.02×10^{23} atoms من النحاس.

الكتلة المولية للذرات (MM) كيف ترتبط كتلة ذرة واحدة بكتلة مول واحد من تلك الذرة؟ تذكر أن المول يعرف على أنه عدد ذرات الكربون-12 في 12g منه. ومن ثم فكتلة 1 mol من ذرات الكربون -12 هي 12 g. وسواءً كنت مهتمًّا بذرة واحدة أو بعدد أفوجادرو من الذرات (1 mol) فإن كتل جميع الذرات تم تعيينها بالنسبة لكتلة 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. وعليه، فالكتلة المولية للحديد تساوي 55.845g/mol. لاحظ أنه بقياس 55.845 g من الحديد تكون بطريقة غير مباشرة قد عددت atoms 6.02×10^{23} منه. **الشكل 4-4** يوضح العلاقة بين الكتلة المولية ومول واحد من العنصر.

الشكل 3-4 كتلة درزن من الليمون تساوي ضعف كتلة درزن من البيض تقريبًا. ويعدّ الفرق بين الكتلتين منطقيًّا؛ لأن الليمون مختلف عن البيض في تركيبه الكيميائي وحجمه.



6.02×10^{23} atoms من الحديد =

الشكل 4-4 مول من الحديد، ممثلا بكيس من الحبيبات، يحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات، وله كتلة مساوية لكتلته الذرية بالجرامات.

طبق **ما كتلة مول من النحاس؟**

استعمال الكتلة المولية افرض 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 مكافئة تقاس بالميزان.

إذا تفحصت الجدول الدوري للعناصر فستجد أن كتلة النحاس المولية هي 63.546 g/mol، وباستعمالها، يمكنك تحويل 3.00 mol نحاس إلى جرامات نحاس. **(الشكل 4-5)**

كتلة النحاس بالجرامات (g) = 3.00 mol × 63.546 g/mol = 191g

ولحساب كتلة عدد معين من المولات اضرب عدد المولات في الكتلة المولية:

الكتلة بالجرامات (m) = عدد المولات (n) × الكتلة المولية (MM)

$$m = n \times MM$$

الشكل 4-5 لقياس 3mol من النحاس، ضع ورقة وزن على الميزان، وصفِّره، ثم ضع 191g من النحاس.

مثال 4-2

الكالسيوم Ca من أكثر العناصر توافرًا في الأرض، ويوجد دائمًا متحدًا مع عناصر أخرى بسبب نشاطه العالي. احسب كتلة 0.0450 mol من الكالسيوم.

1 تحليل المسألة

لديك عدد من مولات للكالسيوم التي يجب حساب كتلتها باستعمال الكتلة المولية للكالسيوم من الجدول الدوري للعناصر. وبما أن العينة أقل من 0.1 mol، فالإجابة يجب أن تكون أقل من عشر الكتلة المولية.

المعطيات

عدد المولات = 0.0450 mol

الكتلة المولية للكالسيوم = 40.08 g/mol

المطلوب

كتلة Ca = ؟

2 حساب المطلوب

استعمل الكتلة المولية التي تربط جرامات الكالسيوم بمولاته، ثم عوّض بالقيم المعلومة في المعادلة وحلها.

طبق القانون كتلة الكالسيوم (g) = مولات الكالسيوم (mol) × الكتلة المولية (g/mole)

عوض بالمعطيات وأوجد الحل = 40.08 g/mol × 0.0450 mol

= 1.80 g

3 تقويم الإجابة

أُعطي الجواب بالوحدات الصحيحة (g)، وهو أقل من 0.1 mol كما هو متوقع.

الكتلة وعدد الذرات
Mass and Number of Atoms

لإيجاد العلاقة المباشرة بين الكتلة وعدد الجسيمات لابد أن نحوّل إلى عدد المولات في البداية. وهذه العملية المكوّنة من خطوتين موضحة في المثال **4-3**

مثال 4-3

الهيليوم He غاز نبيل، فإذا احتوى بالون على 5.50×10^{22} atoms 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 = 5.50×10^{22} atoms من He

الكتلة المولية للهيليوم = 4.00 g/mol من He

المطلوب

الكتلة = ؟ g من He

2 حساب المطلوب

استعمل العلاقة التي تربط المولات بعدد الذرات

طبق العلاقة

$$\text{عدد مولات الهيليوم (mol)} = \frac{\text{عدد ذرات الهيليوم (atoms)}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol من الهيليوم}}$$

عوض 5.50×10^{22} atoms من He

$$\frac{5.50 \times 10^{22} \text{ atoms من He}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol من He}}$$

ضرب وقسمة الأرقام والوحدات

= 0.0914 mol من He

لتحويل عدد المولات إلى كتلة، اضرب في الكتلة المولية

طبق العلاقة

كتلة الهيليوم بالجرامات = عدد مولات الهليوم (mol) × الكتلة المولية للهيليوم (g/mol)

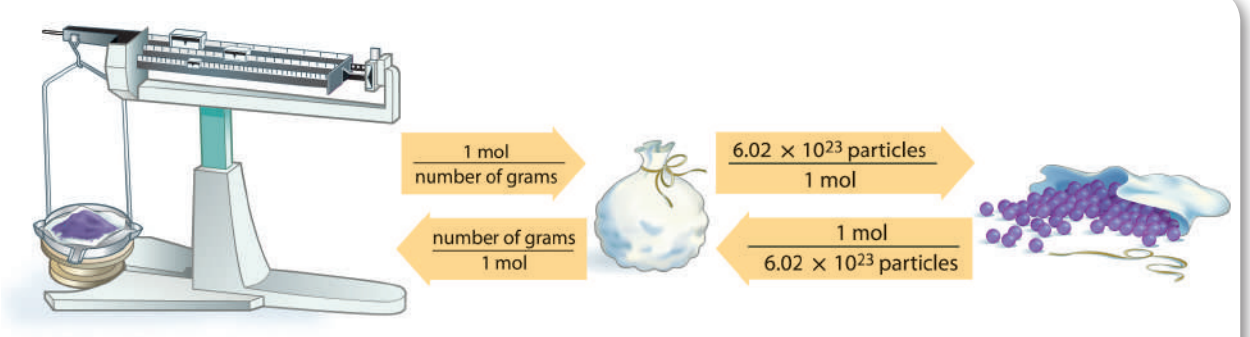
عوض عدد مولات He = 0.0914 mol الكتلة المولية He = 4.00 g /mol، وأوجد الحل

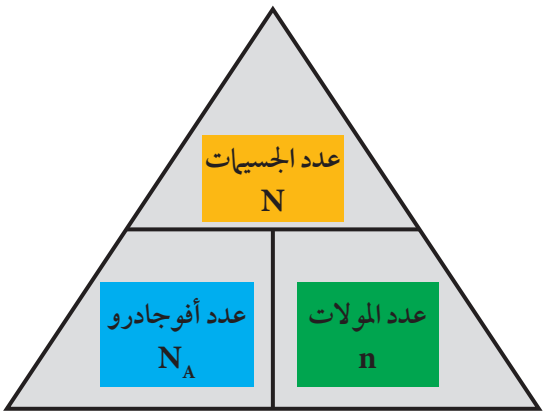
$0.0914 \text{ mol من He} \times 4.00 \text{ g/mol من He} = 0.366 \text{ g من He}$

3 تقويم الإجابة

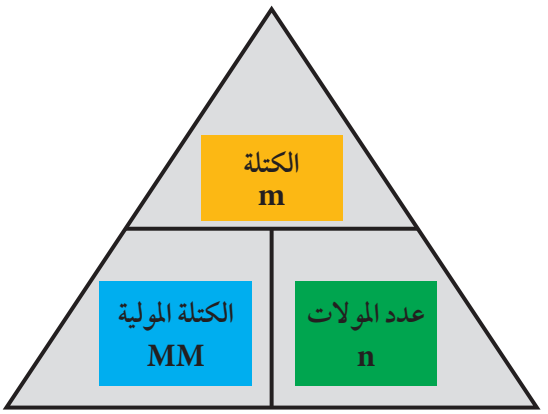
عُبر عن الجواب بالوحدة الصحيحة (g).

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 4-6)**





العلاقة بين عدد المولات وعدد الجسيمات.



العلاقة بين عدد المولات والكتلة.

الشكل 4-6 يعد المول أساس التحويل ما بين الكتلة والجسيمات (الذرات،الأيونات،الجزيئات). في الشكل تمثل الكتلة في الميزان والمولات في علبة تحتوي على الجسيمات، والجسيمات تنتشر من العلبة. تحتاج إلى خطوتين للتحويل من الكتلة إلى الجسيمات أو العكس.

مسائل تدريبية

7. احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يلي:

a. 3.57 mol من Al

b. 42.6 mol من Si

8. احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يلي :

a. 3.54×10^{2} mol من Co

b. 2.45×10^{-2} mol من Zn

9. احسب عدد المولات في كلٍّ مما يلي:

a. 25.5 g من Ag

b. 300.0 g من S

10. ما عدد الذرات في 11.5 g من الزئبق؟

11. ما كتلة 1.50×10^{15} atoms من N ؟

12. احسب عدد الجسيمات في كل مما يلي:

a. 4.56×10^{3} g من السيليكون Si

b. 0.120 kg من التيتانيوم Ti

13. تحدّ حوّل كلًّا من الكتل الآتية إلى مولات:

a. 1.25×10^{3} g من Zn

b. 1.00 kg من Fe

الربط مع علم الأحياء يكتشف علماء الخلية بروتينات جديدة باستمرار. وبعد اكتشاف جزيء حيوي جديد يقوم عالم الأحياء بتعيين الكتلة المولية للمركب باستعمال تقنية مطياف الكتلة، الذي يوفر ـ بالإضافة إلى الكتلة المولية ـ معلومات إضافية تساعد على الكشف عن التركيب الكيميائي للمركب.

تقويم الدرس 1-4

الخلاصة

- المول وحدة تستخدم لعد جسيمات المادة بشكل غير مباشر. المول الواحد من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.
- الجسيمات تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، وجسيمات أخرى مشابهة.
- المول الواحد من ذرات الكربون-12 له كتلة مقدارها 12 g تمامًا.
- تسمى الكتلة بالجرامات لواحد مول 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 بين عدد المولات وكتلة العينة.

1. **الفكرة الرئيسة** **فسّر** لماذا يستخدم الكيميائيون المول؟
2. **اذكر** العلاقة الرياضية بين عدد أفوجادرو والمول.
3. **فسّر** وجه الشبه بين المول والدرزن.
4. **طبّق** كيف يعد الكيميائي عدد الجسيمات في عدد معين من مولات المادة.
5. **احسب** الكتلة لـ 0.25 mol من ذرات الكربون-12.
6. **احسب** عدد الجسيمات 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
7. **رتب** العينات الثلاث الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب عدد الجسيمات:
   1.25×10^{25} atoms من الخارصين Zn
   3.56 mol من الحديد Fe
   6.78×10^{22} molecules من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$
8. **لخص** بدلالة الجسيمات والكتلة، كميات مول واحد من مادتين مختلفتين أحاديتي الذرات؟
9. **اشرح** كيف تربط الكتلة المولية كتلة الذرة بكتلة مول واحد من الذرات.
10. **صف** الخطوات اللازمة لتحويل كتلة العنصر إلى عدد ذراته.
11. **رتّب** الكميات الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب الكتلة: 1.0 mol من Ar، 3.0×10^{24} atoms من Ne، 20 g من Kr.
12. **حدِّد** الكمية التي تحسب بقسمة الكتلة المولية للعنصر على عدد أفوجادرو.

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 استهلكها المتنبي مثلاً، أو آينشتين، أو جان دارك..! كيف يمكن لكأسين من الماء في زمنين مختلفين أن تحويا بعضًا من 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 فيحتوي على 230 g من الماء. وباستعمال 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، وباستعمال تحليل الوحدات يمكنك تحويل جرامات الماء في الكأس إلى مولات، ثم تحويل هذه المولات إلى جزيئات باستعمال عدد أفوجادرو.

$$\frac{230\ \text{g من الماء}}{\text{كأس}} \times \frac{1\ \text{mol من الماء}}{18\ \text{g من الماء}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{molecules من الماء}}{1\ \text{mol من الماء}}$$

$= 8 \times 10^{24}$ جزيء من الماء / كأس

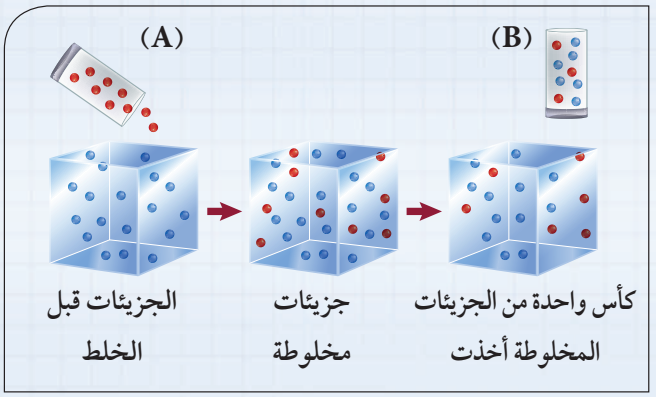
كما يمكنك حساب عدد كؤوس الماء المتوافرة للشرب على النحو الآتي:

$$1.4 \times 10^{24}\ \text{g ماء} \times \frac{1\ \text{كأس ماء}}{230\ \text{g ماء}} = 6 \times 10^{21}\ \text{كأس}.$$

إذن، يوجد 8×10^{24} molecules في كأس واحدة من الماء، و6×10^{21} كأس ماء على الأرض. ولو قارنت بين هذين الرقمين فسترى أن عدد جزيئات الماء في الكأس الواحدة أكثر بألف مرة من عدد كؤوس الماء على الأرض.

الكتابة في الكيمياء

قدّر يمكن استعمال طريقة التقدير المتبعة في هذه المقالة في إجراء أنواع أخرى من الحسابات. لذا، استعمل هذه الطريقة لتقدير الكتلة الكلية للطلبة في مدرستك.



الشكل ١ 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 افرض 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؟

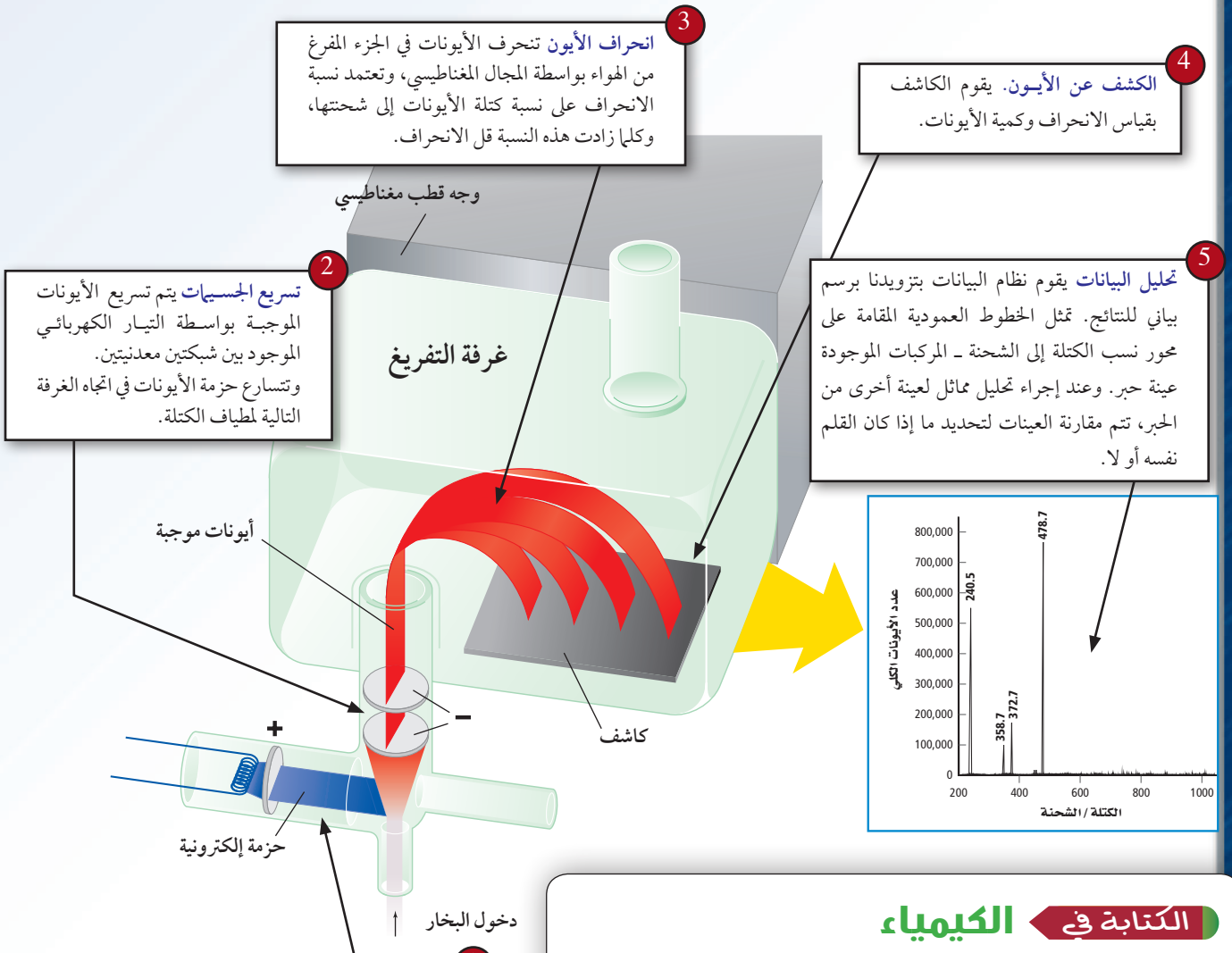
كما هو موضح في **الشكل 1**، من المرجح أن الكأسين ستشتركان في عدد من جزيئات الماء. لماذا؟ لأن عدد جزيئات الماء في الكأس أكثر بألف مرة من عدد الكؤوس في الحاوية. وبهذا المعدل فإن الكأس الثانية ستحتوي على 1000 molecules تقريبًا كانت في الكأس الأولى.

قوة الأرقام الكبيرة. فكّر في كمية الماء التي مرت في جسم المتنبي أو آينشتاين أو جان دارك، خلال حياتهم– وهي أكبر بكثير 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.

* للإطلاع فقط.

مطياف الكتلة Mass Spectrometer

تخيل أن كيميائي البحث الجنائي بحاجة إلى تعرّف الحبر المستعمل في سجل ما لفحص إمكانية التزييف. يمكن للعالم أن يقوم بتحليل الحبر مستعملاً جهاز مطياف الكتلة المبين في الصورة المجاورة. يقوم جهاز مطياف الكتلة بتكسير المركبات في عينة مادة غير معروفة إلى أجزاء أصغر، ومن ثم يتم فصل هذه الأجزاء بحسب كتلتها، وبذلك يمكن تحديد التركيب الحقيقي للعينة. ويعد جهاز مطياف الكتلة من أهم التقنيات لدراسة المواد غير المعروفة.



الكتابة في الكيمياء

لخـص ابحث عن حالة تم فيها استعمال جهاز مطياف الكتلة للتمييز بين أنواع مختلفة من الحبر، واكتب ملخصًا عن الطريقة والنتائج.

* للإطلاع فقط.

ملخص الدراسة

الفكرة العامة الكيمياء علم أساسي في حياتنا، يحاول فهم المادة من حولنا.

1-1 الكيمياء والمادة

الفكرة الرئيسة يتناول علم الكيمياء دراسة الأشياء من حولنا والمتكونة من أنواع مختلفة من المادة.

المفردات

- الكيمياء
- المادة الكيميائية
- الكتلة
- النموذج
- قانون حفظ الكتلة
- نظرية دالتون

المفاهيم الرئيسة

- الكيمياء هي دراسة المادة.
- المادة الكيميائية هي مادة لها تركيب محدد وثابت.
- الكتلة هي مقياس كمية المادة.
- النماذج أدوات يستعملها العلماء، وكذلك الكيميائيون.
- ملاحظات العين المجردة للمادة تعكس سلوك الذرات في هذه المادة.
- يشير قانون حفظ الكتلة إلى أن الكتلة تبقى ثابتة في أي عملية تحول للمادة.
- تعتمد نظرية جون دالتون الذرية على عدد كبير من التجارب العملية.

1-2 مكونات الذرة

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

المفردات

- الذرة
- النواة
- أشعة الكاثود
- البروتون
- الإلكترون
- النيوترون

المفاهيم الرئيسة

- الذرة أصغر جزء في العنصر له خواص العنصر.
- شحنة الإلكترون (-1) والبروتون (+1) والنيوترون ليس له شحنة.
- معظم حجم الذرة فراغ يحيط بالنواة.

1-3 كيف تختلف الذرات؟

الفكرة الرئيسة عدد البروتونات والعدد الكتلي يحددان نوع الذرة.

المفردات

- العدد الذري
- العدد الكتلي
- النظائر
- الكتلة الذرية
- وحدة الكتلة الذرية (amu)

المفاهيم الرئيسة

- العدد الذري هو عدد البروتونات في نواة الذرة. أما العدد الكتلي فهو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات فيها.
- ذرات العنصر الواحد التي تختلف في عدد النيوترونات تسمى النظائر.
- الكتلة الذرية لأي عنصر هي متوسط كتل نظائر العنصر الموجودة في الطبيعة.
- نستخدم وحدة الكتلة الذرية لقياس كتلة الذرات.

1-4 قياس المادة - المول

الفكرة الرئيسة يحتوي المول دائمًا على العدد نفسه من الجسيمات، ومع ذلك، فمولات العناصر المختلفة لها كتل مختلفة.

المفردات

- المول
- عدد أفوجادرو
- الكتلة المولية

المفاهيم الرئيسة

- المول وحدة تستخدم لعدِّ جسيمات المادة بشكل غير مباشر. 1 مول من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.
- الجسيمات تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، والإلكترونات، وجسيمات أخرى مشابهة.
- المول الواحد من ذرات الكربون-12 له كتلة مقدارها 12 g تمامًا.
- تسمى كتلة المول الواحد بالجرامات من أي مادة نقية بالكتلة المولية.
- الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية.
- الكتلة المولية لأي مادة هي كتلة عدد أفوجادرو من الجسيمات لهذه المادة.

1-1

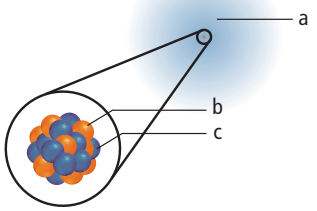
إتقان المفاهيم

1. عرف كلًّا من المادة الكيميائية، والكيمياء.
2. مَن أول مَن اقترح مفهوم أن المادة مكونة من أجزاء صغيرة لا يمكن تجزئتها؟
3. مَن العالم الذي اعتُبر عمله بداية تطور النظرية الذرية الحديثة؟
4. اذكر النقاط الرئيسة لنظرية دالتون الذرية مستعملًا لغتك الخاصة. أي أجزاء نظرية دالتون تبيَّن مؤخرًا أنه خطأ؟ فسِّر.
5. **حفظ الكتلة** وضح كيف قدمت لنا نظرية دالتون الذرية شرحًا مقنعًا عن ملاحظاتنا حول حفظ الكتلة في التفاعل الكيميائي.
6. عرف المادة وأعط مثالين من حياتنا اليومية.
7. قرأت أن «تريليون ذرة يمكن أن توضع فوق نقطة في نهاية هذه الجملة». اكتب العدد تريليون مبينًا أصفاره.

1-2

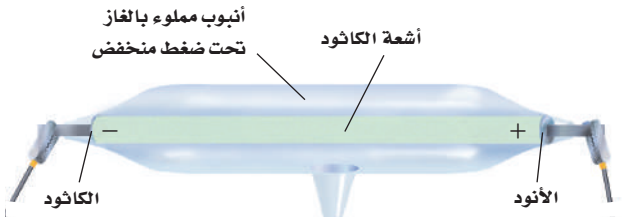
إتقان المفاهيم

8. ما الجسيمات التي توجد في نواة الذرة؟ وما شحنة النواة؟
9. كيف كانت الشحنة الكلية موزعة في نموذج طومسون الذري؟
10. كيف أثر توزيع الشحنة في نموذج طومسون في جسيمات ألفا التي مرت خلال الذرة؟
11. سَمِّ مكونات الذرة المبينة في **الشكل 1-7**.



الشكل 1-7

12. رتب مكونات الذرة: النيوترون، الإلكترون، البروتون حسب كبر كتلتها.
13. فسِّر سبب تعادل الذرات كهربائيًّا.
14. ما شحنة نواة ذرة العنصر الذي عدده الذري 89؟
15. ما الجسيمات المسؤولة عن معظم كتلة الذرة؟
16. إذا كان لديك ميزان يمكنه تحديد كتلة البروتون. ما عدد الإلكترونات التي تزن بروتونًا واحدًا؟
17. **أنابيب أشعة الكاثود**. ما الجسيمات المكونة للذرة التي اكتشفها العلماء باستعمال أنابيب أشعة الكاثود؟
18. ما نتائج التجربة التي أدت إلى استنتاج أن الإلكترون جسيم موجود في جميع المواد؟



الشكل 1-8

19. **أشعة الكاثود** استعمل البيانات في **الشكل 1-8**. لتفسير اتجاه أشعة الكاثود داخل أنبوب أشعة الكاثود.
20. وضح باختصار كيف اكتشف راذرفورد النواة؟
21. **انحراف الجسيمات** ما الذي سبب انحراف جسيمات ألفا في تجربة راذرفورد؟
22. **شحنة أشعة الكاثود** كيف تم استعمال المجال الكهربائي لتحديد شحنة أشعة الكاثود؟

1 تقويم الفصل

23. وضح ما الذي يبقي الإلكترون في الفراغ المحيط بالنواة؟

24. ما الحجم التقريبي للذرة؟

25. صور الذرات ما التقنية المستعملة لتصوير الذرات منفردة؟

26. ما نقاط القوة والضعف في نموذج راذرفورد للذرة؟

1-3

إتقان المفاهيم

27. فيم تختلف نظائر عنصر ما؟ وفيم تتشابه؟

28. كيف يرتبط العدد الذري للذرات بعدد البروتونات، وكذلك بعدد الإلكترونات؟

29. كيف يرتبط العدد الكتلي للذرة بعدد البروتونات وعدد النيوترونات؟

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

31. ما الذي يمثله كل من العدد المكتوب أعلى رمز العنصر والعدد المكتوب في أسفله لعنصر البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ ؟

32. الوحدات القياسية عرف وحدة الكتل الذرية. ما فوائد تطوير وحدة الكتل الذرية كوحدة قياسية للكتلة؟

33. النظائر هل العناصر الآتية نظائر؟ فسِّر إجابتك.

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

34. هل وجود النظائر يناقض نظرية دالتون الذرية؟ فسِّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

35. ما عدد البروتونات و الإلكترونات الموجودة في ذرة العنصر 44؟

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

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

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

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

40. الكبريت S بين كيف تساوي الكتلة الذرية لعنصر الكبريت 32.065 amu.

41. أكمل الفراغات في الجدول الآتي:

جدول 5-1 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		

42. ما عدد الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات الموجودة في ذرة كل من العناصر الآتية؟

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

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

43. ما عدد الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد في كل ذرة من الذرات الآتية بالرجوع إلى الجدول الدوري؟

a. Ga– 69 **c.** F– 23

b. Ti– 48 **d.** Ta–181

44. في كل من الرموز الكيميائية الآتية، حدد عدد البروتونات والإلكترونات التي توجد في ذرة العنصر بالرجوع إلى الجدول الدوري.

a. فاناديوم V **c.** منجنيز Mn

b. إيريديوم Ir **d.** كبريت S

45. الكتلة الذرية المتوسطة للفضة Ag الفضة لها نظيران في الطبيعة: $^{107}_{47}Ag$ وله كتلة ذرية مقدارها 106.905 amu، ونسبة وجوده 52.00%، والنظير الآخر $^{109}_{47}Ag$ له كتلة ذرية 108.905 amu ونسبة وجوده 48.00%. ما الكتلة الذرية المتوسطة للفضة؟

46. البيانات المتعلقة بنظائر الكروم الأربعة مبينة في الجدول **1-6** احسب الكتل الذرية المتوسطة للكروم.

جدول **1-6** 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

1-4

إتقان المفاهيم

47. ما القيمة العددية لعدد أفوجادرو؟

48. كم ذرة في مول واحد من البوتاسيوم؟

49. ما أهمية وحدة المول للكيميائي؟

50. وضح كيف يستخدم عدد أفوجادرو كمعامل تحويل؟

51. وضح الفرق بين الكتلة الذرية والكتلة المولية.

52. أيهما يحوي ذرات أكثر: مول واحد من الفضة، أم مول واحد من الذهب؟ فسِّر إجابتك.

53. أيهما أكبر كتلة: مول واحد من الصوديوم أم مول واحد من البوتاسيوم؟ فسِّر إجابتك.

54. وضح كيف تحول عدد ذرات عنصر إلى كتلة؟

55. ناقش العلاقات بين المول، والكتلة المولية، وعدد أفوجادرو.

إتقان حل المسائل

56. احسب عدد الجسيمات في كل مادة:

a. 0.25 mol من Ag

b. 8.56×10^{-3} mol من NaCl

c. 35.3 mol من CO_2

d. 0.425 mol من N_2

57. ما عدد الجزيئات في كل من المركبات الآتية؟

a. 1.35 mol من CS_2

b. 0.254 mol من As_2O_3

c. 1.25 mol من H_2O

d. 150.0 mol من HCl

58. احسب عدد المولات في كل مما يلي:

a. 3.25×10^{20} atoms من الرصاص

b. 4.96×10^{24} molecules من الجلوكوز

59. أجر التحويلات الآتية:

a. 1.51×10^{15} atoms من Si إلى مولات.

b. 4.25×10^{-2} mol من H_2SO_4 إلى جزيئات.

c. 8.95×10^{25} molecules من CCl_4 إلى مولات.

d. 5.90 mol من Ca إلى ذرات .

60. إذا استطعت عدّ ذرتين في كل ثانية، فكم سنة تحتاج لعد مول واحد من الذرات؟

61. احسب كتلة كل مما يلي:

a. 5.22 mol من He

b. 2.22 mol من Ti

c. 0.0455 mol من Ni

62. أجر التحويلات الآتية:

a. 3.5 mol من Li إلى جرامات

b. 7.65 g من Co إلى مولات

c. 5.65 g من Kr إلى مولات

63. ما كتلة العنصر بالجرامات في كل من :

a. 1.33×10^{22} mol من Sb

b. 4.75×10^{14} mol من Pt

c. 1.22×10^{23} mol من Ag

d. 9.85×10^{24} mol من Cr

64. أكمل الجدول **1-4**:

جدول(1-4) بيانات الكتلة، والمول، والجسيمات

الكتلة	المولات	الجسيمات
	3.65 mol من Mg	
29.54 g من Cr		
		3.54×10^{25} atoms من P
	0.568 mol من As	

65. حول عدد الذرات فيما يلي إلى جرامات:

a. 8.65×10^{25} atom من H

b. 1.25×10^{22} atom من O

66. احسب عدد الذرات في كل عنصر مما يلي:

a. 0.034 g من Zn

b. 0.124 g من الماغنيسيوم

67. رتب تصاعديًّا بحسب عدد المولات:

3.00×10^{24} atoms من Ne، 4.25 mol من Ar ، 2.69×10^{24} atoms من Xe، 65.96 g من Kr

68. أيهما يحوي ذرات أكثر: 10.0 g من C، أم 10.0 g من Ca؟ وكم ذرة يحوي كل عنصر منهما؟

69. أيهما يحتوي على أكبر عدد من الذرات 10.0 mol من C أم 10.0 mol من Ca؟

70. خليط مكون من 0.250 mol من Fe و 1.20 mol من C ما عدد الذرات الكلي في هذا الخليط؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ ممّا يلي لا ينبغي عمله في المختبر؟

a. قراءة ما كُتب على العبوات قبل استعمال محتوياتها.

b. إعادة ما بقي 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 .

2. 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.

3. أي مما يلي لا يصف المول؟

a. وحدة تستخدم للعد المباشر للجسيمات.

b. عدد أفوجادرو من جزيئات مركب.

c. عدد الذرات في 12 g من 12 -C النقي.

d. وحدة النظام الدولي لكمية المادة.

4. إذا علمت أن الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم NaOH تساوي 40.0 g/mol. فما عدد المولات في 20.00 g منه؟

a. 0.50 mol

b. 1.00 mol

c. 2.00 mol

d. 4.00 mol

5. كم ذرة في 116.14 g من Ge؟

(الكتلة المولية = 72.59 g/mol).

a. 2.73×10^{25} atoms

b. 6.99×10^{25} atoms

c. 3.76×10^{23} atoms

d. 9.63×10^{23} atoms

6. ما كتلة جزيء واحد من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$؟

(الكتلة المولية = 180 g/mol).

a. 6.02×10^{-23} g

b. 2.99×10^{-22} g

c. 2.16×10^{25} g

d. 3.34×10^{21} g

7. ما عدد ذرات الأكسجين في 18.94 g من $Zn(NO_3)_2$؟ (الكتلة المولية = 189 g/mol).

a. 3.61×10^{23} atom

b. 1.81×10^{23} atom

c. 6.02×10^{22} atom

d. 1.14×10^{25} atom

8. إذا علمت أن الكتلة المولية للفورمالدهيد تساوي 30.0 g/mol، كم جرامًا يوجد في 2.000 mol من الفورمالدهيد؟

a. 30.00 g

b. 60.06 g

c. 182.0 g

d. 200.0 g

اختبار مقنن

9. المسؤول عن معظم حجم الذرة:

a. البروتونات **b**. النيوترونات

c. الإلكترونات **d**. حجم الفراغ

10. لماذا تساوي الشحنة الكهربائية للذرة صفرًا؟

a. الجسيمات الذرية لا تحمل شحنات كهربائية.

b. الشحنات الموجبة للبروتونات تساوي الشحنات السالبة للنيوترونات.

c. الشحنات الموجبة للنيوترونات تساوي الشحنات السالبة للإلكترونات.

d. الشحنات الموجبة للبروتونات تساوي الشحنات السالبة للإلكترونات.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين **11** و**12** .

خواص نظائر النيون في الطبيعة

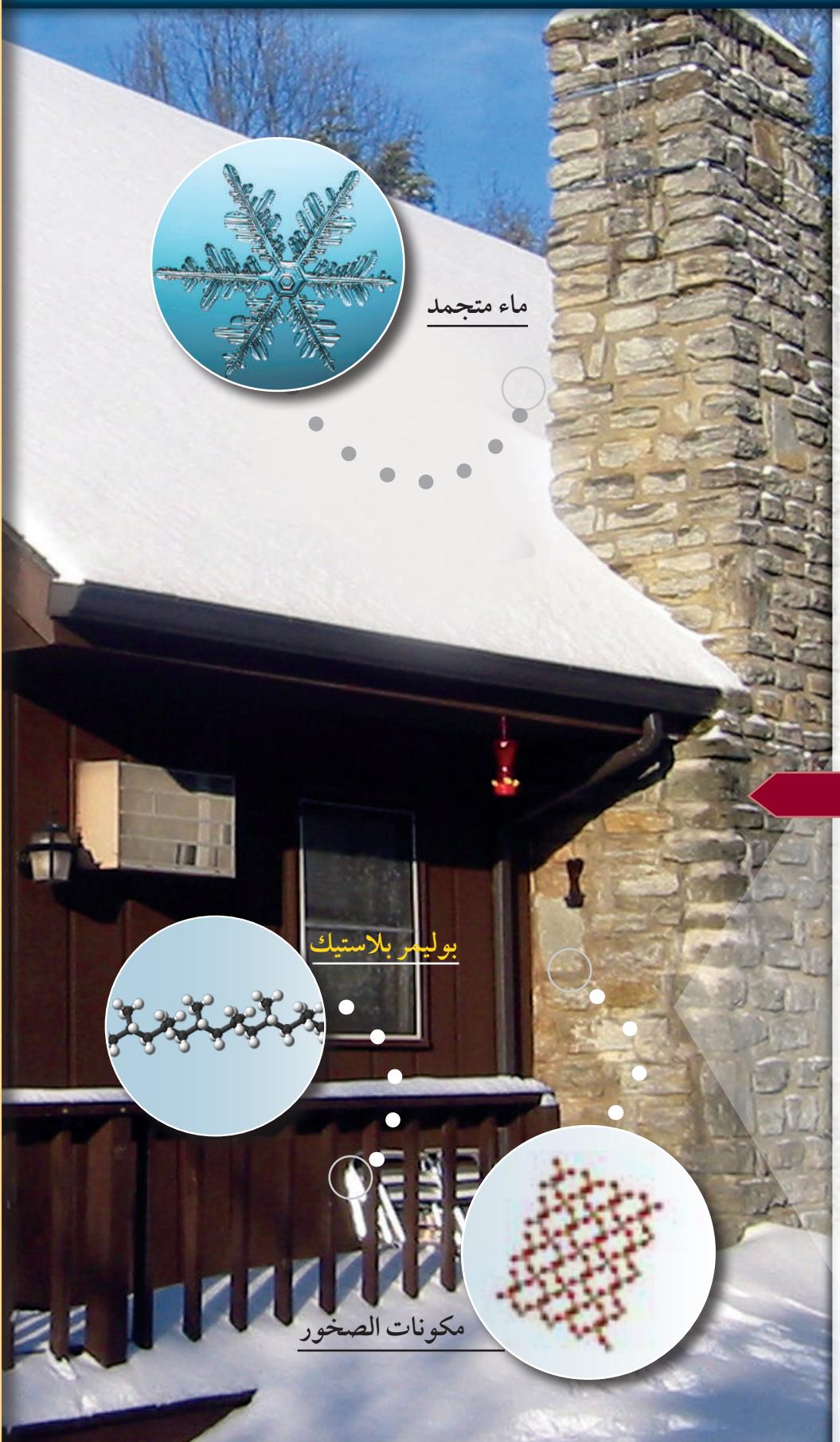
النظير	العدد الذري	الكتلة (amu)	النسبة المئوية لوجودها
^{22}Ne	10	19.992	90.48
^{22}Ne	10	20.994	0.27
^{22}Ne	10	21.991	9.25

11. اكتب عدد البروتونات، والإلكترونات، والنيوترونات لكل نظير في الجدول أعلاه.

12. احسب الكتلة الذرية المتوسطة للنيون، مستعملا البيانات في الجدول أعلاه.

الفصل 2

من العناصر إلى المركبات
From Elements To Compounds



الفكرة العامة

تختلف المركبات الكيميائية باختلاف نوع وعدد ذرات العناصر المكونة لها.

2-1 ترتيب العناصر

الفكرة الرئيسة يستخدم الجدول الدوري لتنظيم وترتيب العناصر الكيميائية.

2-2 المركبات الكيميائية

الفكرة الرئيسة المركب مكون من عنصرين أو أكثر متحدين معًا.

2-3 تسمية المركبات البسيطة

الفكرة الرئيسة لا يمكن حفظ الأسماء الشائعة لكل المركبات الكيميائية إذ أنها تُعدّ بالملايين. ولتسهيل التعرف على المركبات اعتمد الكيميائيون على طريقة منهجية في التسمية.

حقائق كيميائية

- الماء هو المادة الكيميائية الوحيدة التي توجد في الطبيعة في الحالات: الصلبة، والسائلة، والغازية، وتغطي 70% من سطح الأرض.
- تطورت صناعة البلاستيك بفضل المركبات التي تم اكتشافها خلال تحولات مادة النفط.
- يعتبر ثاني أكسيد السيليكون SiO_2 من المكونات الأساسية للرمل والصخور.

نشاط استهلالي

كيف يمكن ملاحظة تأثير الشِّحنات الكهربائية؟

تلعبُ الشحنات الكهربائية دورًا مهمًّا في تركيب الذرة.

خطوات العمل:

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. قص قطعًا صغيرة من **الورق**، ثم وزعها على الطاولة.
3. مـرر **مشطًا بلاستيكيًّا** خلال شعرك وقربه من قطع الورق. سجل ملاحظاتك.
4. أحضر **قطعتين من شريط لاصق طول كل منهما 10 cm**. اثنِ سنتمترًا واحدًا من كل قطعة على نفسها لتكون مقبضًا. ألصق قطعتي اللاصق بشدة على مكتبك، ثم انزعهما بسرعة عن المكتب، وقرب إحداهما إلى الأخرى، بحيث تكون الجوانب غير اللاصقة متقابلة. سجل ملاحظاتك.
5. ألصق قطعة ثالثة من اللاصق على مكتبك، وألصق قطعة رابعة من اللاصق فوقها. ثم انزعهما عن المكتب بسرعة، وأبعد إحداهما عن الأخرى. قرب القطعتين من جديد بحيث تكون الجوانب غير اللاصقة متقابلة. سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. **فسِّر** ملاحظاتك مستعملًا معرفتك عن الشحنة الكهربائية. حدد أيّ الشحنات متشابهة؟ وأيّها مختلفة؟
2. **وضح** كيف استطعت الإجابة عن التساؤل رقم (1)؟
3. **استنتج** لماذا انجذبت القطع غير المشحونة للمشط المشحون في الخطوة 3 أعلاه؟

استقصاء كيف يمكنك ربط الشحنات المختلفة التي لاحظتها بتركيب المادة؟

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يُتوقع من الطالب أن يكون قادرا على:

- توضيح المفاهيم المتعلقة بالعناصر والمركبات.
- تتبع مراحل تطور الجدول الدوري للعناصر وشرح ملامحه الرئيسية.
- توضيح الطرق والقواعد المتعلقة بترتيب وتصنيف العناصر وارتباطها ببعضها بعضاً وتطبيقها في أوضاع مختلفة.
- تصميم تجارب رقمية وبناء نماذج تتعلق بتحول الذرات إلى أيونات وإلى مركبات.
- شرح كيفية تكوين المركبات.
- توظيف المفاهيم والقواعد في تطبيقات تتعلق بالطريقة المنهجية لتسمية المركبات البسيطة.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل وأنشطته ارجع إلى الموقع الإلكتروني لوزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين

www.moe.gov.bh

ترتيب العناصر

Arrangement of The Elements

تساؤلات جوهرية

- لماذا رتبت العناصر في جدول؟
- كيف تم تصميم الجدول الدوري للعناصر؟

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

العنصر

الجدول الدوري للعناصر

المجموعة

الدورة

العناصر المثالية

العناصر الإنتقالية

الهالوجينات

الغازات النبيلة

فلز – لا فلز – شبه فلز

الفكرة الرئيسة **يستخدم الجدول الدوري لتنظيم وترتيب العناصر الكيميائية.**

الربط بواقع الحياة تخيّل صعوبة عملية التسوق إذا اختلط كل من التفاح والكمثرى والبرتقال والخوخ بعضه ببعض في سلة واحدة. إن تصنيف الأشياء حسب خواصها يصبح أكثر فائدة. لذا يقوم العلماء بتصنيف العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

العناصر Elements

رغم أن للمادة أشكالًا كثيرة إلا أنه يمكن فصل مكوناتها إلى عدد صغير من الوحدات البنائية الأساسية تسمى العناصر. **والعنصر** مادة كيميائية نقية لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر منها بطرائق فيزيائية أو كيميائية. هناك 92 عنصرًا موجودًا في الطبيعة. ومن هذه العناصر: النحاس، والأكسجين، والذهب، وهناك أيضًا عدة عناصر لا توجد في الطبيعة، ولكن 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. وعادة تُشكّل الحروفُ الأولى من اسم العنصر رمزَه الكيميائي المعترف به، مثل الأكسجين Oxygen: O والكربون Carbon:C والباريوم Barium:Ba، إلاّ أنّ رموز بعض العناصر حافظت على أصلها منذ بداية اكتشافها مثل البوتاسيوم ورمزه منسوب إلى اسمه العربي : القَلْية ، والصوديوم Na نسبة إلى الاسم اللاتيني : Natrium... الجدول **1-1** يبيّن بعض أسماء هذه العناصر ورموزها. ومن المعروف أن أسماء العناصر ورموزها متفق عليها عالميًّا من قبل العلماء لتسهيل التواصل بينهم. ولاتتوافر العناصر في الطبيعة على نحْو متساو. فالهيدروجين H يشكل 75% من كتلة الكون، في حين يشكل الأكسجين O والسيليكون 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 الطبيعية؛ إذ يقدَّر وجوده بأقل من 20 g موزعة في قشرة الأرض. توجد العناصر في حالات فيزيائية مختلفة في الظروف العادية، كما هو مبين في **الشكل 1-1**.

المفردات

مفردات علمية

العنصر (Element)

المادة النقية التي لا يمكن فصلها لمواد أبسط منها بطرائق كيميائية بسيطة. الرصاص من أثقل العناصر.

جدول 1-1 التسمية الأصلية لبعض العناصر.

الاسم الحالي		الاسم الأصلي	الرمز
الحديد	Iron	Ferrum	Fe
الفضة	Silver	Argentum	Ag
الذهب	Gold	Aurum	Au
الرصاص	Lead	Plumbum	Pb
البوتاسيوم	Potassium	القَلْية Kalium	K
الصوديوم	Sodium	Natrium	Na
النحاس	Copper	Cuprium	Cu

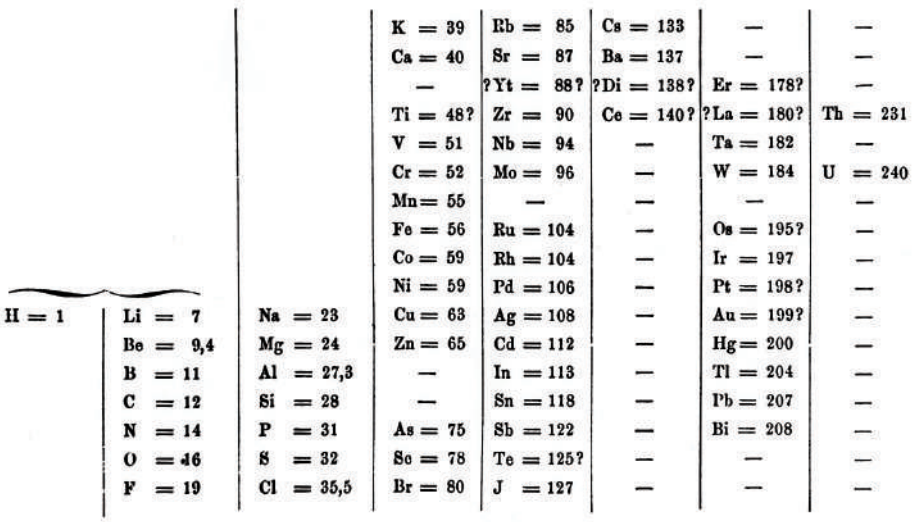
نظرة أولية على الجدول الدوري مع ازدياد عدد العناصر المكتشفة في بدايات القرن التاسع عشر بدأ العلماء يلاحظون أنماط التشابه بين العناصر في الخواص الفيزيائية والكيميائية ودراستها. وقد صمم العالم الروسي ديمتري مندليف Dmitri Mendeleev (1834-1907) جدولاً كما في **الشكل 2-1** نظم فيه جميع العناصر التي كانت معروفة في ذلك الوقت. كان تصنيفه قائماً على التشابهات بين العناصر وكتلها. وهو يعد النسخة الأولى مما سمي بعد ذلك **الجدول الدوري للعناصر**.

وعاء نحاس - صلب

محلول زئبق - سائل

بالون هيليوم - غاز

الشكل 1-1 توجد العناصر في حالات مختلفة في الظروف العادية.



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

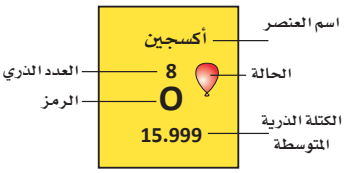
الشكل 2-1 كان مندليف من أوائل العلماء الذين رتبوا العناصر بطريقة دورية، كما هو مبين في الجدول. لاحظ الأنماط الدورية في خواص العناصر.

الجـدول الـدوري الحـديث
The Modern Periodic Table

ينظـم الجـدول الـدوري الحديث العنـاصر في شـبكة ويتكون الجـدول الدوري الحديـث مـن مجموعـة مربعات، يحتـوي كل مربع على اسـم العنصر ورمـزه وعدده الذري وكتلته الذرية. ويوضح **الشكل 3–1** أحد هذه المربعات. وقد رتبت العناصر تصاعديًّا وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة تُعرف **بالمجموعات** أو العائلات، وفي صفوف تُعرف **بالدورات**. وسمي الجدول دوريًّا لأن نمط الخواص المتشابهة يتكـرر مـن دورة إلى أخـرى. يمكنك الاطـلاع على الجدول الحديـث مكتملًا في آخـر هـذا الكتـاب. ويوضح **الشـكل 4–1** ملامـح الجدول الـدوري الحديث ويحتـوي على 7 دورات و18 مجموعة. فمثلاً، تحتوي الدورة الرابعة على البوتاسـيوم والكالسـيوم، في حـين يوجـد الكـروم Cr في العمـود السـادس من اليسـار، أيْ في المجموعة السادسة. ويوجد الأكسجين في المجموعة 16. لعناصر المجموعات 1 و 2 ومن 13 إلى 18 العديد من الخواص الفيزيائية والكيميائية، ولهذا السـبب يشـار إليها بعناصر المجموعات الرئيسة أو **العناصر المثالية**. ويُشار إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 **بالعناصر الانتقالية**. كما تُصنّف العناصر إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات.

ماذا قرأت؟ عرّف المجموعات والدورات.

الشـكل 3-1 تحتـوي المربعـات في الجـدول الـدوري على اسـم العنصر والرمـز الكيميائـي والعـدد الـذري والكتلة الذرية المتوسطة وحالة المادة.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Hydrogen H هيدروجين							فلزات										Helium He هيليوم
Lithium Li ليثيوم	Beryllium Be بيريليوم						فلزات انتقالية					Boron B بورون	carbon C كربون	Nitrogen N نيتروجين	Oxygen O أكسجين	Fluorine F فلور	Neon Ne نيون
Sodium Na صوديوم	Magnesium Mg ماغنيسيوم						شبه فلزات					Aluminium Al ألومنيوم	Silicon Si سيليكون	Phosphorus P فوسفور	Sulfur S كبريت	Chlorine Cl كلور	Argon Ar أرجون
Potassium K بوتاسيوم	Calcium Ca كالسيوم				Chromium Cr كروم		لا فلزات									Bromine Br بروم	
										Silver Ag فضة						Iodine I يود	
	Barium Ba باريوم									Gold Au ذهب	Mercury Hg زئبق		Lead Pb رصاص				

الشـكل 4-1 العناصر المهمة الأكثر استخداما في الكيمياء - الزئبق Hg هو الفلز الوحيد في الحالة السائلة.

الفلـزات تُسـمى العناصر التي تكون ملسـاء ولامعـة وصلبة في درجة حـرارة الغرفة وجيـدة التوصيل للحـرارة والكهرباء **بالفلـزات**. ويمتاز معظمها بالليونـة والقابلية للطَّرْق والسـحب؛ إذ يمكـن تحويلها إلى صفائح رقيقة، وسـحبها إلى أسـلاك رفيعة **(الشكل 5–1)**. وتعد معظم **العناصر المثالية** والعناصر الانتقالية فلزات.

اللافلـزات توجـد اللافلزات في الجـزء العلوي الأيمن من الجدول الـدوري. وقد تم تمثيلهـا بالمربعات الصفراء، كما في **الشـكل 4–1**، وغالبًا ما تكـون **اللافلزات** غازات أو مواد صلبة هشـة ذات لون داكن، وتعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. وُضِع الهيدروجـين في مجموعـة الفلزات رغم أنه عنصر لافلـزي، وذلك لأنه يمثل العنصر الأول في الجدول الدوري باعتبار عدده الذري الذي يسـاوي 1، ولأنه يشـبه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية.

أشباه الفلزات **لأشباه الفلزات** خواص فيزيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات معًـا. فالسـيليكون Si والجيرمانيوم Ge من أشـباه الفلزات المهمة المسـتخدمة بكثرة. **(الشكل 6–1)**

الربط مع علم الأحياء يُعـدُّ البروم Br اللافلز الوحيد السـائل عند درجة حرارة الغرفة. أما الأكسـجين أكثر العناصر وفرة في جسـم الإنسان، حيث يشكل 65% من كتلته. وتتألف المجموعة 17 من عناصر شـديدة التفاعل تعرف باسـم **الهالوجينات**. وكما هي عناصر المجموعة 1 والمجموعة 2، فإن الهالوجينات عادة ما تكون جزءًا من مركب. وتضاف المركبات التي تحتوي على الفلور إلى معجون الأسـنان وماء الشرب لحماية الأسـنان من التسوس. وتسـمى عناصر المجموعة 18 **بالغازات النبيلة** وتعرف بالغـازات الخاملة لأنها لا تتفاعل تلقائيًا بسـهولة، وتسـتخدم في المصابيح الكهربائية وإشارات (لوحات) النيون.

الشـكل 5-1 لأن عنصـر الماغنيسـيوم خفيـف وقـوي يستخـدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونيـة. فمثـلاً الإطـار الخارجـي لهـذا الحاسـب الآلي المحمـول مصنـوع مـن الماغنيسيوم.

الشـكل 6-1 قـام العلمـاء القائمـون علـى تطويـر تقنيـات الغواصـات بصنع روبـوت آلي على صـورة سمكـة، قـادر مثلهـا علـى السباحة. وصنع جسم الروبوت من راتنج السيليكـون الذي يصبح لينًا في الماء.

تقويم الدرس 2-1

الخلاصة

- تم ترتيب العناصر، أول الأمر، تصاعديًّا وفق كتلها الذرية، مما نجم عنه بعض التضارب. وقد تم ترتيبها لاحقًا وفقًا لتزايد أعدادها الذرية.
- تترتب العناصر في الجدول الدوري في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتقع العناصر المتشابهة في خواصها في المجموعة نفسها.
- تصنف العناصر إلى فلزات، ولافلزات وأشباه فلزات.
- لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد نقية أبسط منها.

1. الفكرة الرئيسة **كيف ترتبت العناصر في الجدول الدوري الحديث؟**
2. **حدّد** أي العناصر الآتية عناصر مثالية وأيها عناصر انتقالية:
   a. ليثيوم Li **b.** بلاتين Pt
   c. بروميثيوم Pm **d.** كربون C
3. **قارن** اكتب اسمَيْ عنصرين لهما خصائص مشابهة مما يأتي:
   a. اليود I **b.** الباريوم Ba **c.** الحديد Fe
4. **صف** الملامح التنظيمية الأساسية للجدول الدوري للعناصر.
5. **اذكر** عنصرين من الهالوجينات وحدد الحالة الفيزيائية لكل منهما.
6. **لماذا** وجد الهيدروجين في المجموعة الأولى؟
7. **لماذا** سميت المجموعة رقم 18 بمجموعة العناصر الخاملة؟
8. **صف** الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.

المركبات الكيميائية
Chemical Compounds

الفكرة الرئيسة **المركب مكون من عنصرين أو أكثر متحدين معًا.**

تساؤلات جوهرية

- **كيف** تتكون المركبات؟
- **ما الفرق** بين مركب أيوني ومركب تساهمي؟
- **كيف** تربط بين وحدة الصيغة الكيميائية والتركيب الكيميائي للمركب؟

مراجعة المفردات

فلز: عناصر ملساء لامعة جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

لافلز: غازات أو مواد صلبة هشة رديئة التوصيل للكهرباء والحرارة.

المفردات الجديدة

الأيون
الأيون أحادي الذرة
الكاتيون
الأنيون
المركب
المركب الأيوني
وحدة صيغة كيميائية
المركب التساهمي
جزيء

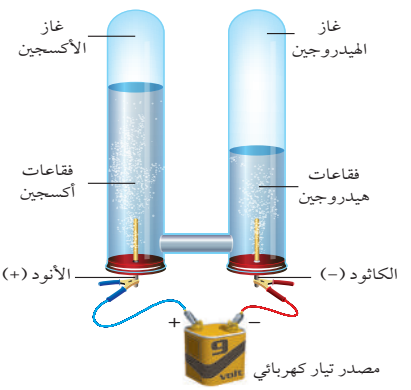
الربط بواقع الحياة عندما تأكل سلطة الفواكه، فإنك تأكل كل قطعة من السلطة بشكل مستقل، ولكنك عندما تأكل مربى الفواكه فإنك لا تستطيع فصل كل قطعة من الفواكه وحدها. وكما أن المربى مكون من فواكه فإن المركب مكون من عناصر، ولكنك لا تراها منفردة.

المركبات Compounds

كثير من المواد الكيميائية النقية تصنف على أنها مركبات. يتكون **المركب** من عنصرين مختلفين أو أكثر متحدين كيميائيًا، ومعظم المواد في الكون موجودة على شكل مركبات. يوجد الآن حوالي (50) مليون مركبًا معروفًا، وهي في ازدياد مستمر؛ إذ يتم تحضير أو اكتشاف حوالي (100,000) مركبًا سنويًا.

فصل المركبات إلى مكوناتها لا يمكن تجزئة العناصر إلى مواد أبسط منها، لكن يمكن تجزئة المركبات إلى مواد أبسط بطرائق كيميائية. وبشكل عام، فإن المركبات التي توجد في الطبيعة تكون أكثر استقرارًا من حالة العناصر المكونة لها، ولكي تفكك هذه المركبات إلى عناصر فإنها تحتاج إلى طاقة كالحرارة والكهرباء. ويبين **الشكل 2-1** تركيب جهاز يستعمل لإحداث تغير كيميائي للماء وتحليله إلى العناصر المكونة له -الهيدروجين والأكسجين- من خلال عملية تسمى "التحليل الكهربائي". يقوم التيار الكهربائي في هذه العملية بتحليل الماء إلى غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين. ونظرًا لكون الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين فإن حجم غاز الهيدروجين الناتج يكون ضعف حجم غاز الأكسجين.

ماذا قرأت؟ وضح عملية التحليل الكهربائي.



الشكل 2-1 يتحلل الماء إلى مكوناته : الأكسجين والهيدروجين بواسطة عملية التحليل الكهربائي.

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

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

بوتاسيوم

يود

يوديد البوتاسيوم

خواص المركبات تختلف خواص المركبات عن خواص العناصر الداخلة في تركيبها، ويوضح مثال تحليل الماء في **الشكل 1–2** 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 2–2** 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 توجد على هيئة غاز بنفسجي اللون في درجة حرارة الغرفة، في حين أن يوديد البوتاسيوم KI ملح أبيض.

الأيون The Ion

كيف يتكوّن الأيّون؟ لمعرفة كيف تتكون الأيونات لاحظ ماذا يحدث عندما ينتقل الإلكترون من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور.

ذرة الصوديوم المتعادلة $\xrightarrow{\text{فقد إلكترون}}$ أيون صوديوم موجب

$$Na \longrightarrow Na^+ + 1e^-$$

تفقد ذرة الصوديوم إلكترونا سالبا واحدا وتتحول إلى أيون موجب أو **كاتيون** Cation لذرة الصوديوم: Na^+.

عندما تكتسب ذرة الكلور إلكترونا تتحول إلى أيون سالب أو **أنيون** Anion لذرة الكلور: Cl^-

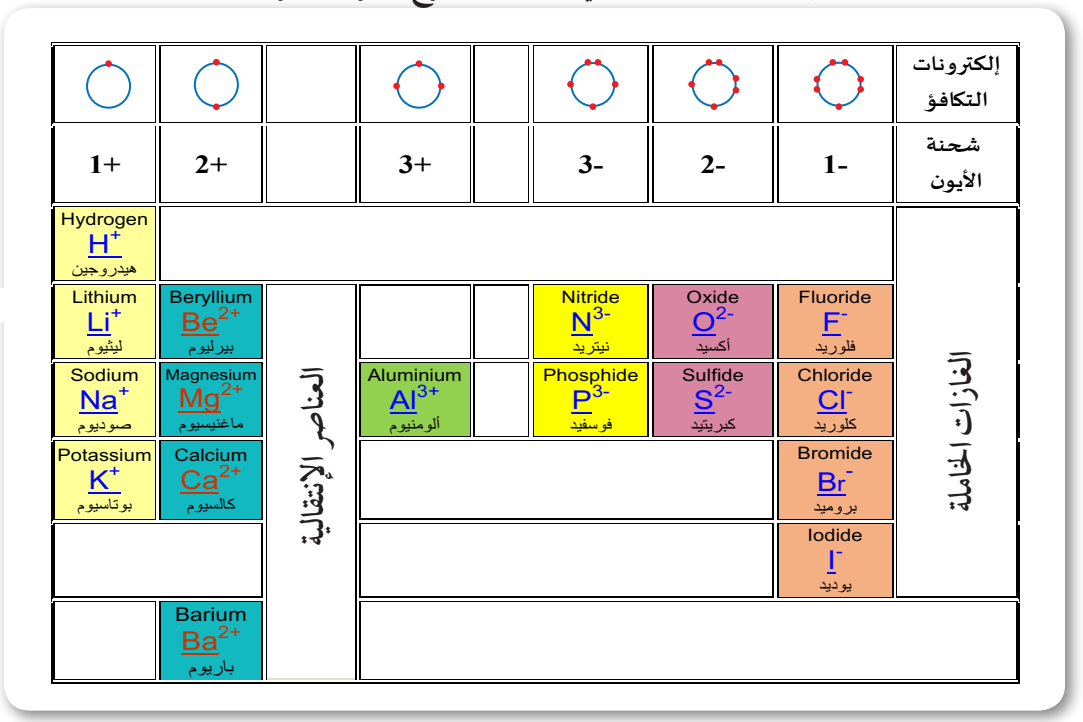
ذرة الكلور المتعادلة $\xrightarrow{\text{كسب إلكترون}}$ أيون ذرة الكلور سالب

$$Cl + 1e^- \longrightarrow Cl^-$$

الأيونات الموجبة والأيونات السالبة

تميل أغلب العناصر إلى فقد أو كسب إلكترونات مكونة أيونات. **والأيون** هو ذرة أو مجموعة ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونًا أو أكثر. تعرف الفلزات بنشاطها الكيميائي وتميل إلى فقد الإلكترونات حتى تصل إلى حالة الاستقرار الكيميائي، بحيث يكون المدار الأخير (مدار التكافؤ) ممتلئًا بثمانية إلكترونات (شبيه بالغاز النبيل الذي يسبقه في الجدول الدوري). ولنفس السبب تميل عناصر المجموعات 15-16-17 إلى كسب إلكترون أو أكثر مكونةً أيونات سالبة ذات شحنة ثابتة، تساوي على التوالي (3-)، (2-)، (1-). ويصبح المدار الأخير لذراتها ممتلئا (شبيه بالغاز النبيل الذي يليه مباشرة في الجدول الدوري).

عدد إلكترونات المدار الأخير للذرة تُحدد نوع الأيون المتكون



الشكل 3-2: أسماء ورموز الأيونات أحادية الذرة المهمة حسب كل مجموعة – اسم الكاتيون لا يتغير.

تتميز المجموعة الأولى بتكوين أيونات موجبة عندما تفقد عناصرها إلكترونًا واحدًا فقط. مثل K^+ ، Na^+ ، H^+. أما المجموعة الثانية فتفقد عناصرها إلكترونين، وتتحول إلى أيونات موجبة ثنائية الشحنة مثل Be^{2+} و Mg^{2+}. انظر الشكل **3-2** الذي يبين رموز الأيونات أحادية الذرة الأكثر شيوعًا وأسماءَها و**الأيون أحادي الذرة** هو عبارة عن ذرة واحدة تحمل شحنة كهربائية .

يُعرف الألمنيوم بتكوين أيون Al^{3+} بسبب فقده ثلاثة إلكترونات. أما الفضة فيفقد إلكترونًا واحدًا متحوّلًا إلى أيون Ag^+. الجدول **1-2** يبين أن أيونات أغلب العناصر الانتقالية غير ثابتة الشحنة. فمثلًا يكوّن الحديد نوعين من الأيونات Fe^{2+} و Fe^{3+}. وبدوره يكوّن النحاس أيونيْ Cu^+ و Cu^{2+}.

جدول 2-1	أيونات الفلزات الانتقالية المهمة
الشحنة	الأيون
+1	Ag^+، Cu^+، Au^+
+2	Zn^{2+}، Cu^{2+}، Ni^{2+}، Co^{2+}، Fe^{2+}، Cr^{2+}، Pb^{2+}، Hg^{2+}
+3	Cr^{3+}، Fe^{3+}، Co^{3+}، Au^{3+}
+4	Pb^{4+}

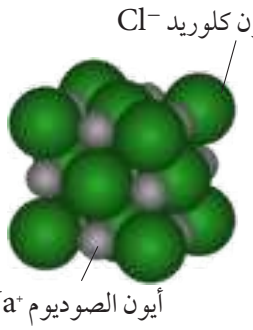
صيغ المركبات Formulas for Compounds

تسهل معرفة الرموز الكيميائية للعناصر كتابة صيغ المركبات. فملح الطعام مثلاً يسمى 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 متحدتين مع ذرة واحدة من الأكسجين.

المركبات الأيونيّة Ionic Compounds بما أن الكاتيونات والأنيونات تحمل شحنات كهربية مختلفة، فإنها تتجاذب مع بعضها البعض مكوّنة مركبا جديدا. المركب المتكوّن من أيونين مختلفين في الشحنة يحمل اسم **المركب الأيوني**. تتكوّن المركبات الأيونية من تفاعل عنصر فلزي مع آخر لافلزي. الشكل **4–2** يوضح مكونات ملح الطعام NaCl.

ادرس الجدول **2–2** ولاحظ أنّ في المركب الأيوني مجموع الشحنات الموجبة يساوي مجموع الشحنات السالبة لأن المادة متعادلة كهربائيا.

تذكّر أن المركب الأيوني يتكون من أيونات مرتبة بنمط متكرر. وتسمى الصيغة للمركب الأيوني **وحدة الصيغة الكيميائية** وهي تمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب. فمثلاً، وحدة الصيغة الكيميائية لكلوريد الماغنيسيوم هي $MgCl_2$؛ لأن نسبة أيونات Mg:Cl هي 1:2، والشحنة الكلية في وحدة الصيغة الكيميائية هي صفر لأنها تمثل الوحدة بكاملها، ولأن وحدة الصيغة الكيميائية $MgCl_2$ تحتوي على أيون واحد من Mg^{2+} وأيونين من Cl^- يصبح مجموع الشحنات الكلي صفرًا.



الشكل 4-2 بلورة كلوريد الصوديوم الصلب تحتوي على أيونات Na^+ و Cl^- متراصة مع بعضها البعض كما يظهرها المجهر الإلكتروني الماسح.

جدول 2-2 وحدة الصيغة الكيميائية لمركبات أيونية ثنائية

وحدة الصيغة الكيميائية للمركب	النسبة بين الكاتيونات والأنيونات	الأيونات المكوّنة للمركب	
NaCl	1:1	Cl^-	Na^+
Cu_2O	2:1	O^{2-}	Cu^+
Ag_3N	3:1	N^{3-}	Ag^+
$MgBr_2$	1:2	Br^-	Mg^{2+}
BaO	1:1	O^{2-}	Ba^{2+}
Fe_2S_3	2:3	S^{2-}	Fe^{3+}

مثال 3–1

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الأيوني المكون من البوتاسيوم والأكسجين.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من أيوني الأكسجين والبوتاسيوم وصيغة هذا المركب مجهولة. نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون في المركب وعدد تأكسده. يوجد البوتاسيوم في المجموعة 1 ، لذا يكوّن أيونًا 1+، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكوّن أيونًا ثنائيًا سالب الشحنة 2–.

$$K^{+} \qquad O^{2-}$$

ولأن الشحنات غير متساوية، لذا يجب وضع رقم صغير أسفل يمين كل رمز؛ لتوضيح نسب عدد الأيونات الموجبة إلى عدد الأيونات السالبة.

2 حساب المطلوب

تفقد ذرة البوتاسيوم إلكترونًا واحدًا، في حين تكتسب ذرة الأكسجين إلكترونين. فإذا اتحد العنصران في المركب بنسبة 1:1 فإن عدد الإلكترونات المفقودة من البوتاسيوم لن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من الأكسجين، لذا فإننا بحاجة إلى أيونين من البوتاسيوم لكل أيون من الأكسجين، فتصبح الصيغة الكيميائية K_2O

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا

$$2\ \text{K ion}\left(\frac{1+}{\text{K ion}}\right) + 1\ \text{O ions}\left(\frac{2-}{\text{O ion}}\right) = 2\ (+1) + 1(-2) = 0$$

مثال 3–2

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الكيميائي المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من الألومنيوم والكبريت وصيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بتحديد شحنة كل أيون في المركب. فالألومنيوم من المجموعة 13، يكوّن أيونًا موجبًا ثلاثي الشحنة 3+، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيونًا سالبًا ثنائي الشحنة 2–.

$$Al^{3+} \qquad S^{2-}$$

تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين، غير أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة.

2 حساب المطلوب

إن أصغر عدد يمكن قسمته على كل من 2 و 3 هو 6، لذا يتم نقل ستة إلكترونات. تستقبل ثلاث ذرات من الكبريت ستة إلكترونات تم فقدها من ذرتي ألومنيوم. فتكون الصيغة الصحيحة للمركب هي Al_2S_3 ، حيث توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات من الكبريت.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا

$$2\ \text{Al ion}\left(\frac{3+}{\text{Al ion}}\right) + 3\ \text{S ions}\left(\frac{2-}{\text{S ion}}\right) = 2\ (+3) + 3(-2) = 0$$

مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

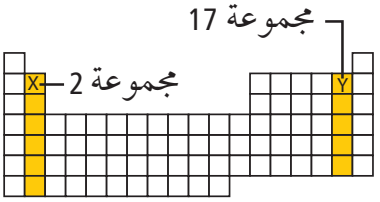
19. اليود والبوتاسيوم

20. البروم والألومنيوم

21. الكلور والماغنيسيوم

22. النيتروجين والسيزيوم

23. تحدّ اكتب الصيغة العامة للمركب الأيوني الذي يتكون من عنصري المجموعتين المبينتين في الجدول المقابل.



المركبات التساهمية Covalent Compounds عندما يتحد عنصر لافلزي مع آخر لافلزي، مثل الأكسجين والهيدروجين والكربون يتكوّن مركب يطلق عليه اسم **مركب تساهمي** أو **مركب جزيئي** نسبة إلى مصطلح **جزيء**. والجزيء هو أصغر جزء في المركب يحمل كل صفاته.

مثلا: H_2O يمثل جزيء الماء وCH_4 يمثل جزيء الميثان، بينما يعبّر عن جزيء الهيدروجين بالصيغة H_2.

ماذا قرأت؟ **عرّف** المركب الأيوني والمركب التساهمي.

تقويم الدرس 2-2

الخلاصة

- تنتج المركبات من اتحاد عنصرين أو أكثر، وتختلف خصائصها عن خصائص العناصر المكونة لها.
- المركبات تكوِّن المادة وهي متعادلة كهربائيا.
- عندما تفقد ذرة عنصر إلكترونا أو أكثر تتحول إلى أيون موجب يسمّى كاتيون.
- عندما تكتسب ذرة عنصر إلكترونا أو أكثر تتحول إلى أيون سالب يسمّى أنيون.
- يتكون المركب الأيوني من اتحاد لافلز وفلز بينما يتكون المركب التساهمي عند اتحاد لافلز ولافلز.
- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.

1. الفكرة الرئيسة **قارن بين المركبات الأيونية و المركبات التساهمية.**

2. طبّق شحنة الأيون X هي 2 + وشحنة الأيون Y هي 1-. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.

3. حلّل ما الرقم السفلي المصغر الذي ستستعمله في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:

a. فلز قلوي وهالوجين

b. فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16

c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.

d. فلز قلوي أرضي ولا فلز من المجموعة 16

4. توقع ما شحنة الأيون المتكون من كل من العناصر التالية:

a. العنصر A ينتمي إلى المجموعة الأولى.

b. العنصر B ينتمي إلى المجموعة الثانية.

c. العنصر C ينتمي إلى المجموعة الخامسة عشر.

2-3

تسمية المركبات البسيطة
Naming Of Simple Compounds

تساؤلات جوهرية

- **ما هي** الطريقة المنهجية لتسمية المركبات الكيميائية؟
- **كيف** يمكن تحديد صيغة المركب اعتمادًا على اسمه؟

مراجعة المفردات

مركب أيوني: مركب يتكون من عنصر فلزي وعنصر لافلزي.

مركب تساهمي: مركب يتكون من عنصر لافلزي وآخر لافلزي.

المفردات الجديدة

مركب ثنائي

أيون متعدد الذرات

نظام "ستوك"

الحمض

الحمض الثنائي

الفكرة الرئيسة **لا يمكن حفظ الأسماء الشائعة لكل المركبات الكيميائية إذ أنها تُعدّ بالملايين. ولتسهيل التعرف على المركبات اعتمد الكيميائيون على طريقة منهجية في التسمية.**

الربط مع الحياة لكل إنسان اسم خاص به، بالإضافة إلى اسم عائلته. وكذلك تتشابه أسماء المركبات، في أنها تتكون من مقطعين أيضًا. لذلك طوّر العلماء بعض القواعد لتسمية المركبات، تسهيلاً للتفاهم فيما بينهم. حيث يسهل عليك من خلال استخدام هذا النظام المعياري كتابة صيغة المركب من خلال اسمه، ويمكنك كذلك تسميته من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تسمية المركبات الثنائية المتكونة من فلز ولا فلز
Naming binary compounds that contain a metal and non metal

المركبات الأيونية الثنائية من النوع الأول

تتكوّن هذه المركبات من أيون الفلز الموجب أحادي الذرة الذي يحمل شحنة ثابتة وأيون اللافلز السالب. والأيون أحادي الذرة هو عبارة عن ذرة واحدة تحمل شحنة كهربائية. يكتب الفلز دائما الأول في الصيغة الكيميائية. فيما يلي القواعد المتبعة لتسمية هذه المركبات.

1- يسمّى الأنيون (-) أوّلا ثم الكاتيون (+). انظر **الجدول 3-1** ولاحظ أنّ الترتيب باللغة العربية عكس الترتيب باللغة الإنجليزية.

2- يسمّى الأيون الموجب باسم الفلز. مثلا : أيون K^+ يسمّى بوتاسيوم عند تسمية المركب المكوّن من البوتاسيوم.

3- يسمّى الأنيون باسم اللافلز متبوعا بمقطع "يد" - مثلا: الأيون Cl^- يسمّى كلوريد والأيون O^{2-} يسمّى أكسيد.

كما سبقت دراسته، عندما يتحد فلز مثل الصوديوم مع لا فلز مثل الكلور، فإن المركب الناتج يتكون من أيونات. حيث أن الفلز يفقد إلكترونًا أو أكثر مكونًا الكاتيون واللا فلز يكتسب إلكترونًا أو أكثر ليكون الأنيون. يسمى المركب الناتج **"مركب أيوني ثنائي"** وهو المركب المتكون من عنصرين XY أحدهما يمثل الكاتيون والآخر الأنيون.

ماذا قرأت؟ وضّح ما هو ترتيب الأيون الموجب عند كتابة صيغة المركب وعند تسميته؟

المفردات

مفردات علمية

المركب الثنائي

هو مركب يتكون من عنصرين.

مثلًا: H_2, HCN, Fe

ليست مركبات ثنائية.

كيميائيون

نظام ستوك في التسمية
Stock's System

- هو نظام تسمية ابتكره العالم الألماني "ألفريد ستوك" (1876–1946).
- يعتمد هذا النظام على الأرقام الرومانية لتحديد تكافؤ أو شحنة الفلز الانتقالي.

الرقم بالعربي	الرقم بالروماني
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII
9	IX
10	X

الجدول 1-3 أمثلة للمركبات الأيونية الثنائية

وحدة الصيغة الكيميائية للمركب	الأيونات المكوّنة للمركب		الاسم باللغة العربية	الاسم باللغة الإنجليزية
NaCl	Cl^-	Na^+	كلوريد الصوديوم	Sodium Chloride
CaO	O^{2-}	Ca^{2+}	أكسيد الكالسيوم	Calcium Oxide
KBr	Br^-	K^+	بروميد البوتاسيوم	Potassium Bromide
Li_3N	N^{3-}	Li^+	نتريد الليثيوم	Lithium Nitride
MgS	S^{2-}	Mg^{2+}	كبريتيد الماغنسيوم	Magnesium Sulfide
BaI_2	I^-	Ba^{2+}	يوديد الباريوم	Barium Iodide

المركبات الأيونية الثنائية من النوع الثاني

تتكوّن هذه المركبات من أيّون اللافلز السالب وأيّون موجب لفلز انتقالي . تعرف العناصر الانتقالية بأيوناتها الموجبة التي تحمل شحنات متعددة ومختلفة. يمكن للفلز الانتقالي تكوين أكثر من مركب أيوني مع نفس الأيونات السالبة (**الشكل 1-3**). مثلا يحتوي المركب $CuCl_2$ على الأيون Cu^{2+} ويحتوي المركب CuCl على الأيون Cu^+ . لتسمية مثل هذه المركبات نستخدم نظام "ستوك" والذي ينص على: "عند تسمية أيون العنصر الانتقالي يشير الرقم الروماني إلى عدد الشحنات الموجبة التي يحملها هذا العنصر". **الجدول 2-3** يوضح بعض الأمثلة.

ولاتنطبق هذه القاعدة على الأيونات ثابتة الشحنة مثل أيونات عناصر المجموعتين 1 و2.

الجدول 2-3 التسمية حسب نظام ستوك

الصيغة	التسمية حسب نظام ستوك	
$CuCl_2$	كلوريد النحاس (II)	Copper (II) Chloride
CuCl	كلوريد النحاس (I)	Copper (I) Chloride
Fe_2O_3	أكسيد الحديد (III)	Iron (III) oxide

كلوريد النحاس I — كلوريد النحاس II

الشكل 1-3 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 الثاني II باللون الأزرق بسبب اختلاف لونيْ أيونات النحاس I والنحاس II .

تسمية المركبات الثنائية التي تحتوي لا فلزات فقط
Naming binary compounds that contain only non metals

سبق لك أن تعرفت على المركبات التساهمية أو الجزيئية والتي تتكون من اتحاد لافلز مع لافلز آخر. يُعرف العديد من هذه المركبات بأسمائها الشائعة. رغم أن هذه المركبات تختلف عن المركبات الأيونية إلا أن تسميتها متشابهة جدًا. لتسمية المركبات التساهمية الثنائية نتبع الخطوات التالية:

1- العنصر الأول في الصيغة يسمّى في المرتبة الثانية.

2- العنصر الثاني يسمّى تسمية الأنيون (..... يـــــد).

3- تستخدم البادئات في **الجدول 3-3** لتوضيح عدد الذرات.

4- البادئة أحادي لا تستخدم أبدا للعنصر المرسوم أوّلا في الصّيغة، فمثلا: CO_2 يسمّى ثاني أكسيد الكربون وليس ثاني أكسيد أحادي الكربون.

ملاحظة

- البادئة " أوّل " تُستخدم فقط لعنصر الأكسجين "O" إذا كان مرسومًا ثانيًا في الصيغة الكيميائية.

في ما يلي بعض الأمثلة تطبق فيها طريقة تسمية المركبات التساهمية الثنائية. اعلم أن بعض المركبات مثل الماء H_2O والأمونيا NH_3 وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 والميثان CH_4 والسيلان SiH_4 ... تسمّى بأسمائها الشائعة.

الصيغة	اسم المركب
P_2S_3	ثالث كبريتيد ثنائي الفوسفور
N_2O_4	رابع أكسيد ثنائي النيتروجين
SF_6	سادس فلوريد الكبريت
CO	أوّل أكسيد الكربون
OF_2	ثاني فلوريد الأكسجين

تستخدم البادئة أول، ثاني، ثالث... قبل اسم العنصر الثاني في الصيغة، بينما تستخدم البادئة أحادي، ثنائي، ثلاثي... قبل اسم العنصر الأول في الصيغة الكيميائية كما هو موضح في **الجدول3-3** .

ماذا قرأت؟ طبّق ما الاسم العلمي لكل من الأمونيا والماء والميثان والسيلان؟

الجدول 3-3

بادئات أسماء المركبات التساهمية		
عدد الذرات	العنصر الثاني في الصيغة	العنصر الأول في الصيغة
1	أول	أحادي
2	ثاني	ثنائي
3	ثالث	ثلاثي
4	رابع	رباعي
5	خامس	خماسي
6	سادس	سداسي
7	سابع	سباعي
8	ثامن	ثماني
9	تاسع	تساعي
10	عاشر	عشاري

لاحظ في **الجدول 3-3** أن لكل اسم بادئة تشير إلى عدد الذرات لكل عنصر.

مثال 3–3

تسمية مركبات الجزيئات الثنائية ما اسم المركب P_2O_5 الذي يستعمل بوصفه مادة مجففة تمتص الماء؟

1 تحليل المسألة

المعطيات: الصيغة الجزيئية للمركب. تحتوي الصيغة على العناصر وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء. ولأن العنصرين من اللافلزات لذا يمكن استخدام القواعد المتبعة عند تسمية المركبات الجزيئية الثنائية.

2 حساب المطلوب

أولاً سمِّ عناصر المركب.

العنصر الأول يُسمى باسمه الكامل. الفوسفور

العنصر الثاني يُضاف مقطع (يد) إلى أصل اسم العنصر الأكسجين

عند جمع الاسمين معًا. أكسيد الفوسفور

والآن نضيف المقاطع التي تعبر عن عدد ذرات كل عنصر.

خامس أكسيد ثنائي الفوسفور

3 تقويم الإجابة

توضح تسمية المركب أنه يحتوي على ذرتين من الفوسفور، وخمس ذرات من الأكسجين. وهذا يتفق مع الصيغة الجزيئية P_2O_5

مسائل تدريبية

1. ماهي صيغة المركب؟

a. بروميد الرصاص (IV) b. نيتريد الكالسيوم

2. ما اسم المركب الأيوني؟

a. Cr_2O_3 b. Li_2O

3. سمِّ كلًّا من مركبات الجزيئات الثنائية الآتية:

a. CO b. SO_2 c. NF_3 d. CCl_4

4. اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الآتية، ثم حدد المركبات الثنائية منها:

a. أوّل أكسيد ثنائي الهيدروجين.

b. ثالث فلوريد الكلور.

c. ثالث أكسيد ثنائي الفوسفور.

d. عاشر فلوريد ثنائي الكبريت.

تسمية المركبات ذات الأيونات عديدة الذرات

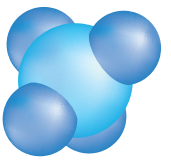
Naming compounds that contain polyatomic Ions

تحتوي العديد من المركبات الأيونية على **أيونات عديدة الذرات**، أيْ الأيونات المكونة من أكثر من ذرة واحدة. يبين **الجدول 5–3** قائمة بالصيغ والشحنات الكهربائية للأيونات الشائعة العديدة الذرات المهمة. ويسلك الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة في المركبات، وتشمل شحنته الكهربائية الذرات كلها معًا. لذا تتبع صيغة الأيونات المكونة من مجموعة من الذرات قواعد كتابة صيغ المركبات الثنائية نفسها.

ونظرًا إلى وجود الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة، فلا يجوز تغيير الأرقام الموجودة أسفل يمين رموز الأيونات. وإذا دعت الحاجة إلى وجود أكثر من أيون، (نضع رمز الأيون داخل قوسين، ثم نشير إلى العدد المطلوب بوضع الرقم أسفل يمين القوس من الخارج). ومن الأمثلة على ذلك المركب المكون من أيون الأمونيوم NH_4^+ وأيون الفوسفات PO_4^{3-} (**الشكل 2–3**). ويحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى ثلاثة أيونات من الأمونيوم لكل أيون من الفوسفات، أيْ أن الصيغة الصحيحة هي $(NH_4)_3PO_4$.

الشكل 2-3 أيونات الأمونيوم والفوسفات عبارة عن أيونات متعددة الذرات، بمعنى أنها تتكون من أكثر من ذرة. وتتفاعل الأيونات المتعددة الذرات معًا بوصفها وحدة واحدة ذات شحنة محددة.

حدد ما شحنة أيون الأمونيوم وأيون الفوسفات على الترتيب؟



أيون الأمونيوم
NH_4^+

أيون الفوسفات
PO_4^{3-}

الجدول 5-3 الأيونات الشائعة عديدة الذرات

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	الهيدروكسيد	OH^-
النترات	NO_3^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
الكرومات	CrO_4^{2-}	البرمنجنات	MnO_4^-
ثنائي الكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$	البيكربونات	HCO_3^-
الأيودات	IO_3^-	الكربونات	CO_3^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
البرومات	BrO_3^-	الأسيتات	$C_2H_3O_2^-$

مثال 4–3

صيغة مركب أيوني متعدد الذرات يستعمل المركب المكون من أيونات الكالسيوم والفوسفات سمادًا. اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

1 تحليل المسألة

تعلم أن أيونات الكالسيوم والفوسفات تكوّن مركبًا أيونيًّا صيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرفقًا بشحنته الكهربائية. ولأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكوِّن أيونًا موجبًا ثنائي الشحنة 2+، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية 3–.

Ca^{2+} PO_4^{3-}

2 حساب المطلوب

إن أصغر عدد يقبل القسمة على مقدار شحنات الأيونات 2 و 3 هو 6، لذا يتم نقل 6 إلكترونات. فيكون عدد الشحنات السالبة على أيونين من أيونات الفوسفات مساويًا لعدد الشحنات الموجبة على ثلاثة من أيونات الكالسيوم. ولكتابة الصيغة نضع أيون الفوسفات بين قوسين، ونضيف الرقم السفلي الصغير 2 إلى يمين القوسين، فتصبح الصيغة الصحيحة للمركب هي: $Ca_3(PO_4)_2$.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية في وحدة الصيغة لفوسفات الكالسيوم يساوي صفرًا. $3\,(+2) + 2\,(-3) = 0$

مسائل تدريبية

1. اكتب صيغ المركبات الأيونية المكونة من الأيونات الآتية:
   a. الصوديوم والنترات **b.** الكالسيوم والكلورات **c.** الألومنيوم والكربونات
2. **تحد** اكتب صيغة المركب الأيوني المكون من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكون من الكربون والأكسجين فقط.
3. سمّ المركبات الآتية:
   a. NH_4Br **b.** $CaSO_4$ **c.** KOH **d.** $Cu(NO_3)_2$ **e.** Ag_2CrO_4

تسمية الأحماض الثنائية Naming binary acids

تعتبر الأحماض Acids من أهم أقسام المركبات الكيميائية، إذ أنها تستخدم في أغلب التفاعلات الكيميائية سواءً في الصناعة أو في المختبرات. والحمض هو كل مركب يُطلق أيونات الهيدروجين H^+ في الماء. يحتوي الحمض الثنائي على الهيدروجين وعنصر آخر فقط. وتسمى الأحماض الثنائية الشائعة –ومنها حمض الهيدروكلوريك– وفق القواعد الآتية:

1. يستعمل المقطع "هيدرو" في الكلمة الثانية لتسمية الجزء الهيدروجيني من المركب. وتتألف بقية الكلمة من جذر اسم العنصر الثاني مضافًا إليها الخاتمة "يك". لذا فإن **HCl** (الهيدروجين والكلور) يصبحان معًا هيدروكلوريك.
2. تكون الكلمة الأولى دائمًا كلمة حمض، لذا فإن مركب **HCl** يعرف باسم حمض الهيدروكلوريك.

وعلى الرغم من أن تعبير ثنائي يشير إلى وجود عنصرين فقط، إلاَّ أن بعض الأحماض التي تحوي أكثر من عنصرين تُسمى بالطريقة نفسها التي تسمى بها الأحماض الثنائية العناصر. وإذا لم يوجد الأكسجين في معادلة المركب الحمضي سُمِّي

الحمض بطريقة الأحماض الثنائية نفسها، إلا أن جذر الجزء الثاني للاسم هو جذر الأيون المتعدد الذرات. فمثلاً HCN الذي يتألف من الهيدروجين وأيون السيانيد يعرف باسم حمض الهيدروسيانيك.

ويلخص **الجدول 6–3** الصيغ الجزيئية وأسماء بعض الأحماض الثنائية، بالإضافة إلى أسمائها باللغتين العربية والإنجليزية.

الجدول 6-3 أسماء بعض الأحماض الشائعة

صيغة الحمض	اسم الحمض (باللغة العربية)	اسم الحمض (باللغة الانجليزية)
HF	حمض الهيدروفلوريك	Hydrofluoric Acid
HCl	حمض الهيدروكلوريك	Hydrochloric Acid
HBr	حمض الهيدروبروميك	Hydrobromic Acid
HI	حمض الهيدرويوديك	Hydroiodic Acid
H_2S	حمض الهيدروكبريتيك	Hydrosulfuric Acid

ماذا قرأت؟ **قارن** بين أيونات عديدة الذرات والأيونات أحادية الذرة.

تقويم الدرس 3-2

الخلاصة

- في نظام "ستوك" تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد شحنات الأيون الموجب الذي له أكثر من شحنة محتملة.
- تحتوي أسماء الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية على مقاطع للإشارة إلى عدد الذرات الموجودة في الصيغة الجزيئية.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من أكثر من ذرة وتتفاعل بوصفها وحدة واحدة.
- نستخدم الأقواس حول الأيون ونضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.
- الأحماض الثنائية تتكون من الهيدروجين وعنصر آخر ويبدأ اسمها بمقطع "هيدرو".

1. **الفكرة الرئيسة** **لخص** القواعد المستخدمة في تسمية المركبات الثنائية العناصر.
2. **صف** ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم وعند ذكر اسمه.
3. **عرف** المركب الجزيئي الثنائي.
4. **اذكر** اسم المركب $AuCl_3$.
5. **طبق** اشرح كيف تسمي الجزيء N_2O_4، باستخدام قواعد تسمية المركب الجزيئي الثنائي.
6. **طبق** اكتب الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية: ثالث أكسيد ثنائي الكبريت، أوّل أكسيد ثنائي النيتروجين وحمض الهيدروفلوريك.
7. **اكتب** الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية:
   a. ثالث أكسيد ثنائي النيتروجين
   b. أول أكسيد النيتروجين
   c. حمض الهيدروكلوريك
8. **اذكر** اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.
9. **صف** الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثالاً على كلٍّ منهما.
10. **اكتب** اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.

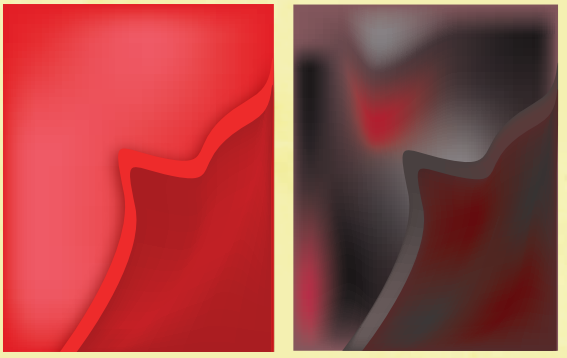
الكيمياء والحياة *

ترميم اللوحات الفنية

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

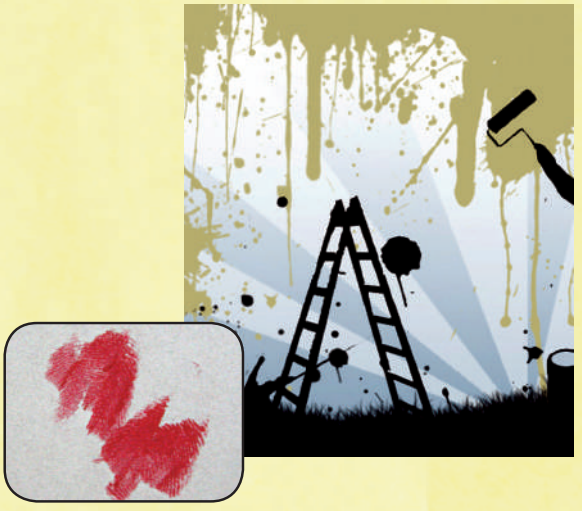
مساعدة من الجو يشكل الأكسجين 21% من الغلاف الجوي، وهو غالبًا على شكل غاز O_2 الموجود بالقرب من سطح الأرض. أما في طبقات الجو العليا فتقوم الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس بتفكيك الأكسجين إلى ذرات O . ورغم أن غاز الأكسجين نشط كيميائيًّا، إلاّ أن الأكسجين الذري أنشط، فهو يستطيع إتلاف مركبات الفضاء في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

الأكسجين والفن الأكسجين الذري نشط بشكل خاص في التفاعل مع عنصر الكربون (المادة الأساسية الموجودة في السناج). وعندما عالج علماء NASA الرسومات التي يعلوها السناج، كما في **الشكل1**، بالأكسجين الذري، تفاعل الكربون الموجود في السناج مع الأكسجين، وتحول إلى غازات.



الشكل 1: الصورة اليمنى تبين التلف الناتج عن السناج للوحة زيتية. أما الصورة اليسرى فتبين اللوحة بعد معالجتها بالأكسجين، ولم يحدث تلف سوى ما حدث للإطار اللامع للوحة.

على **السطح** لأن الأكسجين الذري يؤثر فيما يلامسه فقط فإن طبقات الرسم التي تحت السناج لا تتأثر. إذا قارنت الصورة الموجودة عن اليمين في **الشكل1** بالصورة التي عن اليسار فستلاحظ أن السناج قد أزيل، دون أن تتأثر اللوحة، وهذا بعكس 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 بالإمكان 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 إلى داخل القماش. أما عندما استعمل الأكسجين الذري فقد زال اللون الأحمر عن اللوحة.

* للإطلاع فقط.

ملخص الدراسة

الفكرة العامة تختلف المركبات الكيميائية باختلاف نوع وعدد ذرات العناصر المكونة لها.

2-1 ترتيب العناصر

الفكرة الرئيسة يستخدم الجدول الدوري لتنظيم وترتيب العناصر الكيميائية.

المفردات

- العنصر
- الجدول الدوري
- الدورة
- المجموعة
- العناصر المثالية
- العناصر الإنتقالية
- الهالوجينات
- الغازات النبيلة
- فلز – لا فلز – شبه فلز

المفاهيم الرئيسة

- لا تتجزأ العناصر إلى مواد نقية أبسط منها.
- رُتبت العناصر في الجدول الدوري وفق الأعداد الذرية تصاعديًّا.
- يرتب الجدول الدوري العناصر في 7 دورات (صفوف) و18 مجموعة (أعمدة).
- تكون العناصر ذات الخواص المتشابهة في المجموعة نفسها.
- تُصنف العناصر إلى فلزات ولا فلزات وأشباه فلزات.

2-2 المركبات و الجزيئات

الفكرة الرئيسة المركب مكون من عنصرين أو أكثر متحدين معًا.

المفردات

- الأيون
- أيون أحادي الذرة
- الكاتيون
- الأنيون
- المركب
- الجزيء
- المركب الأيوني
- المركب التساهمي
- وحدة الصيغة الكيميائية

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات أو تكتسب إلكترونًا أو أكثر.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة تحمل شحنة كهربائية.
- المركب الأيوني كما المادة متعادل كهربائيًا.
- تنتج المركبات عن اتحاد عنصرين أو أكثر، وتختلف خواصها عن خواص العناصر المكوّنة لها.
- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب.

2-3 تسمية المركبات الكيميائية

الفكرة الرئيسة لا يمكن حفظ الأسماء الشائعة لكل المركبات الكيميائية إذ أنها تُعدّ بالملايين. ولتسهيل التعرف على المركبات اعتمد الكيميائيون على طريقة منهجية في التسمية.

المفردات

- المركب الثنائي
- أيون متعدد الذرات
- نظام "ستوك"
- الحمض

المفاهيم الرئيسة

- المركب الثنائي هو مركب يتكون من عنصرين مختلفين مثل "HCl، CO_2، NH_3".
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة من الذرات تتفاعل معًا بوصفها وحدة واحدة.
- إذا أردت معرفة وجود أكثر من أيون عديد الذرات في المعادلة الكيميائية فضع قوسين حوله واستخدم الأرقام الصغيرة عن يمين القوس.
- نعتمد على البادئات لتسمية المركبات التساهمية الثنائية.
- لتسمية المركب الأيوني الثنائي، يُكتب رمز الفلز أولًا ولكن يذكر اسمه ثانيًا.
- تشير الأعداد الرومانية إلى عدد شحنات الأيونات الموجبة التي لها أكثر من قيمة.
- تكون المركبات التي تنتج H^+ في محاليلها حمضية. وتحتوي الأحماض الثنائية على الهيدروجين وعنصر آخر.

تقويم الفصل

ملاحظة: يمكنك الاستعانة بالجداول المرجعية في آخر الكتاب للتعرف على صيغ بعض الأيونات التي لم تتعرض لها بالدرس.

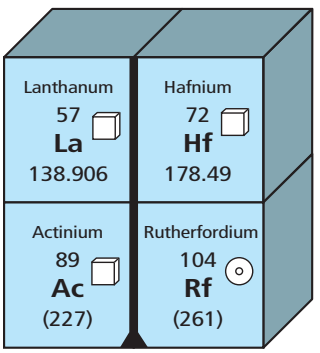
2-1

إتقان المفاهيم

1. لماذا سمي جدول العناصر بالدوري؟
2. صف الخواص العامة للفلزات.
3. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟
4. صنّف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات باستخدام الجدول الدوري.
   a. الأكسجين O
   b. الباريوم Ba
   c. الجرمانيوم Ge
   d. الحديد Fe
5. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

a. العناصر القلوية	1. المجموعة 18
b. الهالوجينات	2. المجموعة 1
c. العناصر القلوية الأرضية	3. المجموعة 2
d. الغازات النبيلة	4. المجموعة 17

6. وضح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف الشكل 14–2.



الشكل 14–2

7. ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وحدد عليه مواقع كل من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والغازات النبيلة والهالوجينات، باستخدام الملصقات.
8. ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية:
   a. فلز يستخدم في مقياس الحرارة.
   b. غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، والغاز النبيل ذي الكتلة الذرية الكبرى.
   c. يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، فلز يوجد في المجموعة 14 وله أقل كتلة ذرية في المجموعة.
   d. عنصر انتقالي يستخدم في صناعة الخزائن المضادة للسرقة، واسمه اسم قطعة نقدية.
9. إذا اكتشف عنصر جديد من الهالوجينات وآخر من الغازات النبيلة فما العدد الذري لكل منهما باستخدام الجدول الدوري؟

إتقان حل المسائل

10. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:
    a. الهالوجين صاحب ثاني أقل كتلة.
    b. شبه الفلز صاحب أقل رقم دورة.
    c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.
    d. الغاز النبيل صاحب أكبر كتلة.
    e. اللافلز في المجموعة 15 الذي يكون في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة.

2 تقويم الفصل

11. لو رتبت العناصر وفق كتلها الذرية فأي من 55 عنصر الأولى يكون ترتيبه مختلفًا عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

12. **العناصر الثقيلة الجديدة** لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتونًا، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليهما؟ وهل يكون فلزًّا، لا فلزًّا أو شبه فلز؟

13. ما الرمز الكيميائي للعناصر الآتية:

a. عنصر في الدورة 3 ويمكن استخدامه في صناعة رقائق الحاسوب لأنه شبه فلز.

b. عنصر في المجموعة 13، الدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفزيون.

c. العنصر الذي يستخدم فتيلًا في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية من بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

2-2

إتقان المفاهيم

14. حدد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في كل مما يأتي:

a. كلوريد البوتاسيوم، الذي يحل بديل لملح الطعام.
b. فلوريد الكالسيوم، الذي يستخدم في صناعة الفولاذ.
c. أكسيد الكالسيوم، الذي يستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.
d. كلوريد السترانشيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

15. أيّ المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه: Na_2S ، $BaCl_3$ ، MgF، CaKr ؟ فسر إجابتك.

16. ما المعلومات التي تحتاج إليها لكتابة الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركبات الأيونية؟

17. متى يستخدم الرقم السفلي في صيغ المركبات الأيونية؟

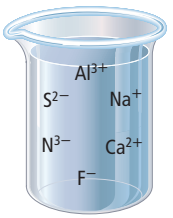
18. **الكروم** عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي بالكروم، ويكوّن الأيونات Cr^{2+} وCr^{3+}. اكتب صيغ المركبات الأيونية عندما تتفاعل هذه الأيونات مع أيونات الفلور والأكسجين.

19. أي الصيغ الأيونية الآتية صحيح؟ وإذا كانت الصيغة غير صحيحة فاكتب الصيغة الصحيحة، فسّر إجابتك:

a. AlCl
b. Na_3SO_4
c. $Ba(OH)_2$
d. Fe_2O

20. **قارن** بين الأيونين الموجب والسالب.

21. **طبق** تفحّص الأيونات في **الشكل 15–2**، وحدّد نوعين من المركبات التي يمكن أن تتكون من الأيونات الموجودة، واشرح كيف يحدث ذلك.



الشكل 15–2

2-3

إتقان المفاهيم

22. اشرح كيف تتم تسمية المركب الأيوني؟.

23. اشرح ماذا يعني اسم أكسيد الإسكانديوم III بلغة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة اكتب الصيغة الكيميائية الصحيحة له.

24. اكتب صيغة كل من المركبات الأيونية الآتية:

a. يوديد الكالسيوم
b. بروميد الفضة
c. كلوريد النحاس II
d. أيودات البوتاسيوم
e. أسيتات الفضة

25. سمِّ كلًّا من المركبات الأيونية الآتية:

a. K_2O **b.** $CaCl_2$

c. Mg_3N_2 **d.** $NaClO_3$

e. KNO_3

26. أكمل **الجدول 9–2** بإضافة الرموز والصيغ والأسماء في الأماكن الشاغرة.

الجدول 9-2 تعرُّف المركبات الأيونية

الكاتيون (الأيون الموجب)	الأنيون (الأيون السالب)	الاسم	الصيغة الكيميائية
		كبريتات الأمونيوم	
			PbF_2
		بروميد الليثيوم	
			Na_2CO_3
Mg^{2+}	PO_4^{3-}		

27. اكتب صيغ المركبات الأيونية جميعها التي قد تنتج عن تفاعل كل من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة الموجودة في **الجدول 10–2**، واذكر اسم كل مركب ناتج.

الجدول 10-2 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة

الأيون الموجب	الأيون السالب
K^+	SO_3^{2-}
NH_4^+	I^-
Fe^{3+}	NO_3^-

28. ما صيغ المركبات الأيونية الآتية:

a. كبريتيد الصوديوم **b.** كلوريد الحديد III

c. كبريتات الصوديوم **d.** فوسفات الكالسيوم

e. نترات الخارصين

29. يكوِّن الكوبلت– وهو عنصر انتقالي– أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضًا. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون مع كلا الأيونين.

30. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية:

a. CaO **b.** $Ba(OH)_2$

c. BaS **d.** $Sr(NO_3)_2$

e. $AlPO_4$

31. لاحظ ثم استنتج حدّد الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمّم مخططًا توضيحيًّا لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

a. أسيتات النحاس **b.** ثنائي أكسيد الصوديوم

c. Mg_2O_2 **d.** $Al_2(SO_4)_3$

e. Pb_2O_5

32. من بين المركبات المذكورة في السؤالين 30 و 31، اذكر المركبات الثنائية وحدد إن كانت أيونية أو تساهمية؟

33. متى يُسمى المركب الجزيئي حمضًا؟

34. اشرح الفرق بين سادس فلوريد الكبريت ورابع فلوريد ثنائي الكبريت؟

35. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. NF_3 **b.** NO **c.** SO_3 **d.** SiF_4

36. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. SeO_2 **b.** SeO_3 **c.** N_2F_4 **d.** S_4N_4

37. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

a. ثاني فلوريد الكبريت **c.** رابع فلوريد الكربون

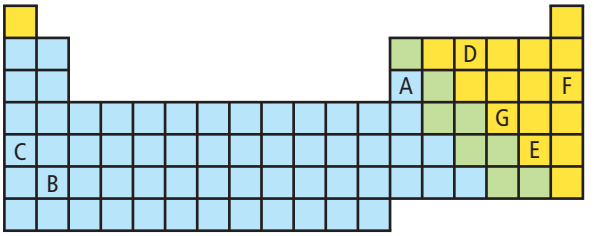
b. رابع كلوريد السيليكون **d.** ثاني أكسيد السيليكون

التفكير الناقد

38. المركبات التالية (ICl_3 ، $CrCl_3$ ، $AlCl_3$) لها صيغ متشابهة لكن لها طرق مختلفة في التسمية . اشرح ذلك.

39. يوضح **الشكل 16–2** العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G. ثم صف المركّب الأيوني الذي يكوّنه كل زوج من العناصر التالية:

(C و D) و (E و B) و (D و A).



الشكل 16–2

مراجعة تراكمية

40. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

a. أول أكسيد الكلور **b.** كلوريد الهيدروجين
c. خامس كلوريد الفوسفور **d.** حمض الهيدروكبريتيك

41. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. PCl_3 **b.** Cl_2O_7
c. P_4O_6 **d.** NO

42. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة للمركبات الآتية:

a. كربونات الكالسيوم
b. كلورات البوتاسيوم
c. أسيتات الفضة
d. كبريتات النحاس II
e. فوسفات الأمونيوم

43. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح للمركبات الآتية:

a. NaI **b.** $Fe(NO_3)_3$
c. $Sr(OH)_2$ **d.** $CoCl_2$
e. $Mg(BrO_3)_2$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

44. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبيرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبيرنر واكتب تقريرًا حولها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي لمنديليف جديرًا بالملاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه، ومع ذلك فإنه يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول منديليف الموضح في **الجدول 10–2** والجدول الدوري الحديث الموضح في **الشكل 5–2**.

الجدول 10-2 مجموعات العناصر

التسلسل	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	—	H	—	—	—		—	—	
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
4	Ar	K	Ca	So	Ti	V	Cr	Mn	Fe
5		Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Co
									Ni (Cu)
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	Ru
7		Ag	Cad	In	Sn	Sb	Te	I	Rh
									Pd (Ag)
8	Xe	Cs	Ba	La	—	—	—	—	—
9		—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Yb	—	Ta	W	—	Os
11		Au	Hg	Tl		Bi	—	—	Ir
									Pt (Au)
12	—	—	Rd	—	Th	—	U		

45. وضع منديليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يعد وضع هذه العناصر في جهة اليمين – كما في الجدول الدوري الحديث– منطقيًا أكثر؟

46. أي أجزاء جدول منديليف يعد أكثر تشابهًا مع موقعه الحالي؟ وأيها كان أبعد عن موقعه الحالي؟ ولماذا؟

47. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول منديليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الاسم الشائع للمركب SiI_4 هو رباعي أيودو سيلان، فما الاسم العلمي له؟

a. رابع يوديد السيلان

b. رابع يود السيلان

c. يوديد السيليكون

d. رابع يوديد السيليكون

2. تشترك العناصر: Li، Na، K، Cs في خواص كيميائية متشابهة في الجدول الدوري، تنتمي هذه العناصر إلى:

a. صف

b. دورة

c. مجموعة

d. عنصر

3. يتفاعل الماغنسيوم بشدة مع الأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم. ما العبارة غير الصحيحة بالنسبة لهذا 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.

4. ما نوع المادة التي لها تركيب محدد، وتتكون من عدة عناصر؟

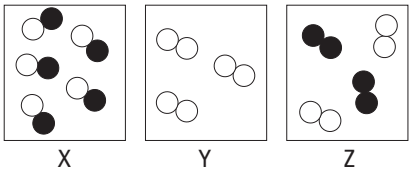
a. مخلوط غير متجانس.

b. مخلوط متجانس.

c. العنصر.

d. المركب.

5. استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال الآتي :



أي شكل يبين مركب؟

a. X **b.** Y

c. Z **d.** كلٌّ من X ، Y

6. أي مما يلي يصف ذرة البلوتونيوم Pu؟

a. يمكن تجزئتها إلى جسيمات صغيرة تحتفظ بخواص البلوتونيوم.

b. لا يمكن تجزئتها لجسيمات صغيرة تحتفظ بكل خواص البلوتونيوم.

c. ليس لها خواص البلوتونيوم.

d. العدد الذري لذرة البلوتونيوم يساوي 244.

الفصل 3

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

الفكرة العامة
تُحوّل التفاعلات الكيميائية المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

3-1 التفاعلات والمعادلات

الفكرة الرئيسة تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

3-2 تصنيف التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

حقائق كيميائية

- لكي يشتعل الخشب يجب أن يسخن إلى 260°C.
- يغلي الماء الموجود في الخشب قبل أن يحترق الخشب.
- يحتوي الدخان الناتج عن احتراق الخشب على أكثر من مائة مادة كيميائية.

نشاط استهلالي

كيف نستدل على حدوث تغير كيميائي؟

الكاشف مادة كيميائية تضاف إلى المواد في التفاعل الكيميائي لتوضح متى يحدث تغير.

خطوات العمل:

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. قس 10.00 ml من **الماء المقطر** في **مخبار مدرج** سعة 25.00 ml، وضع الماء في **كأس** سعة 100.0 ml ، استعمل **الماصة** وأضف نقطة من محلول الأمونيا إلى الماء.

تحذير: بخار الأمونيا مهيج جدًّا.

3. أضف نقطة من **الكاشف العام** إلى المحلول، وحركه. لاحظ لونه، وقس درجة حرارته بمقياس الحرارة.
4. ضع **قرصًا فوارًا** في المحلول، ولاحظ ماذا يحدث؟ سجل ملاحظاتك، متضمنةً أيّ تغير في درجة الحرارة.

تحليل النتائج

1. **صف** أيّ تغيرات في لون المحلول أو درجة حرارته.
2. **وضّح** هل نتج غاز؟ وإذا حدث كيف تم الاستدلال على ذلك؟
3. **حلّل** هل حدث تغير فيزيائي أم تغير كيميائي؟ فسّر ذلك.

استقصاء بمَ يخبرك الكاشف العام عن المحلول؟ صمّم تجربة لدعم توقعاتك.

بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يُتوقع من الطالب أن يكون قادرا على:

- توضيح المفاهيم والمبادئ والنظريات والعلاقات والتمثيلات المتعلقة بتحولات المادة وارتباطها ببعضها.
- استخدام الأدوات والأجهزة والمواد الكيميائية والمختبر الافتراضي لإجراء التجارب المتعلقة ببعض التفاعلات الكيميائية وتمثيل البيانات وتحليلها لاستخلاص النتائج.
- تمثيل التفاعلات الكيميائية بمعادلات لفظية ورمزية وأيونية والقدرة على وزنها.
- تمثيل البيانات وتحليل المشاهدات واستخلاص النتائج المتعلقة بأصناف التفاعلات الكيميائية.
- توضيح أهمية التفاعلات الكيميائية في مجالات الحياة المختلفة.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل وأنشطته ارجع إلى الموقع الإلكتروني لوزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين

www.moe.gov.bh

التفاعلات والمعادلات
Reactions and Equations

تساؤلات جوهرية

- ما التفاعل الكيميائي وماهي مؤشرات حدوثه ؟
- ما هي عناصر التفاعل الكيميائي ؟
- كيف نكتب معادلة كيميائية موزونة ؟

مراجعة المفردات

التغير الكيميائي: عملية تتضمن تحول مادة أو أكثر إلى مادة جديدة.

قانون حفظ الكتلة: الكتلة لا تفنى ولا تستحدث في أثناء التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

التفاعل الكيميائي
المعادلة الكيميائية الموزونة
المتفاعلات النواتج
المعامل راسب

الشكل 1-1 ينتج النايلون عن تفاعل كيميائي، ويستعمل في كثير من المنتجات، كالملابس والسجاد، والأدوات الرياضية، والإطارات.

الفكرة الرئيسة **تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.**

الربط بواقع الحياة عندما تشتري موزًا أخضر اللون فإنه يتحول خلال أيام قليلة إلى اللون الأصفر، وهذا التغير في اللون دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions

تسمى العملية التي يتم فيها إعادة ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة **التفاعل الكيميائي**. والتفاعلات الكيميائية تؤثر في جميع نواحي الحياة؛ فهي تحلل الطعام الذي تأكله، منتجةً الطاقةَ التي تحتاج إليها لتعيش. وتوفّر التفاعلات في محركات السيارات والحافلات الطاقة اللازمة التي تحرك هذه المركبات. كما أنها تنتج الألياف الطبيعية كالقطن والصوف في النباتات والحيوانات، والألياف الاصطناعية كالنايلون الذي يستعمل في المصانع، كما هو مبين في **الشكل 1-1**.

أدلة حدوث التفاعل الكيميائي كيف تعرف أن تفاعلا كيميائيًّا قد حدث؟ للاستدلال على حدوث تفاعل كيميائي، نلجأ إلى البحث عن مؤشرات تدل على تغير مادة أو أكثر. بالنسبة للتفاعلات الكيميائية التي يصعب اكتشافها، يعتمد الكيميائيون على تقنية «التحليل النوعي : Qualitative Analysis» و «التحليل الكمي:Quantitative Analysis» للتعرف على النواتج. إلاّ أن هناك تغيرات يسهل ملاحظتها بأدلة محسوسة وأهمّها:

1. تكوّن راسب: يُلاحظ عادة عند مزج محلولين يحتوي كل منهما مواد ذائبة. يتكوّن صلب منفصل عن المحلول يسمّى «**راسب**» Precipitate . أغلب الرواسب لها ألوانها المميزة.

2. تصاعد غاز: من السهل ملاحظة الفقاقيع من الغاز عند اتحاد مادتين، وهذا دليل على حدوث تفاعل كيميائي. **الشكل 1-2-a** يبيّن التفاعل الشديد عند إضافة حمض الخل إلى كربونات الصوديوم الهيدروجينية المعروفة تجاريا باسْم صودا الخبز منتجا غاز ثاني أكسيد الكربون.

3. تغير اللون: يُعد تغير اللون دليلا حِسيّا واضحا على حدوث تفاعل كيميائي. فمثلا بعض القطع الحديدية المعرضة للهواء يتغير لونها من الفضي إلى البني في زمن قصير. يُفسّر ذلك بحدوث تفاعل بين الحديد والأكسجين. كما أن تحوّل الموز الأخضر إلى الأصفر مثال آخر على ذلك.

4. الرائحة: عادة ما تكون الرائحة المنبعثة دليلا على إنتاج مادة جديدة بسبب حدوث تفاعل كيميائي. مثال ذلك عند خلط الخل مع الإيثانول تنبعث رائحة مميزة عطرية بسبب تكوّن زيت عطري. هذه الرائحة تختلف تماما عن رائحة الخل أو رائحة الإيثانول.

5. إطلاق حرارة وطاقة ضوئية: يُعتبر إطلاق الطاقة الحرارية والضوء معاً دليلا قويّا على حدوث تفاعل كيميائي. إلاّ أن إطلاق الحرارة بدون ضوء أو انبعاث ضوء بدون حرارة، ليس بالضرورة دليلا على تحول كيميائي لأن العديد من **التحولات الفيزيائية** Physical Transformations تصاحبها انبعاثات للضوء أو حرارة. إن **التحولات الكيميائية** Chemical Transformations للمادة التي ينتج عنها انخفاض في درجة حرارة المحيط، تسمّى تفاعلات **ماصّة للحرارة** Endothermic Reactions . بعض التفاعلات مثل احتراق الخشب أو شريط ماغنيسيوم في الأكسجين تطلق طاقة على شكل حرارة وضوْء، وينتج عنها ارتفاع في درجة حرارة المحيط. مثل هذه التفاعلات تسمّى تفاعلات **طاردة للحرارة** Exothermic Reactions. وفي كل صورة في **الشكل 1-2-b** دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

ماذا قرأت؟ **اذكر** أهم الأدلة الحسية لحدوث تفاعل كيميائي؟

تمثيل التفاعلات الكيميائية Representing Chemical Reactions

يستخدم الكيميائيون معادلات لتمثيل التفاعلات الكيميائية. وتوضح هذه المعادلاتُ **المتفاعلاتِ** Reactants وهي المواد البادئة في التفاعل، وأما **النواتج** Products فهي 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 الآتي عناصر المعادلة الكيميائية:

المتفاعل 1 + المتفاعل 2 ⟵ الناتج 1 + الناتج 2

وتستخدم الرموز في المعادلات لتوضيح الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة التي قد تكون في الحالة الصلبة **(s)** أو السائلة **(l)** أو الغازية **(g)** أو مذابة في الماء **(aq)** كما هو مبين في **الجدول 1-1**. ومن المهم توضيح هذه الرموز؛ لأنها تعطي أدلة على كيفية حدوث التفاعل الكيميائي.

الشكل 1-2-a عندما يتفاعل الخل مع صودا الخبز $NaHCO_3$ يحدث تصاعد سريع لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

الشكل 1-2-b كل صورة من هذه الصور تدل على حدوث تفاعل كيميائي. صف **ما الأدلة الحسيّة على حدوث تفاعل كيميائي في كل من الصورتين؟**

جدول 1-1 الرموز المستعملة في المعادلات الكيميائية	
الرمز	الغرض
+	يفصل بين مادتين أو أكثر من المتفاعلات أو النواتج
→	يفصل المتفاعلات عن النواتج
⇌	يفصل المتفاعلات عن النواتج، ويشير إلى التفاعل الانعكاسي
(s)	يشير إلى الحالة الصلبة
(l)	يشير إلى الحالة السائلة
(g)	يشير إلى الحالة الغازية
(aq)	يشير إلى المحلول المائي

الشكل 1-3 العلم كغيره من المجالات، له لغة متخصصة تسمح بتداول معلومات معينة بطريقة منتظمة. فالتفاعل بين الألومنيوم والبروم يمكن وصفه بمعادلة لفظية، أو بمعادلة كيميائية رمزية موزونة.

المعادلات اللفظية يمكنك استعمال المعادلات اللفظية للتعبير عن كلٍّ من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية. وتصف **المعادلة اللفظية** Word Equations أدناه التفاعل بين الألومنيوم Al والبروم السائل Br_2 الموضح في **الشكل 1-3**. فالسحابة الحمراء في الشكل هي بروم فائض. أما ناتج التفاعل الذي هو جسيمات صلبة من بروميد الألومنيوم $AlBr_3$ فيستقر في قعر الكأس.

المتفاعل (1) + المتفاعل (2) ⟵ الناتج (1)

الألومنيوم + البروم ⟵ بروميد الألومنيوم

تُقرأ هذه المعادلة اللفظية على النحو الآتي: "الألومنيوم والبروم يتفاعلان لإنتاج بروميد الألومنيوم."

المعادلات الكيميائية الرمزية إن المعادلات اللفظية تساعد على وصف التفاعلات إلا أنها تفتقر إلى معلومات مهمة.

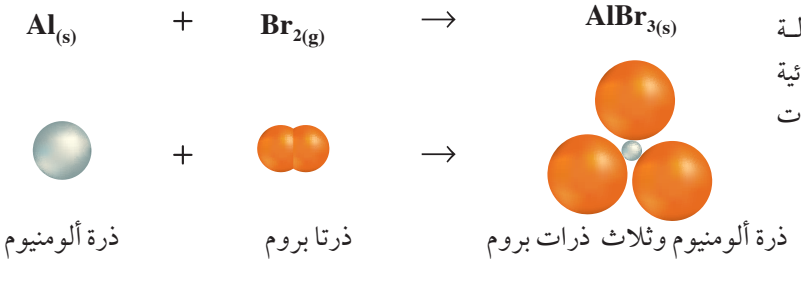
أما **المعادلة الكيميائية** Formula Equation فتستعمل رموز العناصر وصيغ المركبات ـ بدلاً من الكلمات ـ للتعبير عن المتفاعلات والنواتج. فالمعادلة الكيميائية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم مثلًا تستعمل رمزي الألومنيوم والبروم وصيغة بروميد الألومنيوم بدلاً من الكلمات، كما هو مبين في **الشكل 1-4-a**.

تشير المعادلات الكيميائية إلى أن المادة تُحفظ خلال التفاعل، وهذا ما ينص عليه قانون بقاء الكتلة.

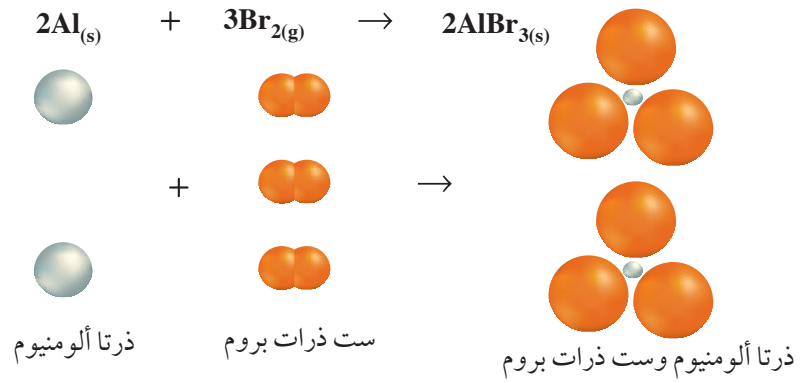
المفردات

مفردات علمية

الصيغة (Formula)
تعبير يستعمل الرموز الكيميائية لتمثيل المركب الكيميائي.
الصيغة الكيميائية للماء هي H_2O.



الشكل 1-4-a المعلومات التي تنقلها المعادلة الكيميائية محدودة. في هذه الحالة المعادلة الكيميائية صحيحة، ولكنها لا توضح العدد الصحيح للذرات المتفاعلة.



الشكل 1-4-b يتساوى عدد الجسيمات في طرفي كل من المتفاعلات والنواتج في المعادلة الكيميائية الموزونة. وفي هذه الحالة، يتطلب وجود ذرتي ألومنيوم وست ذرات بروم في طرفي المعادلة

لتمثيل التفاعل الكيميائي بمعادلة بشكل صحيح يجب أن توضح المعادلة أن عدد الذرات في المواد المتفاعلة يساوي عدد الذرات في المواد الناتجة. هذه المعادلة تسمى معادلة كيميائية موزونة. **المعادلة الكيميائية الموزونة** Balanced Chemical Equation تعبير يَستخدم الصيغَ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمَّنة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.

وزن المعادلات الكيميائية Balancing Chemical Equations

تتفق معادلة التفاعل الموزونة بين الألومنيوم والبروم المبينة في **الشكل 1-4-b**، مع قانون حفظ الكتلة. وحتى تزن المعادلة الكيميائية يجب أن تجد المعاملات الصحيحة للصيغ الكيميائية فيها. **المعامل** Coefficient في المعادلة الكيميائية هو العدد الذي يكتب قبل المتفاعل أو الناتج. وتكون المعاملات عادة أعدادًا صحيحة، ولا تكتب إذا كانت قيمتها واحدًا. وتصف المعاملات في المعادلة الموزونة أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

ماذا قرأت؟ طبق كيف تحقق المعادلة الكيميائية الموزونة قانون بقاء الكتلة؟

خطوات وزن المعادلات يمكن وزن أغلب المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الموضحة في **المثال 3-1**. فيمكنك مثلًا استعمال هذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل.

مثال 3-1

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 التالية 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. — $2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$

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 متساوٍ 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 متساوٍ 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

1. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من التفاعلات الآتية:

a. يتفاعل كلوريد الحديد III مع محلول هيدروكسيد الصوديوم في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد III الصلب ومحلول كلوريد الصوديوم.

b. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون السائل مع غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت.

c. تحدٍّ يتفاعل فلز الخارصين مع محلول حمض الكبريتيك لإنتاج غاز الهيدروجين ومحلول كبريتات الخارصين.

2. اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

a. بروم + هيدروجين ⟵ بروميد الهيدروجين

b. أول أكسيد الكربون + أكسجين ⟵ ثاني أكسيد الكربون

c. تحدّ اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

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. ولهذا فمن الضروري أن تحتوي المعادلات التي تمثل التفاعلات الكيميائية على معلومات كافية توضح أن التفاعل يحقق قانون حفظ الكتلة.

لقد تعلمت كيف تحقق حفظ الكتلة في المعادلات الكيميائية الموزونة. والمخطط المبين في **الشكل 6-1** يلخص خطوات وزن المعادلات. ولعلك تجد أن بعض المعادلات الكيميائية يمكن وزنها بسهولة، في حين أن وزن بعضها الآخر يكون أكثر صعوبة.

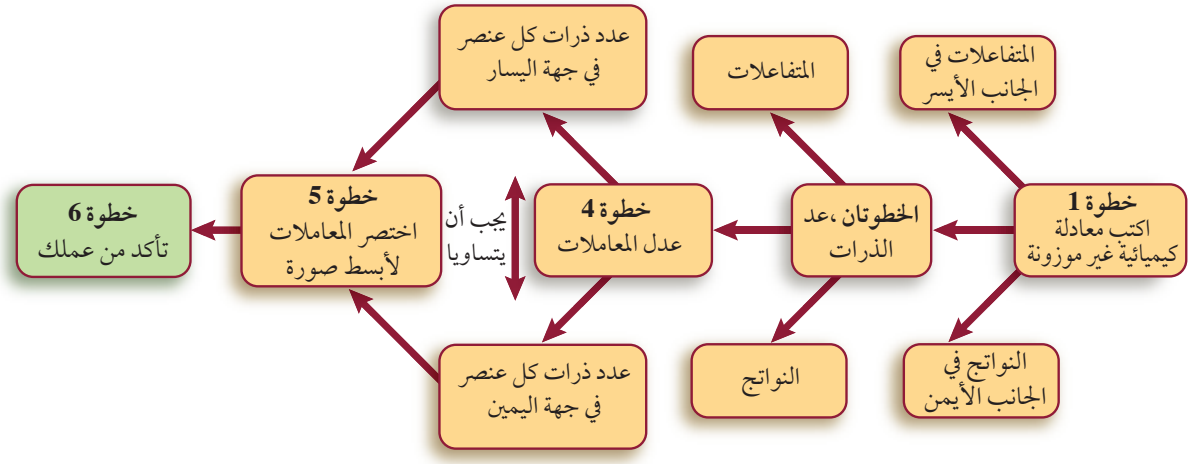
واقع الكيمياء في الحياة

هيدروكسيد الكالسيوم

الأحواض المائية للشعب المرجانية

يستعمل محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي في الأحواض المائية للشعب المرجانية؛ لتزويد الحيوانات -كالحلزون والمرجان- بعنصر الكالسيوم، حيث يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون في الماء لإنتاج أيونات الكالسيوم والبيكربونات.

وتستعمل حيوانات الشعب المرجانية الكالسيوم لبناء أصدافها وأجهزتها الهيكلية بصورة قوية.



الشكل 6-1 إن القدرة على وزن المعادلات أساسية لدراسة الكيمياء. استعمل هذا المخطط لمساعدتك على إتقان هذه المهارة. ولاحظ أن الخطوات المرقمة تقابل الخطوات في **المثال 1-3** .

تقويم الدرس 1- 3

الخلاصة

- بعض التغيرات الفيزيائية أدلة تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- توفر المعادلات اللفظية الكيميائية والرمزية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- توضح المعادلة الكيميائية أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في كلا طرفيها.

1. الفكرة الرئيسة **فسّر** ما أهمية وزن المعادلات الكيميائية؟
2. **عدّد** ثلاثة من الأدلة التي تشير إلى حدوث التفاعل الكيميائي.
3. **قارن** بين المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية.
4. **فسّر** لماذا يجب اختصار المعاملات في المعادلة الموزونة إلى أبسط نسبة من الأعداد الصحيحة.
5. **حلّل** هل يمكنك لدى وزن معادلة كيميائية تعديل الرموز السفلى في الصيغة؟
6. **قوّم** هل المعادلة الآتية موزونة؟ إذا لم تكن كذلك فصحح المعاملات لوزنها:

$$2K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbCrO_{4(S)}$$

7. **قوّم** يتفاعل محلول حمض الفوسفوريك المائي مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي لإنتاج فوسفات الكالسيوم الصلبة والماء. اكتب معادلة موزونة تعبر عن هذا التفاعل.

تصنيف التفاعلات الكيميائية
Classifying Chemical Reactions

تساؤلات جوهرية

- كيف نصنف التفاعلات الكيميائية ؟
- ما هي مميزات كل صنف من أصناف التفاعلات الكيميائية؟
- ما المعلومات الإضافية في المعادلة الأيونية؟

مراجعة المفردات

الفلز: عنصر يكون صلبًا في درجة حرارة الغرفة، وموصلًا جيدًا للحرارة والكهرباء، ولامعًا بصورة عامة.

المفردات الجديدة

تفاعل التكوين
تفاعل الاحتراق
تفاعل التفكك
تفاعل الإحلال البسيط
تفاعل الإحلال المزدوج
المعادلة الأيونية الكاملة
المعادلة الأيونية النهائية
الأيون المتفرج

الفكرة الرئيسة **هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.**

الربط بواقع الحياة قد تحتاج إلى وقت طويل للعثور على رواية 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 يوميًا. إن معرفة أنواع التفاعلات الكيميائية يمكن أن يساعدك على تذكرها وفهمها، كما أنه يساعدك على تعرّف أنواعها 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 هو تفاعل كيميائي تتحد فيه مادتان أو أكثر لتكوين مادة واحدة ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة الآتية:

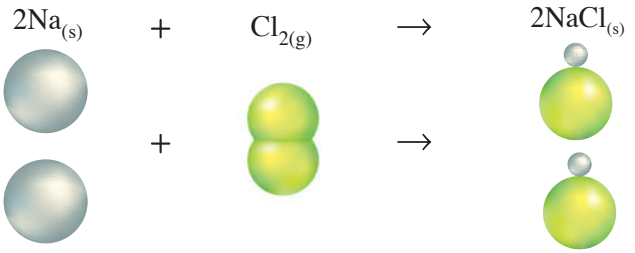
$$A + B \rightarrow AB$$

عندما يتفاعل عنصران فإن التفاعل يكون دائمًا تفاعل تكوين كما في **الشكل 2-1** الذي يوضح تفاعل عنصر الصوديوم مع عنصر الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم. كما يمكن أن يتحد مركبان لتكوين مركب واحد. فمثلا، التفاعل بين أكسيد الكالسيوم CaO والماء H_2O لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ هو تفاعل تكوين.

$$CaO_{(S)} + H_2O_{(1)} \rightarrow Ca(OH)_{2(S)}$$

وهناك نوع آخر من تفاعلات التكوين يتضمن تفاعل مركب مع عنصر، مثل تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع غاز الأكسجين O_2 لتكوين غاز ثالث أكسيد الكبريت .

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$$



الشكل 2-1 يتفاعل عنصرا الصوديوم والكلور لتكوين مركب واحد، هو كلوريد الصوديوم، (تفاعل تكوين)

الشكل 2-2 الضوء الناتج من هذه التجربة هو نتيجة تفاعل احتراق بين الأكسجين وفلز الماغنيسيوم.

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

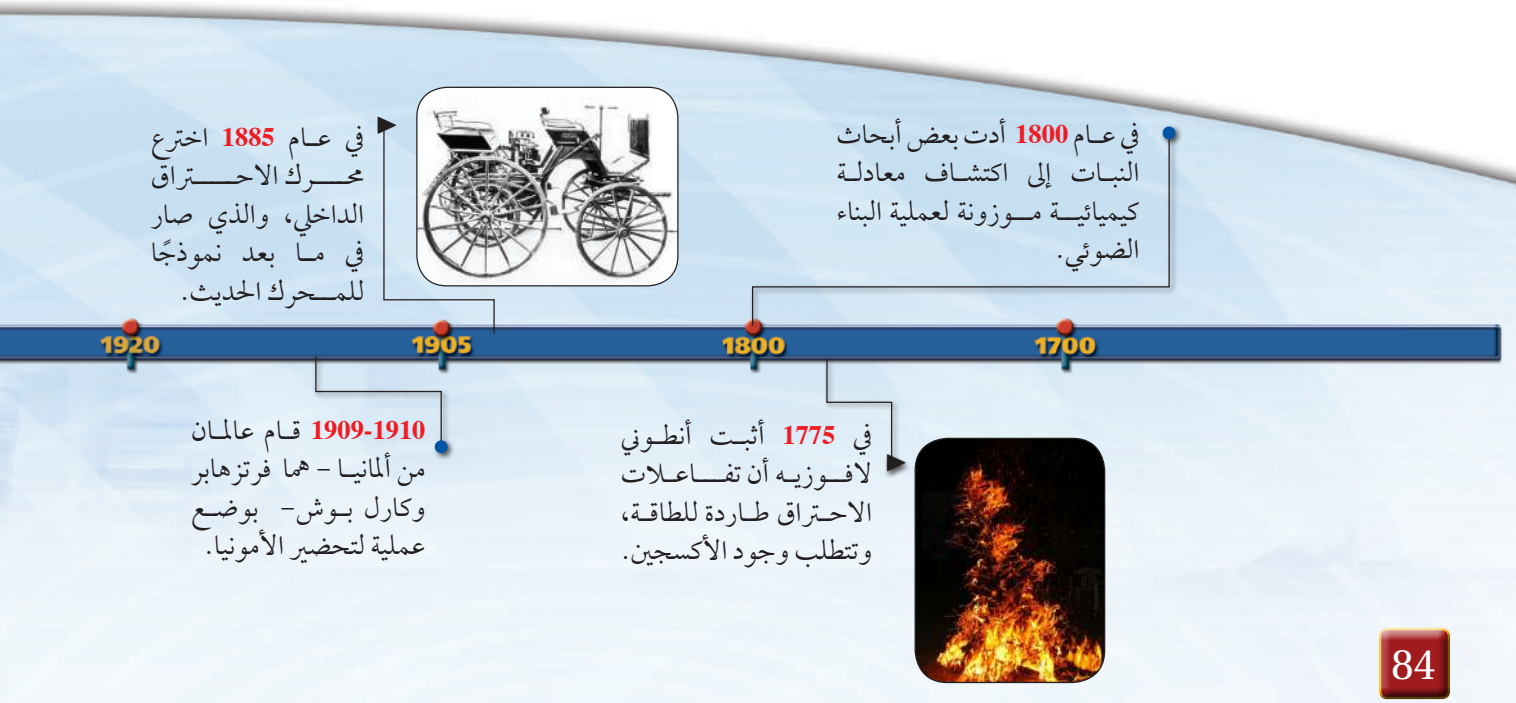
المفردات

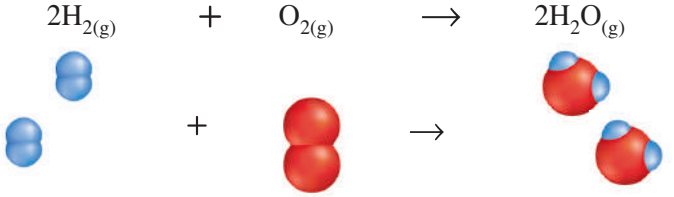
أصل الكلمة

الاحتراق (**Combustion**): أصل هذه الكلمة لاتيني، كومبور، وتعني يحترق.

يمكن أن يصنف تفاعل تكوين ثالث أكسيد الكبريت على أنه تفاعل احتراق أيضًا. في **تفاعل الاحتراق** كما هو مبين في **الشكل 2-2** 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. فيحدث تفاعل الاحتراق مثلًا بين الهيدروجين والأكسجين عندما يسخَّن الهيدروجين كما هو مبين في **الشكل 2-3**، حيث يتكون الماء خلال التفاعل، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة. كما يحدث تفاعل احتراق مهم عند حرق الفحم للحصول على طاقة، بحسب المعادلة الآتية:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$





الشكل 3-2 يتكون الماء خلال تفاعل الاحتراق بين غازي الهيدروجين والأكسجين.
حلل لماذا يعد هذا التفاعل تفاعل احتراق وتفاعل تكوين أيضًا؟

لاحظ أن جميع تفاعلات الاحتراق ـ التي ذُكرت ـ هي تفاعلات تكوين أيضًا، لكن ليس كل تفاعلات الاحتراق تفاعلات تكوين. فمثلاً، ينتج تفاعل احتراق غاز الميثان أكثر من مركب، كما هو مبين في المعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الميثان هو المكون الرئيسي 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 المعاصرة.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات الآتية، وصنف كل تفاعل منها:

1. تفاعل الألومنيوم الصلب والكبريت الصلب لإنتاج كبريتيد الألومنيوم الصلب.
2. تفاعل الماء وغاز خامس أكسيد النيتروجين لإنتاج محلول حمض النيتريك.
3. تفاعل غازي ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين، لإنتاج غاز خامس أكسيد النيتروجين.
4. **تحدٍّ** تفاعل محلولي حمض الكبريتيك وهيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول كبريتات الصوديوم والماء.

الشكل 4-2
تفاعلات كيميائية من واقع الحياة
عمل الناس على مر العصور على فهم الطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاستفادة منها في حل مشاكلهم.

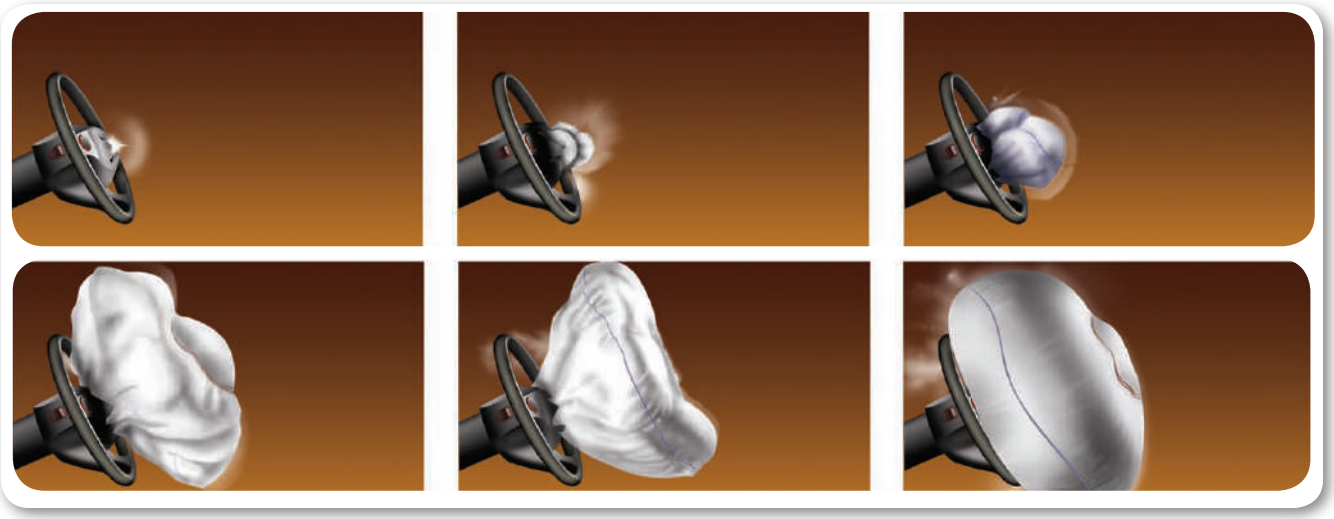
1974-1978 أثبت الباحثون أن الكلوروفلوروكربونات CFCs تستنزف طبقة الأوزون. لذلك تم حظر استعمال علب الرش الدفعي التي تحتوي الأوزون.

2004 اكتشف العلماء أن الطيور المهاجرة تسترشد بتفاعلات كيميائية تحدث في أجسامها وتتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض.

2010 — 1995 — 1980 — 1965 — 1950

في عام **1995** استعان الباحثون بالمجهر الذري لإحداث تفاعلات كيميائية، وملاحظة آلية حدوثها على المستوى الجزيئي، مما مهد لهندسة النانو.

في عام **1952** غطى دخان كثيف من ثاني أكسيد الكبريت وبعض نواتج احتراق الفحم مدينة لندن مدة خمسة أيام وتسبب في 4000 حالة وفاة.



الشكل 5-2 تفكك أزيد الصوديوم NaN_3، الذي ينتج غاز النيتروجين، وهو التفاعل الذي يستعمل في نفخ أكياس الهواء في السيارات.

تفاعلات التفكك Decomposition Reactions

تفاعل التفكك تفاعل يتفكك فيه مركب واحد لإنتاج عنصرين أو أكثر أو مركبات جديدة. ولهذا فإن تفاعلات التفكك هي عكس تفاعلات التكوين. ويمكن تمثيلها بالمعادلة العامة الآتية:

$$AB \rightarrow A + B$$

وغالبًا ما تحتاج تفاعلات التفكك لكي تحدث إلى مصدر للطاقة، كالحرارة، أو الضوء، أو الكهرباء. فتتفكك نترات الأمونيوم مثلًا إلى أكسيد النيتروجين الأحادي وماء، عندما تسخن إلى درجة حرارة عالية:

$$NH_4NO_{3(S)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

لاحظ أن هذا التفاعل يتضمن تفكك مادة متفاعلة واحدة إلى أكثر من ناتج. ومن الأمثلة المشهورة على تفاعلات التفكك تفكك أزيد الصوديوم وفق المعادلة الآتية:

$$2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

ويستعمل هذا التفاعل في نفخ أكياس الهواء (أكياس السلامة) في السيارات، كما هو مبين في **الشكل 5-2**، حيث يوضع في الكيس مع الأزيد جهاز يوفر شرارة كهربائية لبدء التفاعل. وعندما ينشط الجهاز نتيجة الاصطدام يتحلل أزيد الصوديوم منتجًا غاز النيتروجين الذي ينفخ الكيس بسرعة.

ماذا قرأت؟ **قارن** ما الفرق بين تفاعل التكوين وتفاعل التفكك؟

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات التحلل الآتية:

5. يتفكك أكسيد الألومنيوم الصلب عندما تسري فيه الكهرباء.
6. يتفكك هيدروكسيد النيكل II الصلب لإنتاج أكسيد النيكل II الصلب والماء.
7. **تحدٍّ** ينتج عن تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية الصلبة كربونات الصوديوم الصلبة وبخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

ليثيوم + ماء

نحاس + نترات الفضة

الشكل 2-6 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 يسمى التفاعل الذي تحل فيه ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب **تفاعل الإحلال البسيط** Single Replacement Reaction، ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة الآتية:

$$A + BX \rightarrow AX + B$$

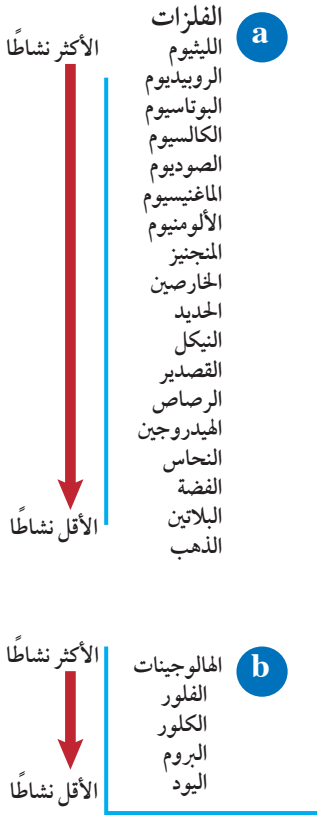
- **الفلزات تحل محل هيدروجين الماء** يبين الشكل **(a) 2-6** التفاعل بين الليثيوم والماء، حيث تحل فيه ذرة ليثيوم محل ذرة واحدة من ذرتي الهيدروجين في الماء، كما توضحه المعادلة الآتية:

$$2Li_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2LiOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- **الفلزات تحل محل فلز آخر** يحدث نوع آخر من الإحلال البسيط عندما يحل فلز محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء. ويبين **الشكل (b) 2-6** 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، أو قدرتها على التفاعل مع مادة أخرى. ويبين **الشكل (a) 2-7** 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 في سلسلة نشاط بطريقة مشابهة، كما هو مبين في **الشكل (b) 2-7**.



الشكل 2-7 سلاسل النشاط الكيميائي كالمبينة هنا للفلزات والهالوجينات هي أدوات مفيدة في تحديد إمكانية حدوث تفاعل كيميائي، وتحديد نواتج تفاعلات الإحلال البسيط.

يمكنك استعمال سلسلة النشاط الكيميائي لتتوقع 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. فمثلا، 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.

$$Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow NR$$

• **الفلزات تحل محل هيدروجين الحمض** يحل الفلز محل الهيدروجين في الحمض عندما يكون أكثر نشاطًا. يُعطي التفاعل ملح الفلز وغاز الهيدروجين كما في تفاعل الخارصين مع محلول حمض الهيدروكلوريك.

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

• **اللافلز يحل محل اللا فلز** هناك نوع ثالث من تفاعلات الإحلال البسيط يتم فيه استبدال لافلز في مركب بلافلز آخر، كما هو شائع في بعض تفاعلات الهالوجينات. فالهالوجينات كالفلزات، فهي تظهر مستويات مختلفة من النشاط في تفاعلات الإحلال. ويوضح **الشكل (b) 2-7** سلسلة النشاط الكيميائي للهالوجينات، التي تبين أن الفلور أنشط الهالوجينات، واليود أقلها نشاطًا. فالهالوجين الأنشط يحل محل الهالوجين الأقل نشاطًا في محاليل مركباته. فالفلور مثلًا يحل محل البروم في محلول مائي لبروميد 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؟

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 أغلفتها الخارجية سبعة إلكترونات. ومع ذلك، فلكل هالوجين ما يميزه من الخواص، ومن ذلك مدى قابلية التفاعل مع مادة أخرى.

التحليل

تفحص جدول البيانات المبين. والذي يشتمل على نصف القطر الذري، وطاقة التأين، والكهروسالبية لبعض الهالوجينات.

التفكير الناقد

1. ارسم خطًا بيانيًا يمثل العلاقة بين العدد الذري للعناصر والبيانات المعطاة في الجدول المرفق (كلٍ على حدة)

خواص الهالوجينات			
الهالوجين	نصف القطر الذري (ppm)	طاقة التأين (KJ/mol)	الكهروسالبية
الفلور	72	1681	3.98
الكلور	100	1251	3.16
البروم	114	1140	2.96
اليود	133	1008	2.66
الإستاتين	140	920	2.2

2. صف كيف تتغير خواص الهالوجينات الثلاث وفق البيانات الموضحة في الجدول.

3. ما العلاقة بين تغير خواص الهالوجينات الموضحة في الجدول، وبين موقعها في سلسلة النشاط؟ الشكل **(2-7)**

4. توقع موقع عنصر الإستاتين As في سلسلة نشاط الهالوجينات. فسر إجابتك.

مثال 1-2

تفاعلات الإحلال البسيط توقع نواتج التفاعلات الكيميائية الآتية، 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 2-7** لتحدد ما إذا كان كل من التفاعلات الكيميائية السابقة سيحدث أم لا، وحدِّد نواتج كل تفاعل متوقع، واكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل وزنها.

2 حساب المطلوب

a. يقع الحديد قبل النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا فإن التفاعل سيحدث لأن الحديد أنشط من النحاس. وفي هذه الحالة سيحل الحديد محل النحاس، وتكون المعادلة الكيميائية للتفاعل على النحو الآتي:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

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 الآتية:

$$Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow NR$$

وفي هذه الحالة لا تتطلب المعادلة وزنًا.

c. يقع الماغنيسيوم قبل الألومنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا فإن التفاعل سيحدث لأن الماغنيسيوم أنشط من الألومنيوم. وفي هذه الحالة سيحل الماغنيسيوم محل الألومنيوم، كما هو موضح في المعادلة الكيميائية 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 2-7** التوقعات. المعادلات الكيميائية موزونة؛ لأن عدد الذرات متساوٍ في طرفي المعادلة.

مسائل تدريبية

توقع ما إذا كانت تفاعلات الإحلال البسيط الآتية ستحدث أم لا، وأكمل المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة لكل تفاعل يتوقع حدوثه:

8. $Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow$

9. $Cl_{2(g)} + HF_{(aq)} \rightarrow$

10. $Fe_{(s)} + Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow$

11. تحدّ $Al_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

تفاعلات الإحلال المزدوج تتضمن **تفاعلات الإحلال المزدوج** Double Replacement Reaction تبادل الأيونات بين مركبين، كما هو مبين في المعادلة العامة الآتية:

$$AX + BY \rightarrow AY + BX$$

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.

المختبر الافتراضي

استخدم المختبر الافتراضي لإجراء بعض التفاعلات . حاول تصنيفها.

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.

- **التفاعل الذي ينتج راسبًا** تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II هو تفاعل إحلال مزدوج.

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أن الأيونين السالبين Cl^- و OH^- قد غَيَّرا موقعيهما وارتبطا بأيونين موجبين آخرين Na^+ و Cu^{2+}. ويبين **الشكل 2-8** أن ناتج هذا التفاعل راسب وهو مادة صلبة لا تذوب في الماء هي هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$.

- **التفاعلات التي تكون الماء** تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مثلًا وحمض الهيدروكلوريك الموضح في المعادلة الآتية 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^- و OH^- قد غيّرا موقعيهما، وارتبطا بالأيونين الموجبين Ca^{2+} و H^+ ، على الترتيب.

- **التفاعلات التي تنتج الغاز** من تفاعلات الإحلال المزدوج التي تنتج غازًا، تفاعل سيانيد البوتاسيوم KCN وحمض الهيدروكلوريك HCl.

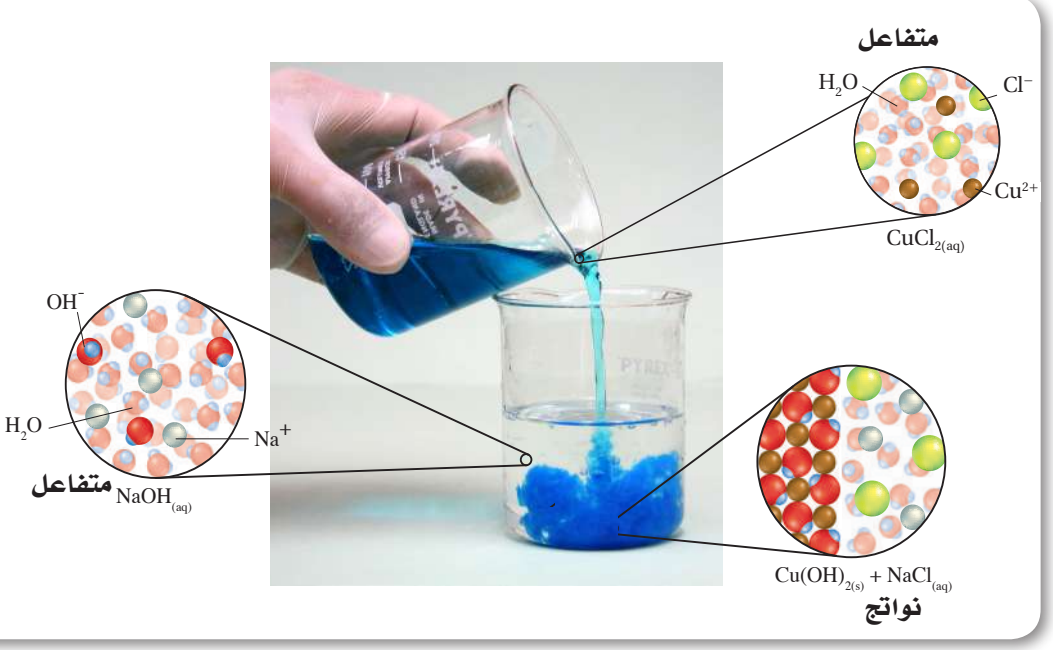
$$KCN_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + HCN_{(g)}$$

ويبين **الجدول 2-1** الخطوات الأساسية لكتابة معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج.

جدول 2-1 الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج

الخطوات	مثـــال
1. اكتب الصيـغ الكيميائية للمتفاعلات في المعادلة الكيميائية.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
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. زاوج بين كل أيون موجب والأيون السالب في المركب الآخر.	Al^{3+} يتزاوج مع SO_4^{2-} H^+ يتزاوج مع NO_3^-
4. اكتب الصيـغ الكيميـائية للنواتج مستخدمًا الأزواج في الخطوة **3**.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
5. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الإحلال المزدوج.	$Al(NO_3)_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + HNO_{3(aq)}$
6. زن المعادلة.	$2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + 6HNO_{3(aq)}$

ماذا قرأت؟ **صف** ما يحدث للأيونات السالبة في تفاعلات الإحلال المزدوج.



الشكل 2-8 يتفكك NaOH في الماء إلى أيوني Na^+ و OH^-، كما يتفكك $CuCl_2$ إلى أيوني Cu^{2+} و Cl^-.
عندما يضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كلوريد النحاس II $CuCl_2$ تتبادل أيونات Cl^- و OH^- مواقعها، وينتج عن التفاعل كلوريد الصوديوم الذي يبقى في المحلول، وهيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$ الذي يترسب على شكل مادة صلبة زرقاء اللون.

الجدول 2-2	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 و أكسجين • 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	$AB \rightarrow A + B$
الاحلال البسيط	فلز ومركب لافلز ومركب	مركب جديد والفلز المستعاض عنه مركب جديد واللافلز المستعاض عنه	$A + BX \rightarrow AX + B$
الاحلال المزدوج	مركبان	مركبان مختلفان، أحدها صلب، أو ماء، أو غاز.	$AX + BY \rightarrow AY + BX$

يلخص **الجدول 2-2** أنواع التفاعلات الكيميائية. يمكنك الاستعانة بالجدول في معرفة أنواع التفاعلات المختلفة وتوقع نواتجها. على سبيل المثال، كيف تحدد نوع التفاعل بين أكسيد الكالسيوم الصلب و غاز ثاني أكسيد الكربون في إنتاج كربونات الكالسيوم الصلبة؟ أولاً، اكتب المعادلة الكيميائية.

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$$

ثانيًا، حدد ما الذي يحدث في التفاعل. في هذه الحالة، تتفاعل مادتان وينتج عنهما مركب واحد. ثالثًا، استعن بالجدول لتحديد نوع التفاعل. التفاعل هو تفاعل تكوين. رابعًا، افحص إجابتك بمقارنة معادلة التفاعل بالمعادلة العامة لنوع التفاعل.

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$$
$$A + B \rightarrow AB$$

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج الآتية.

12. تتفاعل المادتان عن اليسار معًا لإنتاج يوديد الفضة الصلب ومحلول نترات الليثيوم.

13. يتفاعل محلول كلوريد الباريوم مع محلول كربونات البوتاسيوم لإنتاج كربونات الباريوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.

14. يتفاعل محلول كبريتات الصوديوم مع محلول نترات الرصاص II لإنتاج كبريتات الرصاص II الصلبة ومحلول نترات الصوديوم.

15. تحدٍّ يتفاعل حمض الإيثانويك مع هيدروكسيد البوتاسيوم لإنتاج إيثانوات البوتاسيوم CH_3COOK والماء.

المعادلات الأيونية Ionic Equations

المركبات الأيونية في المحلول تتكون المركبات الأيونية من أيونات موجبة وأيونات سالبة مرتبطة معًا بروابط أيونية. وعندما تذوب المركبات الأيونية في الماء فإن أيوناتها يمكن أن تنفصل بعضها عن بعض. وتسمى هذه العملية بالتفكك. فالمحلول المائي لكلوريد الصوديوم مثلًا يحتوي على أيونات Na^+ و Cl^-.

كيف تكتب المعادلة الأيونية؟ لتوضيح تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية، يستخدم الكيميائيون المعادلات الأيونية. وهي تختلف عن المعادلات الكيميائية في أن 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 **بالمعادلة الأيونية الكاملة** Complete Ionic Equation. لاحظ أن أيونات الصوديوم والكلور مواد متفاعلة وناتجة في الوقت نفسه، أيْ أنها لم تشارك في التفاعل، ولهذا تسمى **أيونات متفرجة** Spectator Ions. وهي عادة لا تظهر في المعادلات الأيونية. وعند شطب هذه الأيونات من طرفي المعادلة الأيونية تحصل على ما يسمى **المعادلة الأيونية النهائية** Net Ionic Equation، وهي تشتمل على الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط.

$$2\cancel{Na^+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2\cancel{Cl^-}_{(aq)} \rightarrow 2\cancel{Na^+}_{(aq)} + 2\cancel{Cl^-}_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أنه لم يتبق سوى أيونات الهيدروكسيد والنحاس في المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، الموضحة أدناه:

$$2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu(OH)_{2(s)}$$

ماذا قرأت؟ قارن فيم تختلف المعادلات الأيونية عن المعادلات الكيميائية؟

مثال 3-1

اكتب المعادلة الكيميائية، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلولي نترات الباريوم $Ba(NO_3)_2$ وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 والذي يكوّن راسبًا من كربونات الباريوم $BaCO_3$.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت أسماء ورموز المتفاعلات والنواتج للتفاعل. 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. التي تشتمل على مواد أقل من المعادلات الأخرى.

مثال 1-3

2 حساب المطلوب

استخدم الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل لكتابة المعادلة الكيميائية له:

زن المعادلة الكيميائية

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

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

تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في **الشكل 7-2** التوقعات. فالمعادلات موزونة؛ لأن عدد الذرات متساوٍ في طرفيها. وتحتوي المعادلة الكيميائية النهائية على عدد أقل من المركبات، وتبين الأيونات المتفاعلة لتكوينِ الراسب (المادة الصلبة).

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية أيونية كاملة، وأيونية نهائية لكل من التفاعلات الآتية، مستخدمًا (NR) لبيان عدم حدوث تفاعل.

16. عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم ونترات الفضة تكوّن راسب من يوديد الفضة.

17. عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم لم يتكون أي راسب، ولم يتصاعد أي غاز.

18. عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم تكوّن راسب من هيدروكسيد الألومنيوم.

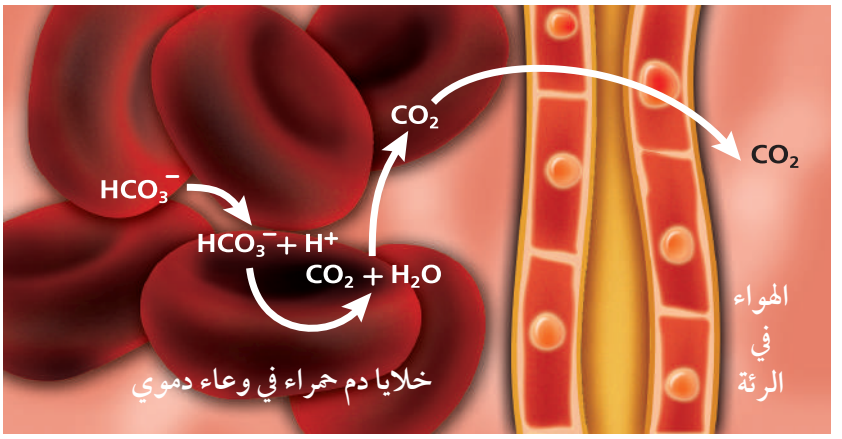
19. عند خلط حمض الكبريتيك بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم.

20. عند خلط كبريتيد الهيدروجين بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم.

21. يتفاعل حمض الكبريتيك مع محلول سيانيد الصوديوم لتكوين غاز سيانيد الهيدروجين ومحلول كبريتات الصوديوم.

22. يتفاعل حمض الهيدروبروميك مع محلول كربونات الأمونيوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء.

23. **تحدّ** يتفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص لتكوين يوديد الرصاص الصلب.



الشكل 9-2 بعد أن يدخل أيون البيكربونات HCO_3^- خلية دم حمراء، يتفاعل مع أيون هيدروجين H^+ لتكوين ماء وثاني أكسيد الكربون CO_2، الذي يخرج من الرئتين مع هواء الزفير.

مهن في الكيمياء

المختص في الكيمياء الحيوية هو 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 *إن التفاعل بين كل من أيونات الهيدروجين وأيونات البيكربونات لإنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون هو تفاعل مهم في جسمك. إنه يحدث في الأوعية الدموية في رئتيك. وكما هو مبين في **الشكل 9-2** فإن ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج في خلايا جسمك ينتقل في دمك على شكل أيونات البيكربونات HCO_3^-. وعندما تمر هذه الأيونات في الأوعية الدموية لرئتيك تتحد مع أيونات الهيدروجين H^+ لإنتاج 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.

* للإطلاع فقط.

تقويم الدرس 2-3

الخلاصة

- تصنيف التفاعلات الكيميائية يسهّل فهمها وتذكرها وتعرّفها.
- يمكن استخدام سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات لتوقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.
- عندما تذوب المواد الأيونية في الماء فإن أيوناتها تنفصل.
- قد تتفاعل الأيونات بعضها مع بعض عند خلط محاليل المواد الأيونية. أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادةً.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

1. الفكرة الرئيسة **صف** الأنواع الأربعة من التفاعلات الكيميائية وخواصها.
2. **وضح** كيف تنظم سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات؟
3. **قارن** بين تفاعلات الإحلال البسيط والإحلال المزدوج.
4. **صف** نتيجة تفاعل الإحلال المزدوج.
5. **صنّف** ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.
6. **فسّر البيانات** هل يمكن للتفاعل الآتي أن يحدث؟ فسّر إجابتك.

$$Ni_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Ni(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Ag_{\,(s)}$$

7. **ميّز** المعادلة الأيونية الكاملة من المعادلة الأيونية النهائية.
8. **اكتب** المعادلة الرمزية الأيونية الكاملة والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الكبريتيك H_2SO_4 وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

$$H_2SO_{4(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaSO_{4(s)}$$

9. **حلّل** أكمل المعادلة الآتية وزنها:

$$HBr_{(aq)} + KCN_{(aq)} \rightarrow$$

10. **توقّع** ما نوع الناتج الذي سيتكون على الأرجح من التفاعل الآتي؟ فسِّر ذلك.

$$Ba(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow$$

11. **صغ معادلات** يحدث تفاعل عندما يخلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول مائي من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية $KHCO_3$، وينتج محلول نترات البوتاسيوم KNO_3. اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

التألق الحيوي

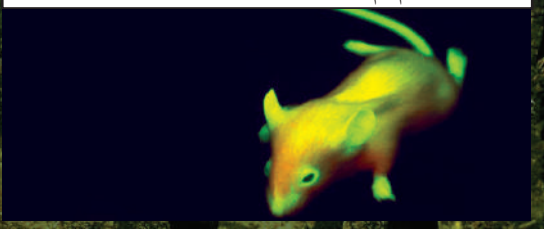
عندما يتجمع اليراع (خنافس مضيئة) في الظلام، يعلن أحد الذكور عن وجوده بإرسال إشارة من الضوء الأصفر المخضر، فتجيب أنثى قريبة من الأرض نداءه، فيهبط في اتجاهها. وقد ينتج عن ذلك تزاوج ناجح، أو قد يُلتهم بشراهة إذا خدعته أنثى من نوع آخر من اليراع. إن إنتاج اليراعة للضوء هو نتيجة عملية كيميائية تسمى التألق(التلألؤ) الحيوي. وهي استراتيجية يستعملها العديد من الكائنات الحية في بيئات كثيرة مختلفة. فكيف تعمل؟

1 **الخنافس المضيئة** ليس ذبابًا على الإطلاق، ولكنها مجموعة من الخنافس التي ترسل ومضاتها للتزاوج، كما أنها تستعمل ضوءها لخداع فريستها. وينبعث الضوء الأصفر المخضر من خلايا في جذعها الأسفل، وتبلغ طول موجته من 510 إلى 670 nm.

2 **التألق الحيوي** ينتج وميض اليراع عن تفاعل كيميائي. والمتفاعلات هي الأكسجين، واللوسفرين (مادة مشعة للضوء توجد في بعض الكائنات). ويسرِّع إنزيم يسمى اللوسفريز التفاعل الذي يؤدي إلى إنتاج الأوكسيلوسفرين وطاقة على شكل ضوء.

3 **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 كائنات مختلفة، كالجرذان، لأغراض البحث العلمي في مجالات السرطان، والملاريا، والعمليات الخلوية. ونظرًا إلى أهمية هذا الاكتشاف فقد منح مكتشفو البروتين المشع جائزة نوبل في الكيمياء لعام 8م.



الكتابة في الكيمياء

ابحث حدِّد أنواعًا مختلفة من الكائنات الحية تستعمل التألق الحيوي، واعمل كتيبًا يوضح لماذا يكون التألق الحيوي فعالاً في هذه الكائنات؟

* للإطلاع فقط.

ملخص الدراسة

الفكرة العامة تحول ملايين التفاعلات الكيميائية من حولك وفي داخل جسمك المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة أو امتصاصها.

3-1 التفاعلات و المعادلات

الفكرة الرئيسة تمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

المفردات

- التفاعل الكيميائي
- المتفاعلات
- النواتج
- المعادلة الكيميائية الموزونة
- المعامل
- الراسب

المفاهيم الرئيسة

- بعض التغيرات الفيزيائية أدلة تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- توفر المعادلات اللفظية والكيميائية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- تحدد المعادلات الكيميائية أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في كل من طرفي المعادلة.

3-2 تصنيف المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

المفردات

- تفاعل التكوين
- تفاعل الاحتراق
- تفاعل التفكك
- تفاعل الإحلال البسيط
- تفاعل الإحلال المزدوج
- المعادلة الأيونية الكاملة
- الأيون المتفرج
- المعادلة الأيونية النهائية

المفاهيم الرئيسة

- يُسهّل تصنيف التفاعلات الكيميائية فهمها وتذكرها، وتعرفها.
- تستعمل سلسلتي النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.
- عندما تذوب بعض المركبات الأيونية في الماء تنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات بعضها مع بعض، أما جزيئات المذيب لا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات إحلال مزدوج.
- تُظهر المعادلة الأيونية النهائية الأيونات التي تفاعلت فقط وتختصر الأيونات المتفرجة.

3 تقويم الفصل

ملاحظة: يمكنك الاستعانة بالجداول المرجعية في آخر الكتاب للتعرف على صيغ بعض الأيونات التي لم تتعرض لها بالدرس.

3-1

إتقان المفاهيم

1. عرّف المعادلة الكيميائية.
2. ميّز بين التفاعل الكيميائي والمعادلة الكيميائية.
3. وضح الفرق بين المتفاعلات والنواتج.
4. هل يشير تحول مادة إلى مادة جديدة دائمًا إلى حدوث تفاعل كيميائي؟ فسِّر إجابتك.
5. حدِّد المتفاعلات في التفاعل الآتي: عند إضافة البوتاسيوم إلى محلول نترات الخارصين، يتكون الخارصين ومحلول نترات البوتاسيوم.
6. زن المعادلة الكيميائية الآتية:

$$H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

7. 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. $CaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)} + NaCl_{(aq)}$

8. زن المعادلتين الكيميائيتين الآتيتين:

a. $(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

b. $CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + O_{2(g)}$

إتقان حل المسائل

9. يتحلل يوديد الهيدروجين إلى غاز الهيدروجين وغاز اليود في تفاعل التفكك. اكتب معادلة كيميائية رمزية تبين هذا التفاعل.
10. اكتب معادلة كيميائية للتفاعل بين الليثيوم الصلب وغاز الكلور لإنتاج كلوريد الليثيوم الصلب.
11. اكتب معادلات كيميائية للتفاعلات الآتية:

a. ثالث أكسيد الكبريت(g) + ماء (l) ⟵ حمض الكبريتيك (aq)

b. ماغنسيوم (s) + كلوريد الحديد III (s) ⟵ حديد (s) + كلوريد الماغنيسيوم (aq)

c. أكسجين(g) + كلوريد النيكل II (s) ⟵ أكسيد النيكل II (s) + خماسي أكسيد ثنائي الكلور.

12. زن المعادلات الكيميائية للتفاعلات في سؤال 67.
13. اكتب معادلات كيميائية للتفاعلات الآتية:

a. عند حرق غاز البيوتان C_4H_{10} في الهواء ينتج ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

b. يتفاعل الماغنيسيوم الصلب مع غاز النيتروجين لإنتاج نيتريد الماغنيسيوم الصلب.

c. عند تسخين غاز ثاني فلوريد الأكسجين OF_2 ينتج غاز الأكسجين وغاز الفلور.

3-2

إتقان المفاهيم

14. اذكر أنواع التفاعلات الكيميائية الأربعة، وأعط مثالاً واحدًا على كل منها.
15. ما نوع التفاعل بين مادتين لتكوين ناتج واحد؟
16. أي فلز سيحل محل الفلز الآخر في تفاعلات الإحلال في كل من الأزواج الآتية:

a. القصدير والصوديوم

b. الفلور واليود

c. الرصاص والفضة

d. النحاس والنيكل

17. أكمل المعادلة اللفظية الآتية:

مذيب + مذاب ⟵

18. ما أنواع النواتج الشائعة عندما تحدث التفاعلات في محاليل مائية؟
19. قارن بين المعادلات الكيميائية والمعادلات الأيونية.

20. ما المعادلة الأيونية النهائية؟ وفيم تختلف عن المعادلة الأيونية الكاملة؟

21. عرف الأيون المتفرج.

إتقان حل المسائل

22. صنف التفاعلات الواردة في سؤال 67 .

23. صنف التفاعلات الواردة في سؤال 69.

24. اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل احتراق الميثانول السائل CH_3OH.

25. اكتب معادلات كيميائية رمزية لكل من تفاعلات التكوين الآتي:

a. فلور + بورون ⟵

b. كبريت + جرمانيوم ⟵

c. نيتروجين + كالسيوم ⟵

26. الاحتراق اكتب معادلة كيميائية رمزية لاحتراق كل من المواد الآتية:

a. الباريوم الصلب

b. البورون الصلب

c. الأسيتون السائل C_3H_6O

d. الأوكتان السائل C_8H_{18}

27. اكتب معادلات كيميائية لفظية لتفاعلات التفكك الآتية:

a. بروميد الماغنيسيوم ⟵

b. أكسيد الكوبلتII ⟵

c. كربونات الباريوم ⟵

أكسيد الباريوم + ثاني أكسيد الكربون

28. اكتب معادلات كيميائية لفظية لتفاعلات الإحلال البسيط الآتية التي قد تحدث في الماء: (وإذا لم يحدث تفاعل فاكتب NR في مكان النواتج).

a. نيكل + كلوريد الماغنيسيوم ⟵

b. كالسيوم + بروميد النحاسII ⟵

c. ماغنيسيوم + نترات الفضة ⟵

29. أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:

a. $Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

b. $K_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

c. $CuCl_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow$

30. 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. $HCl_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(1)} + NH_4Cl_{(aq)}$

c. $HNO_{3(aq)} + KCN_{(aq)} \rightarrow HCN_{(g)} + KNO_{3(aq)}$

d. $2HClO_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Ca(ClO)_{2(aq)}$

أسئلة متنوعة

31. توقع ما إذا كان كل من التفاعلات الآتية سيحدث في المحاليل المائية. وإذا توقعت أن التفاعل لا يحدث فاكتب NR: (ملاحظة: كبريتات الباريوم وبروميد الفضة يترسبان في المحاليل المائية).

a. $NaOH + (NH_4)_2\,SO_{4(aq)} \rightarrow$

b. $CuSO_4 + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

c. $Mg\,Br_2 + AgNO_{3(aq)} \rightarrow$

32. 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 يحتوي على راسب؟

b. وما الراسب؟

c. اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

d. صنف هذا التفاعل.

33. ميز بين مركب أيوني ومركب جزيئي مذابين في الماء. وهل تتأين المواد الجزيئية جميعها عند إذابتها في الماء؟ فسِّر إجابتك.

التفكير الناقد

34. توقّع وضعت قطعة من فلز الألومنيوم في محلول KCl المائي، ووضعت قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول $AgNO_3$ المائي. فهل يحدث تفاعل في كل من الحالتين؟ ولماذا؟

35. طبّق اكتب المعادلة الكيميائية والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية. (إذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR في مكان النواتج). فوسفات الماغنيسيوم تترسب في المحلول المائي.

a. $KNO_{3(aq)} + CsCl_{(aq)} \rightarrow$

b. $Li_3PO_{4\,(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow$

c. $K_2S_{\,(aq)} + HCl_{\,(aq)} \rightarrow$

سؤال تحدي

36. عندما تخلط أي محلول حمضي بكربونات الصوديوم الهيدروجينية، يحدث تفاعلان متزامنان في المحلول لينتج غاز ثاني أكسيد الكربون. وأحد هذين التفاعلين تفاعل إحلال مزدوج يتكون خلاله محلول غاز الكربونيك $H_2CO_{3(aq)}$ ومحلول كلوريد الصوديوم والآخر تفاعل تفكك ينتج عنه الغاز والماء. اكتب معادلة التفاعل النهائية مرورًا بالمعادلات الأيونية.

التقويم الأضافي

الكتابة في الكيمياء

37. كيمياء المطبخ اعمل ملصقًا يصف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المطبخ.

38. وزن المعادلات اعمل لوحة تصف فيها خطوات وزن المعادلة الكيميائية؟

أسئلة المستندات

الذوبانية. يستخدم العلماء جدولاً لقواعد الذوبانية لتحديد ما إذا كان سيتكون راسب في تفاعل كيميائي.

يبين **الجدول 5-3** قواعد الذوبانية للمركبات الأيونية في الماء.

جدول 5-3 قواعد الذوبانية للمركبات الأيونية في الماء

المركب الأيوني	القاعدة
الأملاح الذائبة	أيونات عناصر المجموعة الأولى (مثل K^+، Li^+، Na^+)، و NH_4^+ تكوّن أملاحًا ذائبة. جميع أملاح النترات ذائبة. Hg_2^{2+}، Ag^+، Cu^+، Pb^{2+} معظم الكبريتات ذائبة باستثناء كبريتات Ba^{2+}، و Sr^{2+}، و pb^{2+}، أما كبريتات Ag^+، و Ca^{2+}، و Hg^{2+} فهي قليلة الذوبان.
الأملاح غير الذائبة	الهيدروكسيدات، والكبريتيدات، والأكاسيد عادة غير ذائبة، باستثناء مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+، أما عناصر أيونات المجموعة الثانية فهي قليلة الذوبان. الكرومات والفوسفات عادة غير ذائبة، باستثناء مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+.

أكمل المعادلات الآتية باستعمال قواعد الذوبانية الواردة في الجدول أعلاه. وبين هل يتكون راسب أم لا، وحدده. (وإذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR):

39. $Ca(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow$

40. $Mg_{(s)} + Na\,OH_{(aq)} \rightarrow$

41. $PbS_{(s)} + LiNO_{3(aq)} \rightarrow$

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 الإنصهار (°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 مائي؟

a. لا؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب لا يذوب في الماء.

b. لا؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة تذوب في الماء.

c. نعم؛ لأن كبريتات الصوديوم II الصلبة ستترسب 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 مرئي.

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. $Ni(OH)_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NiO_{(aq)} + H_{2(g)} + HCl_{(aq)}$

b. $Ni(OH)_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow NiCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

c. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow NiCl_{2\,(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

d. $Ni(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow NiCl_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

4. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية؟

$$Cs_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CsOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

a. تكوين **b.** احتراق

c. تفكك **d.** إحلال بسيط

5. أي التفاعلات الآتية ستحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات ؟

a. $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \longrightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(l)}$

b. $I_{2(s)} + MnBr_{2(aq)} \longrightarrow MnI_{2(aq)} + Br_{2(g)}$

c. $Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \longrightarrow SrCl_{2(aq)} + F_{2(g)}$

d. $Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \longrightarrow CoBr_{2(aq)} + Cl_{2(g)}$

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها في المختبر

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المواد	يجب اتباع خطوات التخلص من المواد.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من النفايات وفق تعليمات المعلم.
مواد حيّة	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، والبس قناعًا (كمامة) وقفازات.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة حرارة مرتفعة أو منخفضة	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلبًا 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 طلبًا للإسعاف الأولي.
الأبخرة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة	الأمونيا، الأسيتون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد قناعًا (كمامة).	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، وأخبر معلمك فورًا.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ارتد قناعًا (كمامة) واقيًا من الغبار وقفازات، وتصرف بحذر شديد عند تعاملك مع هذه المواد.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي يمكن أن تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات، مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، والقواعد كالأمونيا، وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارات واقية، وقفازات، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض المواد الكيميائية يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأسيتون، برمنجنات البوتاسيوم، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب المشتعل عند استعمال هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك فورًا، واستعمل طفاية الحريق.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحًا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	اغسل يديك جيدًا بعد الاستعمال. واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.

سلامة العين

يجب دائمًا ارتداء نظارات واقية عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس

يظهر هذا الرمز على عبوات المواد التي يمكن أن تبقع الملابس أو تحرقها.

سلامة الحيوانات

يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة الحيوانات.

نشاط إشعاعي

يظهر هذا الرمز عندما تستعمل مواد مشعة.

غسل اليدين

اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارات الواقية.

(أ)

أشباه الفلزات Metalloids العناصر التي لها الخواص الفيزيائية والكيميائية لكل من الفلزات واللافلزات.

أشعة الكاثود Cathode Rays أشعة تصدر من الكاثود، وتنتقل إلى الأنود في أنبوب الأشعة الكاثودية.

الإلكترون Electron جسيم سالب الشحنة، سريع الحركة، كتلته صغيرة جدًّا ويوجد في كل مادة، ويتحرك في الفراغ المحيط بنواة الذرة.

الأنيون Anion الأيون الذي يحمل شحنة سالبة.

الأيون Ion ذرة أو مجموعة ذرات مترابطة تحمل شحنة موجبة أو سالبة.

الأيونات أحادية الذرة Monatomic Ions الأيونات التي تتكون من ذرة واحدة فقط.

الأيون عديد الذرات Polyatomic Ion الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر مرتبطين معًا، وتسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

الأيون المتفرج Spectator Ion الأيون الذي لا يشارك في التفاعل الكيميائي.

(ب)

البروتون Proton جسيم من مكونات نواة الذرة، وشحنته موجبة (+1).

(ت)

تفاعل الإحلال البسيط Single - Replacment Reaction تفاعل كيميائي يحدث عندما تحل ذرات أحد العناصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

تفاعل الإحلال المزدوج Double - Replacment Reaction تفاعل كيميائي يحدث عن تبادل أيونات مادتين وينشأ عنه غاز، أو راسب، أو ماء.

التفاعل الكيميائي Chemical Reaction عملية يتم فيها إعادة ترتيب ذرات مادة أو مواد وتكوين مواد مختلفة ويستدل على حدوثها التفاعل بتغير درجة الحرارة، أو اللون، أو الرائحة، أو الحالة الفيزيائية.

تفاعل الإحتراق Combustion Reaction تفاعل يحدث بين مادة والأكسجين وينتج عنها طاقة في صورة ضوء وحرارة.

تفاعل التفكك Decomposition Reaction تفاعل يحدث نتيجة لتفكك أحد المركبات إلى عنصرين أو أكثر أو إلى مركبات جديدة.

تفاعل التكوين Synthesis Reaction تفاعل كيميائي تتحد فيه مادتين أو أكثر لإنتاج مادة واحدة.

تغير الحالة State Change تحول المادة من حالة إلى أخرى.

التغير الكيميائي Chemical Change العملية التي تتضمن تغير مادة أو أكثر إلى مواد جديدة، ويسمى أيضًا التفاعل الكيميائي.

التغير الفيزيائي Physical Change التغير الذي يؤثر في الخواص الفيزيائية للمادة دون أن يغير تركيبها.

(ج)

الجدول الدوري للعناصر Periodic Table of Elements جدول ينظم كل العناصر المعروفة في شبكة من الصفوف الأفقية (دورات) والصفوف العمودية (مجموعات من العائلات) مرتبة تصاعديا حسب العدد الذري.

الجزيء Molecule أصغر جزء في المركب، ويحمل صفاته. ويتكون من ارتباط ذرتين أو أكثر وتكون طاقته أقل من طاقة الذرات الداخلة في تركيبه.

(ح)

حالات المادة States of Matter الأشكال الفيزيائية للمادة في وضعها الطبيعي على الأرض: الصلبة، والسائلة، والغازية.

الحمض Acid هو كل مركب يُطلق أيونات الهيدروجين في المحلول.

الحمض الثنائي Binary Acid هو الحمض الذي يحتوي على الهيدروجين وعنصر آخر فقط.

(خ)

الخاصية الفيزيائية Physical Property الخاصية التي يمكن ملاحظتها أو قياسها دون تغيير تركيب العينة.

الخاصية الكيميائية Chemical Property قدرة مادة ما على الاتحاد مع غيرها أو التحول إلى مادة أخرى.

(د)

الدورات Periods الصفوف الأفقية في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

(ذ)

الـذرة Atom أصغـر جسـيم في العنصـر، لها جميع خواص العنصر، متعادلة الشـحنة، شـكلها كـروي، تتكون من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

(ر)

الراسب Precipitate مادة صلبة تتكون خلال التفاعل الكيميائي لمحلول ما.

(س)

السائل Liquid نوع من المادة لها صفة الجريان، وحجمها ثابت، وتأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه.

(ع)

العدد الذري Atomic Number عدد البروتونات في نواة الذرة.

العدد الكتلي Mass Number عدد يكتب بعد اسم العنصر، ويمثل مجموع البروتونات والنيوترونات.

العناصـر الانتقاليـة Transition Elements العناصر التي توجد في المجموعات من 3 إلى 12 في الجدول الدوري، وتقسم إلى فلزات انتقالية، وفلزات انتقالية داخلية.

العناصـر المثاليـة Representative Elements العناصـر التي تنتمـي إلى المجموعـات 1، و 13 – 18 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

العنصر Element مادة نقية لا يمكن تجزئتها إلى أجزاء أصغر بوسائل فيزيائية أو كيميائية.

عـدد أفوجـادرو Avogadro's Number هـو 6.0221367×10^{23} ، وهو عبارة عن عدد الجسـيمات مثل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغ الكيميائية في مول واحد.

(غ)

الغاز Gas شكل من أشكال المادة تأخذ شكل الإناء الذي توجد فيه، وتملؤه تمامًا، وهي قابلة للانضغاط.

الغازات النبيلة Noble gases هي العناصر التي تنتمي إلى المجموعة 18 وهي مواد غازية وغير نشطة كيميائيًا.

(ف)

الفلـزات Metals العناصـر التي تكون في الحالـة الصلبة في درجة حرارة الغرفة، وهي موصلة جيـدة للحرارة والكهرباء، وتكون بشكل عام لامعة وقابلة للطرق والسحب.

(ق)

قانـون بقـاء الكتلة Law of Conservation of Mass القانون الذي ينص على أن الكتلة لا تفنى ولا تسـتحدث في أثناء التفاعل الكيميائي.

(ك)

الكتلة الذرية المتوسطة Avarage Atomic Mass متوسط كتلة نظائر العنصر.

الكتلة Mass مقياس لكمية المادة.

الكتلة المولية Molar Mass الكتلة بالجرامات لواحد مول من أي مادة نقية.

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكيمياء Chemistry العلم الذي يهتم بدراسة المادة والتغيرات التي تحدث لها.

(ل)

اللافلـزات Nonmetals عناصر تكون بشـكل عام إما غـازات أو مواد صلبة معتمة أو لامعـة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

(م)

المتفاعلات Reactants المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المادة الكيميائية Chemical Substance مادة لها تركيب محدد وثابت، وتسمى أيضًا المادة النقية.

المادة الصلبة Solid شكل من أشكال المادة، لها شكل وحجم محددان.

المجموعات Groups العناصر الموجودة في الأعمدة الرأسية في الجدول الدوري مرتبة حسب تزايد أعدادها الذرية.

المركب Compound مزيج مكون من عنصرين أو أكثر متحدين كيميائيًا، ويمكن تحليله إلى مواد أبسط بالطرق

المركبات التساهمية Covalent compounds المركبات التي تتكون عند إتحاد لا فلز مع لا فلز آخر.

المركبات الأيونية Ionic Compounds المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

المعادلة الأيونية الكاملة Complete Ionic Equation معادلة أيونية تظهر كافة الجسيمات في المحلول.

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 الكيميائية الموزونة Balancing Chemical Equation تعبير يستعمل الصيغ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمنة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.

المعامل Factor أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

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 التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات.

(ن)

النظائر Isotopes ذرات لنفس العنصر، تختلف في عدد النيوترونات.

نظام ستوك Stock's system هو نظام تسمية يعتمد على تكافؤ أو شحنة الفلز الانتقال.

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، والخصائص الفيزيائية، وتختلف عن ذرات أي عنصر آخر. الذرات المختلفة تتحد بنسبة عددية بسيطة وتكون المركبات. وخلال التفاعل الكيميائي قد تنفصل الذرات أو تتحد أو يعاد ترتيبها.

النموذج Model تفسير مرئي، أو لفظي، أو رياضي للبيانات التجريبية.

النواتج Products المواد التي تتكون خلال التفاعل الكيميائي.

النواة Nucleus مركز الذرة الصغير جدًّا، موجب الشحنة، كثيف، يحتوي على البروتونات الموجبة والنيوترونات غير المشحونة.

النيوترون Neutron (دقيقة) غير مشحونة في نواة الذرة، وكتلتها قريبة من كتلة البروتون.

(هـ)

الهالوجينات Halogens عناصر نشطة كيميائيًّا توجد في المجموعة 17 في الجدول الدوري.

(و)

وحدة الكتلة الذرية Atomic Mass Unit هي $\frac{1}{12}$ من كتلة الكربون - 12 (الذرة المعيارية) وتساوي تقريبًا كتلة بروتون واحد أو نيوترون واحد.

هذه الجداول هي جداول مساندة تساعدك على التعرف على صيغ بعض الأيونات التي لم تتعرض لها في الفصول الدراسية.

جدول أيونات ذرات العناصر الأحادية الشحنة الأكثر شيوعًا

1	2	11	12	13	15	16	17
H^+							
Li^+	Be^{2+}				N^{3-}	O^{2-}	F^-
Na^+	Mg^{2+}			Al^{3+}	P^{3-}	S^{2-}	Cl^-
K^+	Ca^{2+}		Zn^{2+}	Ga^{3+}		Se^{2-}	Br^-
Rb^+	Sr^{2+}	Ag^+	Cd^{2+}	In^{3+}			I^-
Cs^+	Ba^{2+}						

جدول أيونات ذرات العناصر المتغيرة الشحنة الأكثر شيوعًا

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ti^{2+} Ti^{3+}	V^{2+} V^{3+}	Cr^{2+} Cr^{3+} Cr^{6+}	Mn^{2+} Mn^{3+} Mn^{7+}	Fe^{2+} Fe^{3+}	Co^{2+} Co^{3+}	Ni^{2+} Ni^{3+}	Cu^+ Cu^{2+}			Ge^{2+} Ge^{4+}
						Pd^{2+} Pd^{3+}				Sn^{2+} Sn^{4+}
						Pt^{2+} Pt^{2+}	Au^+ Au^{3+}	Hg^+ Hg^{2+}	Tl^+ Tl^{3+}	Pb^{2+} Pb^{4+}

جدول الأيونات المتعددة الشحنة الأكثر شيوعًا

النيتروجين

N^{3-}	النيتريد
NO_2^-	النيتريت
NO_3^-	النترات
NH_4^+	الأمونيوم

الفوسفور

P^{3-}	فوسفيد
PO_3^{3-}	فوسفيت
HPO_3^{2-}	فوسفيت هيدروجينية
PO_4^{3-}	فوسفات
HPO_4^{2-}	فوسفات هيدروجينية
$H_2PO_4^-$	فوسفات ثنائي الهيدروجين

الكبريت

S^{2-}	كبريتيد
SO_3^{2-}	كبريتيت
HSO_3^-	كبريتيت هيدروجينية
SO_4^{2-}	كبريتات
HSO_4^-	كبريتات هيدروجينية
$S_2O_3^{2-}$	ثيوكبريتات
$S_2O_7^{2-}$	ثنائي كبريتات

الكربون

C^{4-}	كربيد
CO_3^{2-}	كربونات
HCO_3^-	كربونات هيدروجينية
CN^-	سيانيد
$HCOO^-$	ميثانوات (فورمات)
CH_3COO^-	إيثانوات (أسيتات)
$C_2O_4^{2-}$	أوكسالات

الأكسجين

O^{2-}	أكسيد
O_2^{2-}	فوق أكسيد
OH^-	هيدروكسيد

الكلور

Cl^-	كلوريد
ClO_4^-	فوق كلورات
ClO_3^-	كلورات
ClO_2^-	كلوريت
ClO^-	هيبوكلوريت

فلزات وأشباه فلزات

MnO_4^-	بيرمنجنات
CrO_4^{2-}	كرومات
$Cr_2O_7^{2-}$	دايكرومات
AsO_4^{3-}	زرنيخات
SiO_4^{4-}	سيليكات

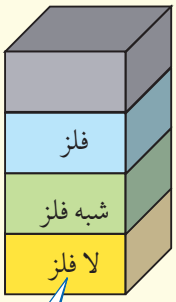
أيونات شائعة أخرى

BO_3^{3-}	بورات
BrO_3^-	برومات
IO_3^-	أيودات
IO_4^-	فوق أيودات
OCN^-	سيانات
SCN^-	ثيوسيانات

بعض الأيونات المختلطة

HS^-	كبريتيدات هيدروجينية
$NH_4PO_4^{2-}$	فوسفات الامونيوم
$HC_2O_4^-$	أوكسالات هيدروجينية
$Fe(CN)_6^{3-}$	سداسي سيانو الحديد

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزًّا أو شبه فلز أو لافلزًّا.

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)	Copernicium * 112 Cn (285)	Nihonium * 113 Nh (284)	Flerovium * 114 Fl (289)	Moscovium * 115 Mc (288)	Livermorium * 116 Lv (291)	Tennessine * 117 Ts (288)	Oganesson * 118 Og (294)

* العناصر 112، 113، 114، 115، 116، 117، 118، تم اكتشافها حديثًا واختيرت أسماؤها نسبةً لمكتشفيها.

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)

العناصر في كل عمود تسمى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.
غاز
سائل
صلب
مُصنّع
العنصر
العدد الذري
الرمز
الكتلة الذرية المتوسطة
حالة المادة
Hydrogen
1
H
1.008
الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة، بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنّعة.
1 2 3 4 5 6 7 8 9
1 Hydrogen 1 H 1.008
2 Lithium 3 Li 6.941 | Beryllium 4 Be 9.012
3 Sodium 11 Na 22.990 | Magnesium 12 Mg 24.305
4 Potassium 19 K 39.098 | Calcium 20 Ca 40.078 | Scandium 21 Sc 44.956 | Titanium 22 Ti 47.867 | Vanadium 23 V 50.942 | Chromium 24 Cr 51.996 | Manganese 25 Mn 54.938 | Iron 26 Fe 55.845 | Cobalt 27 Co 58.933
5 Rubidium 37 Rb 85.468 | Strontium 38 Sr 87.62 | Yttrium 39 Y 88.906 | Zirconium 40 Zr 91.224 | Niobium 41 Nb 92.906 | Molybdenum 42 Mo 95.94 | Technetium 43 Tc (98) | Ruthenium 44 Ru 101.07 | Rhodium 45 Rh 102.906
6 Cesium 55 Cs 132.905 | Barium 56 Ba 137.327 | Lanthanum 57 La 138.906 | Hafnium 72 Hf 178.49 | Tantalum 73 Ta 180.948 | Tungsten 74 W 183.84 | Rhenium 75 Re 186.207 | Osmium 76 Os 190.23 | Iridium 77 Ir 192.217
7 Francium 87 Fr (223) | Radium 88 Ra (226) | Actinium 89 Ac (227) | Rutherfordium 104 Rf (261) | Dubnium 105 Db (262) | Seaborgium 106 Sg (266) | Bohrium 107 Bh (264) | Hassium 108 Hs (277) | Meitnerium 109 Mt (268)
صفوف العناصر الأفقية تسمى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.
الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.
عناصر اللانثانيدات
Cerium 58 Ce 140.116 | Praseodymium 59 Pr 140.908 | Neodymium 60 Nd 144.24 | Promethium 61 Pm (145) | Samarium 62 Sm 150.36
عناصر الأكتنيدات
Thorium 90 Th 232.038 | Protactinium 91 Pa 231.036 | Uranium 92 U 238.029 | Neptunium 93 Np (237) | Plutonium 94 Pu (244)
يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيرًا للمكان.

التعليم
مستقبل البحرين

مطبعة أوال
awalpress