

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



وزارة التعليم
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

الكيمياء 1-2

التعليم الثانوي - نظام المسارات
السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

يوزع مجاناً للائحة

طبعة 1446 - 2024

ح) وزارة التعليم ، ١٤٤٥هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم

كيمياء ٢ - التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة الثانية. /
وزارة التعليم - الرياض ، ١٤٤٥ هـ .
٢٤٣ ص ؛ ٢١ X ٢٧ سم

رقم الإيداع : ١٤٤٥ / ٢٠٠٣٤

ردمك : ١-٢٧٧-٠١٧-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



ien.edu.sa

أعضاء المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم؛
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



fb.ien.edu.sa



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



المقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وهو: «إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية»، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب كيمياء 2 للتعليم الثانوي (نظام المسارات) داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (2030) نحو الاستثمار في التعليم عبر ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة، بحيث يكون الطالب فيها هو محور العملية التعليمية التعلمية.

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

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



للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي سيتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية الأخرى التي يمكن تنفيذها من خلال دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو حل المشكلات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الكيمياء في نهاية كل فصل، الذي يتضمن استقصاءً مفتوحاً في نهايته، بما يُعزز أيضاً مبدأ رؤية 2030 " نتعلم لنعمل " .

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحاً وتفسيراً للمفردات الجديدة التي تظهر مظلمة باللون الأصفر، وتجد أيضاً أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتضمن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضاً مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، ومنها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية 2030 وأهدافها الاستراتيجية، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

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

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

وازدهاره.

قائمة المحتويات

دليل الطالب

7 كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

الفصل 1

10 الحسابات الكيميائية

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

1-2 صيغ الأملاح المائية

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية

1-5 المادة المحددة للتفاعل

1-6 نسبة المردود المثوية

49 الكيمياء والصحة: محاربة السلالات المقاومة

الفصل 2

66 الإلكترونات في الذرات

2-1 الضوء وطاقة الكم

2-2 نظرية الكم والذرة

2-3 التوزيع الإلكتروني

95 الكيمياء والصحة: ملاقط الليزر

الفصل 3

104 الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

3-1 تطور الجدول الدوري الحديث

3-2 تصنيف العناصر

3-3 تدرج خواص العناصر

127 الكيمياء والصحة: العناصر في جسم الإنسان

الفصل 4

138 المركبات الأيونية والفلزات

4-1 تكون الأيون

4-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

159 الكيمياء من واقع الحياة: الموضحة القاتلة

162 الكيمياء من واقع الحياة: الموضحة القاتلة

الفصل 5

172 الروابط التساهمية

5-1 الرابطة التساهمية

5-2 تسمية الجزيئات

5-3 التراكيب الجزيئية

5-4 أشكال الجزيئات

5-5 الكهروسالبية والقطبية

200 كيف تعمل الأشياء؟ الأقدام اللاصقة

206 كيف تعمل الأشياء؟ الأقدام اللاصقة

الملاحق

216 دليل العناصر الكيميائية

236 المصطلحات

242 الجدول الدوري للعناصر



كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتاب ليس كتاباً أدبياً أو رواية خيالية، بل يصف ظواهر ونظريات وقوانين وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرأه طلباً للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و**الفكرة الرئيسية** و**التجربة الاستهلالية**؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصل **فكرة عامة** تقدم صورة شاملة عنه. ولكل قسم من أقسام الفصل **الفكرة الرئيسية** تدعم فكرته العامة.

1 الحسابات الكيميائية Stoichiometry

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
الفكرة الرئيسية الصيغة الجزيئية للمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

1-2 صيغ الأملاح المائية
الفكرة الرئيسية الأملاح المائية هي مركبات أيونية حلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية
الفكرة الرئيسية تحدد كمية كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المواد الناتجة.

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية
الفكرة الرئيسية تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

1-5 المادة المحددة للتفاعل
الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أي من المواد المتفاعلة تماماً.

1-6 نسبة المردود المثوية
الفكرة الرئيسية نسبة المردود المثوية قياسٌ لتفاعلية التفاعل الكيميائي.

حقائق كيميائية

- تصنع النباتات غذاءها من خلال البناء الضوئي.
- يحدث البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء في خلايا النبات.
- التفاعل الكيميائي الذي يوضح عملية البناء الضوئي:
 $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
- يُنتج فدان من الذرة في يوم صيفي من الأكسجين الناتج عن البناء الضوئي ما يكفي حاجة 130 شخصاً للتنفس، الفدان = $4200m^2$.

10

يبدأ كل فصل بتجربة استهلالية تقدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة الاستهلالية، لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للفصل باستخدام العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي؟ تُستهلك المواد المتفاعلة خلال التفاعل الكيميائي، وتنتج مواد جديدة. وغالباً ما يصاحب التفاعل أدلة تشير إلى حدوثه.

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- ضع 5 mL من محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 mL، باستخدام خيار مدرج سعته (10 mL).
- أضف باستخدام المخار المبرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5mL من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني $NaHSO_3$ الذي تركيزه 0.01M يبطئ إلى المحلول السابق مع الاستمرار في عملية التحريك، ثم سجل ملاحظاتك.
- كرر الخطوة 3 وتوقف عن إضافة محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني عندما يتغير لون محلول برمنجنات البوتاسيوم، ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

- حدد الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
- وضح لماذا تُعد إضافة محلول $NaHSO_3$ يبطئ مع التحريك أسلوباً تجريبياً أفضل من إضافته مرة واحدة؟
- استقصا - هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعنا إضافة محلول $NaHSO_3$ إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

المخططات

خطوات الحسابات الكيميائية
اعمل المخططة الآتية، لتساعدك على تلخيص خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية.

- خطوة 1 اثن الورقة طويلاً من النصف.
- خطوة 2 اثن الورقة من النصف، ثم اتها من النصف مرة أخرى.
- خطوة 3 افتح الورقة لتعود إلى الوضع الذي نتج بعد الخطوة الأولى، ثم أقطع الجزء الأمامي من أماكن التي حتى تحصل على أربع قطع.
- خطوة 4 سمّ القطع بأسماء خطوات الحسابات الكيميائية.

استخدم هذه المخططة في القسم 5-1. وعند قراءتك لهذا البند، خصص كل خطوة على قطعة، وأعط مثلاً على كل منها.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

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

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.



www.ana.edu.sa

الصفة الأولية والصفة الجزيئية

Empirical and Molecular Formulas

الهدف: فهم المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.

تحدد الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

الهدف مع الحياة: لاحظ أن بعض عيوب المشروبات أو وجبات الطعام تحدد كمية السعرات الحرارية في جزء منها (قطعة، معلقة، ...g, ml). فكيف يمكنك تحديد القيمة الكلية للسعرات الحرارية في العبوة أو الوجبة؟

Percent Composition التركيب النسبي المئوي

غالبًا ما يتسغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمختبرية، كما في الشكل 1-1، فيعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحديد تركيب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلًا عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة، فالتحليل الوزني والحجمية إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وأحجام السوائل.

التركيب النسبي المئوي من البيانات العملية: فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100 g من مركب يحتوي على 55 g من عنصر X و 45 g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في 100.

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



الشكل 1-1 يقوم الكيميائي بتصوير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما هي الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما هي الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

12

الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًا إلى حل مسائل في الكيمياء. عزز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.

مهارات قرائية

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

مثال 1-1

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2 .

1 تحليل المسألة

تعد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط، لهذا افترض أن لديك مولاً واحدًا من CO_2 . احسب الكتلة المولية للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات
الصيغة = CO_2
نسبة C = ؟
نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه. اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب. اجمع كتل العناصر في المركب.

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب = 12.01 g/mol
والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol واحسب النسبة المئوية.

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = 32.00 g/mol
والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol واحسب النسبة المئوية.

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة. ولو أخذنا بعين الاعتبار حدوث خطأ في تدوير المنازل فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100% كما هو مطلوب.

مسائل تدريجية

- ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك H_3PO_4 ؟
- أي المركبين الآتين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_4 أم H_2SO_3 ؟
- يستعمل كلوريد الكالسيوم CaCl_2 لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في CaCl_2 .
- تحفظ تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المنظفات.
 - حدد العناصر المكونة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.
 - احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

14

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدها قرأت

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

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

5 تقويم الإجابة
كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضاً. ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساوياً لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريباً لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

مسائل تدريجية

9. وجد أن مركباً يحتوي على 10.47 g H_2 و 49.98 g C . فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 58.12 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
10. مسائل عدم الوزن يكون من 46.68% نيتروجين و 53.32% أكسجين، وكتلته المولية 60.01 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
11. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K و 4.00 g O . فما الصيغة الأولية للأكسيد؟
12. تحفيز عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تطهير الألام الفوتوغرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المتوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 110.0 g/mol ، فما الصيغة الجزيئية له؟
13. تحفيز عند تحليل مسكّن الألام المعروف (المورفين) تم التوصل إلى البيانات المبينة في الجدول أدناه، فما الصيغة الأولية للمورفين؟



العنصر	الكربون	الهيدروجين	الأكسجين	النيتروجين
الكتلة (g)	17.900	1.680	4.225	1.228

التقويم 1-1

14. **الفكرة العامة** **فهم** إذا أحسرتك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسّر ذلك.
15. احسب نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين، 174.86 g Fe و 75.14 g O . فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟
16. احسب كتلة أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al و 0.485 g O . ما الصيغة الأولية للأكسيد؟
17. وضع كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المتوي لمركب بكل العناصر في ذلك الصيغة الجزيئية العدد؟
18. وضع كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟
19. طبق الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟
20. حلل الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما صحيح للصيغة الأولية.

21

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

دليل مراجعة الفصل

1

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية	المفاهيم الرئيسية
<ul style="list-style-type: none"> • ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية. • تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. • تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة. • الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية. 	<ul style="list-style-type: none"> • النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب. • تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. • تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة. • الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.
1-2 صيغ الأملح المائية	المفاهيم الرئيسية
<ul style="list-style-type: none"> • أيونية صلبة فيها جزيئات ماء متجمدة. • الملح المائي 	<ul style="list-style-type: none"> • تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء تبلور المرتبطة بوحدة الصيغة. • يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعاً بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بـ H_2O واحد من المركب. • يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.
1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية	المفاهيم الرئيسية
<ul style="list-style-type: none"> • متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي. • كمية المادة الناتجة. • الحسابات الكيميائية • النسبة المولية 	<ul style="list-style-type: none"> • تُفسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات المثلثة (ذرات، جزيئات، وحدات الصيغة الكيميائية). • تطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية. • تنتج النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة، وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

52

الحسابات الكيميائية Stoichiometry

1

الفصل

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد المتفاعلة والناجمة في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسية الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

1-2 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسية الأملاح المائية هي مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تحدد كمية كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المواد الناتجة.

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

1-5 المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أي من المواد المتفاعلة تمامًا.

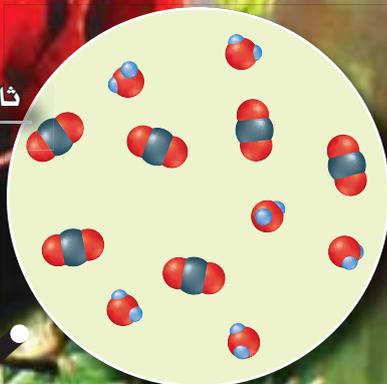
1-6 نسبة المردود المثوية

الفكرة الرئيسية نسبة المردود المثوية قياسٌ لفاعلية التفاعل الكيميائي.

حقائق كيميائية

- تصنع النباتات غذاءها من خلال البناء الضوئي.
- يحدث البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء في خلايا النبات.
- التفاعل الكيميائي الذي يوضح عملية البناء الضوئي:
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$
- يُنتج فدان من الذرة في يوم صيفي من الأوكسجين (الناتج عن البناء الضوئي) ما يكفي حاجة 130 شخصًا للتنفس. الفدان = 4200m^2 .

ثاني أكسيد الكربون والماء



بلاستيدة خضراء



نشاطات تمهيدية

خطوات الحسابات
الكيميائية اعمل
المطوية الآتية؛ لتساعدك
على تلخيص خطوات
حل مسائل الحسابات

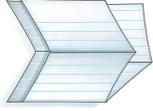
المطويات

منظمات الأفكار

الكيميائية.



خطوة 1 اثنِ الورقة طويلاً
من النصف.



خطوة 2 اثنِ الورقة
من النصف، ثم اثنها من
النصف مرة أخرى.



خطوة 3 افتح الورقة
لتعود إلى الوضع الذي نتج بعد
الخطوة الأولى، ثم اقطع الجزء
الأمامي من أماكن الشني حتى
تحصل على أربع قطع.



خطوة 4 سمّ القطع
بأسماء خطوات الحسابات
الكيميائية.

المطويات استخدم هذه المطوية في القسم 5-1،
وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط
مثالاً على كل منها.

تجربة استهلاكية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي؟

تُستهلك المواد المتفاعلة خلال التفاعل الكيميائي، وتنتج مواد
جديدة. وغالباً ما يصاحب التفاعل أدلة تشير إلى حدوثه.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع 5 mL من محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي
تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 mL، باستخدام مخبر
مدرج سعته (10 mL).
3. أضف باستخدام المخبر المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5mL
من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني $NaHSO_3$ الذي
تركيزه 0.01M ببطء إلى المحلول السابق مع الاستمرار في
عملية التحريك، ثم سجل ملاحظاتك.
4. كرر الخطوة 3 وتوقف عن إضافة محلول كبريتيت الصوديوم
الهيدروجيني عندما يختفي لون محلول برمنجنات البوتاسيوم،
ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. حدد الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
 2. وضح لماذا تُعد إضافة محلول $NaHSO_3$ ببطء مع التحريك
أسلوباً تجريبياً أفضل من إضافته مرة واحدة؟
- استقصاء** هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعتنا إضافة
محلول $NaHSO_3$ إلى الكأس؟ وضح إجابتك.



www.iem.edu.sa

1-1

الأهداف

- تفسر المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.
- تحدد الصيغتين الأولية والجزئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

مراجعة المفردات

النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

Empirical and Molecular Formulas

الفكرة الرئيسية الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

الربط مع الحياة لعلك لاحظت أن بعض عبوات المشروبات أو وجبات الطعام تحدد كمية السرعات الحرارية في جزء منها (قطعة، ملعقة، g، ml، ...) فكيف يمكنك تحديد القيمة الكلية للسرعات الحرارية في العبوة أو الوجبة؟

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في الشكل 1-1، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدّم دليلًا عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة. فالتحليل الوزني والحجمية إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وأحجام السوائل.

التركيب النسبي المئوي من البيانات العملية فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100 g من مركب يحتوي على 55 g من عنصر X و 45 g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في 100.

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



الشكل 1-1 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

ولأن النسبة المئوية تعني الأجزاء من مئة فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب يجب أن يكون 100.

$$x \text{ من } 55\% = 100 \times \frac{55 \text{ g من العنصر } x}{100 \text{ g من المركب}}$$

$$y \text{ من } 45\% = 100 \times \frac{45 \text{ g من العنصر } y}{100 \text{ g من المركب}}$$

ولهذا فإن المركب يتكون من 55% من X و 45% من Y. وتسمى النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب **التركيب النسبي المئوي للمركب**.

التركيب النسبي المئوي من خلال الصيغة الكيميائية يمكن تحديد التركيب النسبي المئوي لمركب أيضاً من خلال الصيغة الكيميائية. ولعمل ذلك، افترض أن لديك مولاً واحداً من المركب واستعمل الصيغة الكيميائية لحساب الكتلة المولية للمركب، ثم احسب كتلة كل عنصر في مول واحد من المركب، وأخيراً استعمل العلاقة أدناه لحساب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة من خلال الصيغة الكيميائية} \\ \text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

تجربة

تحليل العلك

وكرر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديداً، ولا تدع القطع تتجمع معاً.

6. استعمل مصفاة لتصفية الماء من قطع العلك. وجففها بمناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

التحليل

1. احسب كتلة المُحليّات والنكهات - التي ذابت في الماء - للعلكة التي لم تقطع، والتي تساوي الفرق بين كتلة العلكة قبل وبعد وضعها في الماء.
2. احسب كتلة المُحليّات والنكهات المذابة للعلكة التي قطعت قطعاً صغيرة.
3. طبق احسب النسبة المئوية بالكتلة للمحليات والنكهات في كل قطعة.
4. استنتج ماذا يمكن أن تستنتج من النسبتين المئويتين؟ هل العلك مغطى بالسكر أم أن المُحليّات والنكهات مخلوطة بالعلك؟

هل المُحليّات والنكهات تضاف إلى الطبقة الخارجية للعلك أم تكون مخلوطة به؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
2. أزل الغلاف عن قطعتي علك، ثم قس كتلة كل منهما بالميزان وسجلها.
3. أضف 150 mL من ماء الصنبور البارد إلى كأس سعتها 250 mL. وضع إحدى قطعتي العلك في الكأس، وحررها بساق تحريك مدة دقيقتين.
4. أخرج العلكة وجففها باستعمال مناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.
5. تحذير: كن حذراً عند استعمال المقص. استعمل مقصاً لتقطيع العلكة الثانية قطعاً صغيرة،

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2 .

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط. لهذا افترض أن لديك مولاً واحداً من CO_2 . احسب الكتلة المولية للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات

الصيغة = CO_2

المطلوب

نسبة C = ؟

نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

$$1 \text{ mol C} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 12.01 \text{ g C}$$

$$2 \text{ mol O} \times \frac{16.00 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 32.00 \text{ g O}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$= 12.61 \text{ g} + 32.00 \text{ g} = 44.01 \text{ g/mol CO}_2$$

اجمع كتل العناصر في المركب.

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

$$\text{C}\% = \frac{12.01 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 27.29\%$$

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب = 12.01g/mol

والكتلة المولية لـ $\text{CO}_2 = 44.01 \text{ g/mol}$ ، واحسب نسبة الكربون.

$$\text{O}\% = \frac{32.00 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 72.71\%$$

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = 32.00 g/mol

والكتلة المولية لـ $\text{CO}_2 = 44.01 \text{ g/mol}$ ، واحسب نسبة الأكسجين.

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

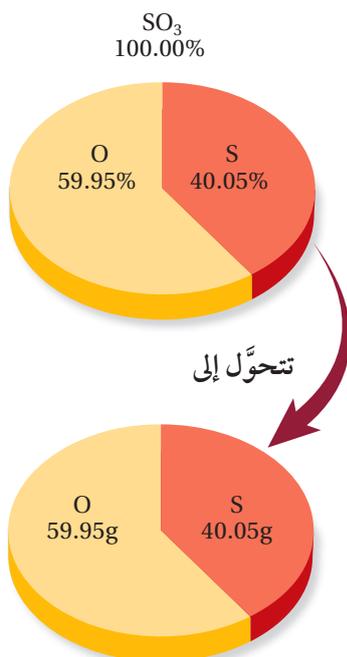
3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة. ولو أخذنا بعين الاعتبار حدوث خطأ في تدوير المنازل فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100% كما هو مطلوب.

مسائل تدريبية

1. ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك H_3PO_4 ؟
 2. أي المركبين الآتين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4 ؟
 3. يستعمل كلوريد الكالسيوم CaCl_2 لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في CaCl_2 .
 4. تحفيز تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المنظفات.
- a. حدد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.
- b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

الصيغة الأولية Empirical Formula



الشكل 1-2 تذكر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالتركيب النسبي المئوي. يمكنك الافتراض دائماً أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. **الصيغة الأولية** لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائماً مضاعفاً بسيطاً للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H₂O₂. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرامات، كما في الشكل 1-2، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

$$40.05 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32.07 \text{ g S}} = 1.249 \text{ mol S}$$

$$59.95 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 3.747 \text{ mol O}$$

لذا فإن نسبة ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 1.249 : 3.747. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعداداً صحيحة فلا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، لذا يجب تحويلها إلى أعداد صحيحة، ولجعل القيمة المولية أعداداً صحيحة، اقسّم القيمتين الموليتين على أصغر قيمة مولية، وهي للكبريت (1.249)، وهذا لا يغير النسبة المولية بين العنصرين لأن كليهما سيقسم على الرقم نفسه.

$$\frac{1.249 \text{ mol S}}{1.249} = 1 \text{ mol S} \quad \frac{3.747 \text{ mol O}}{1.249} = 3 \text{ mol O}$$

أي أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 1:3. ولذا فإن الصيغة الأولية هي SO₃. وفي بعض الأحيان، قد لا تؤدي القسمة على أصغر قيمة مولية إلى أعداد صحيحة. وفي مثل هذه الحالات يجب ضرب كل قيمة مولية في أصغر رقم يجعلها عدداً صحيحاً، كما في المثال 1-2.

ماذا قرأت؟ عدد الخطوات المطلوبة لحساب الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي.

الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من % 48.64 كربون، و% 8.16 هيدروجين، و% 43.20 أكسجين.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لمركب، والمطلوب تحديد صيغته الأولية، ولأنه يمكن افتراض أن النسب المئوية تمثل كتل العناصر في عينة مقدارها 100 g، لذا يمكن أن تحل الوحدة (g) محل رمز النسبة، ثم حوّل الجرامات إلى مولات، وأوجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 48.64%
النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 8.16%
النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 43.20%

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

حوّل كل كتلة إلى مولات باستعمال معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات:

$$48.64 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 4.050 \text{ mol C}$$

احسب مولات الكربون بالتعويض عن قيمة كتلة الكربون مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$8.16 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g H}} = 8.10 \text{ mol H}$$

احسب مولات الهيدروجين بالتعويض عن قيمة كتلة الهيدروجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$43.20 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 2.70 \text{ mol O}$$

احسب مولات الأكسجين بالتعويض عن قيمة كتلة الأكسجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

إذن، فالنسب المولية للمركب هي: (4.05 mol C) : (8.10 mol H) : (2.70 mol O)، ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.70).

$$\frac{4.050 \text{ mol C}}{2.700} = 1.5 \text{ mol C}$$

اقسم مولات C على 2.700

$$\frac{8.10 \text{ mol H}}{2.700} = 3 \text{ mol H}$$

اقسم مولات H على 2.700

$$\frac{2.700 \text{ mol O}}{2.700} = 1 \text{ mol O}$$

اقسم مولات O على 2.700

أبسط نسبة مولات هي (1.5 mol C) : (3 mol H) : (1 mol O). وأخيراً اضرب كل عدد تشتمل عليه النسبة في أصغر رقم - وهو في هذه الحالة الرقم 2- يؤدي إلى نسبة عددية صحيحة.

$$2 \times 1.5 \text{ mol C} = 3 \text{ mol C}$$

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 3 \text{ mol H} = 6 \text{ mol H}$$

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 1 \text{ mol O} = 2 \text{ mol O}$$

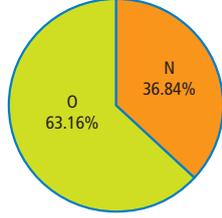
اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 C) : (6 H) : (2 O). وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الإجابة احسب التركيب النسبي المئوي الممثل بالصيغة، للوقوف على مدى اتفاهه مع معطيات المثال.

مسائل تدريبية



5. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟
6. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.
7. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟
8. تحفيز الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و4.44% هيدروجين، و35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تندهش إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تماماً قد يكون لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية نفسها! كيف يكون ذلك؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائماً العدد الفعلي لذراته. ويلجأ العلماء إلى ما يعرف **بالصيغة الجزيئية** لتحديد أي مركب، وهذه الصيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة، ويبين الشكل 1-3 أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين وسائل البنزين مثلاً لهما التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية (CH) نفسها، ولكنهما يختلفان تماماً في الخواص.

ولتحديد الصيغة الجزيئية لمركب يجب تحديد الكتلة المولية لهذا المركب من خلال التجارب العملية، ومقارنتها بالكتلة الممثلة بالصيغة الأولية. فالكتلة المولية للأستيلين مثلاً هي 26.04 g/mol، وكتلة صيغته الأولية (CH) هي 13.02 g/mol. إن قسمة الكتلة المولية الفعلية على كتلة الصيغة الأولية تبين أن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية.

$$2.00 = \frac{26.04 \text{ g/mol}}{13.02 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية للأستيلين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}}$$

ولأن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية فإن الصيغة الجزيئية له يجب أن تحتوي على ضعف عدد ذرات الكربون والهيدروجين الموجودة في الصيغة الأولية. وكذلك عند مقارنة الكتلة المولية المحددة تجريبياً للبنزين (78.12 g/mol) بكتلة الصيغة الأولية ستجد أن الكتلة المولية تساوي ستة أضعاف كتلة الصيغة الأولية.

$$6.00 = \frac{78.12 \text{ g/mol}}{13.02 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية للبنزين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}}$$

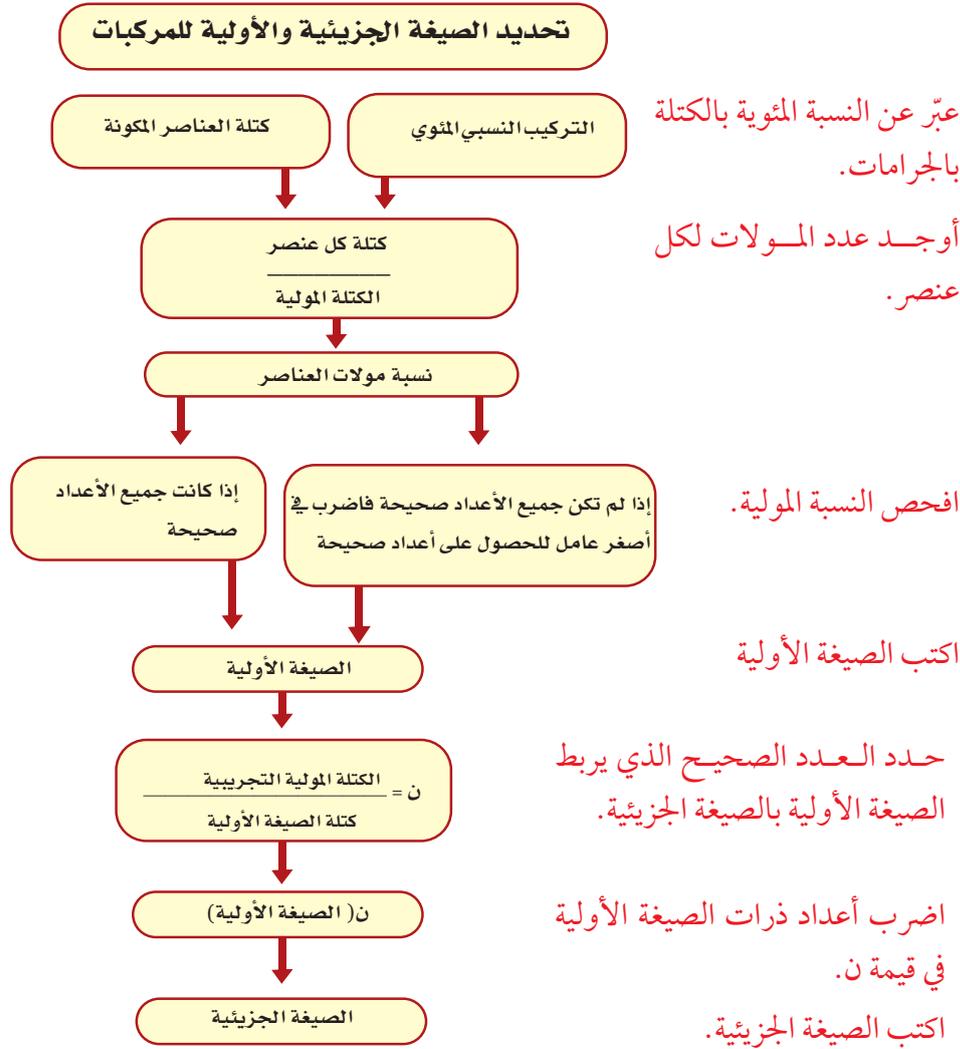
لذا فإن الصيغة الجزيئية للبنزين يجب أن تمثل ستة أمثال عدد ذرات الكربون والهيدروجين في الصيغة الأولية. ويمكنك أن تستنتج أن الصيغة الجزيئية للأستيلين

الشكل 1-3 يستخدم غاز الأستيلين في لحام المعادن بسبب درجة الحرارة العالية التي تصاحب احتراقه في وجود الأكسجين.



هي C_2H_2 وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6 .
 ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها صيغة أولية مضروبة في عدد صحيح (ن).
 الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)
 حيث (ن) تمثل العامل (6 في مثال البنزين) الذي تضرب فيه الأرقام في الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية.
 يبين الشكل 4-1 خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءاً بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 4-1 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.
صف كيف يرتبط العدد الصحيح (ن) بالصيغ الأولية والجزيئية.



تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسينيك (بيوتان داويك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و5.08% هيدروجين، و54.24% أكسجين، وله كتلة مولية 118.1g/mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لحمض السكسينيك. افترض أن كل نسبة مئوية كتلية تمثل كتلة العنصر بـ 100 g من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة (118.1g/mol) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلية المولية = 118.1g/mol حمض السكسينيك

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

الصيغة الجزيئية = ؟

2 حساب المطلوب

$$40.68 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 3.3870 \text{ mol C}$$

عوض كتلة C، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$5.08 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g H}} = 5.04 \text{ mol H}$$

عوض كتلة H، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$54.24 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 3.39 \text{ mol O}$$

عوض كتلة O، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

نسبة المولات في حمض السكسينيك هي (3.387 mol C) : (5.04 mol H) : (3.39 mol O). احسب أبسط نسبة لمولات العناصر بقسمة مولات كل عنصر على أصغر قيمة في النسبة المولية المحسوبة.

$$\frac{3.387 \text{ mol C}}{3.387} = 1 \text{ mol C}$$

اقسم مولات C على 3.387

$$\frac{5.04 \text{ mol H}}{3.387} = 1.5 \text{ mol H}$$

اقسم مولات H على 3.387

$$\frac{3.39 \text{ mol O}}{3.387} = 1 \text{ mol O}$$

اقسم مولات O على 3.387

أبسط نسبة مولية هي 1 : 1.5 : 1 اضرب جميع القيم المولية في 2 للحصول على أعداد صحيحة.

$$2 \times 1 \text{ mol C} = 2 \text{ mol C}$$

اضرب مولات C في 2.

$$2 \times 1.5 \text{ mol H} = 3 \text{ mol H}$$

اضرب مولات H في 2.

$$2 \times 1 \text{ mol O} = 2 \text{ mol O}$$

اضرب مولات O في 2.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي 2 : 3 : 2، إذن الصيغة الأولية هي $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$. احسب كتلة الصيغة الأولية باستعمال الكتلة المولية لكل عنصر.

$$2 \text{ mol C} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 24.02 \text{ g C}$$

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته.

$$3 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 3.024 \text{ g H}$$

اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته.

$$2 \text{ mol O} \times \frac{16.00 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 32.00 \text{ g O}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

$$C_2H_3O_2 \text{ الكتلة المولية لـ} = 32.0 \text{ g} + 3.024 \text{ g} + 24.02 \text{ g} = 59.04 \text{ g/mol} \quad \text{اجمع كتل العناصر.}$$

لتحديد قيمة ن اقسّم الكتلة المولية لحمض السكسينك على كتلة الصيغة الأولية.

$$2.000 = \frac{118.1 \text{ g/mol}}{59.04 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسينك}}{\text{الكتلة المولية لـ } C_2H_3O_2} = n$$

اضرب الأرقام في الصيغة الأولية في 2 لتحصل على الصيغة الجزيئية.



3 تقويم الإجابة

الكتلة المولية للصيغة الجزيئية التي تم التوصل إليها هي الكتلة المولية نفسها المحددة تجريبياً للمركب.

مثال 1-4

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يُعدّ معدن الألمنيوم أحد الخامات الرئيسية لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحوي 5.41 g من الحديد، و 4.64 g من التيتانيوم، و 4.65 g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية لهذا المعدن.

1 تحليل المسألة

لديك كتل العناصر الآتية في كتلة معينة من المعدن، والمطلوب حساب الصيغة الأولية له. لذا حوّل العناصر كلها إلى مولات، ثم أوجد أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

المعطيات

$$5.41 \text{ g} = \text{Fe} \quad \text{كتلة الحديد}$$

$$4.64 \text{ g} = \text{Ti} \quad \text{كتلة التيتانيوم}$$

$$4.65 \text{ g} = \text{O} \quad \text{كتلة الأكسجين}$$

المطلوب

$$\text{الصيغة الأولية} = ?$$

2 حساب المطلوب

حول الكتل المعروفة إلى مولات بالضرب في معامل التحويل الذي يربط المولات بالجرامات - مقلوب الكتلة المولية.

$$5.41 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.85 \text{ g Fe}} = 0.0969 \text{ mol Fe} \quad \text{عوض كتلة الحديد، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.}$$

$$4.64 \text{ g Ti} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{47.88 \text{ g Ti}} = 0.0969 \text{ mol Ti} \quad \text{عوض كتلة التيتانيوم، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.}$$

$$4.65 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 0.291 \text{ mol O} \quad \text{عوض كتلة الأكسجين، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.}$$

إذا كانت النسبة المولية لمعدن الألمنيوم هي: (0.0969 mol Fe) : (0.0969 mol Ti) : (0.291 mol O) فاقسم كل قيمة مولية على أصغر قيمة في النسبة (0.0969) لتحصل على أبسط نسبة مولية.

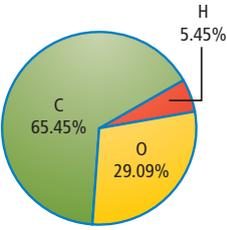
أبسط نسبة مولية هي (1 mol Fe) : (1 mol Ti) : (3 mol O). ولأن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن الصيغة الأولية للألمنيوم هي $FeTiO_3$.

3 تقويم الإجابة

كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضاً. ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساوياً لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريباً لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

مسائل تدريبية

9. وجد أن مركباً يحتوي على 49.98 g C و 10.47 g H . فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 58.12 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
10. سائل عديم اللون يتكون من 46.68% نيتروجين و 53.32% أكسجين، وكتلته المولية 60.01 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
11. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K ، و 4.00 g O ، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟
12. تحفيز عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظهير الأفلام الفوتوجرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 110.0 g/mol ، فما الصيغة الجزيئية له؟
13. تحفيز عند تحليل مسكن الآلام المعروف (المورفين) تم التوصل إلى البيانات المبينة في الجدول أدناه. فما الصيغة الأولية للمورفين؟



العنصر	كربون	هيدروجين	أكسجين	نيتروجين
الكتلة (g)	17.900	1.680	4.225	1.228

التقويم 1-1

الخلاصة

14. الفكرة الرئيسية قَوْم إذا أخبرك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسر ذلك.
15. احسب نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين، 174.86 g Fe ، و 75.14 g O . فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟
16. احسب يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al ، و 0.485 g O . ما الصيغة الأولية للأكسيد؟
17. وضح كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المئوي لمركب بكتل العناصر في ذلك المركب؟
18. وضح كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟
19. طبق الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟
20. حلل الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟
- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
 - تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.
 - تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
 - الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.



1-2

الأهداف

- توضيح المقصود بالملح المائي وتربط اسمه بتركيبه.
- تحديد صيغة ملح مائي من البيانات المخبرية.

مراجعة المفردات

الشبكة البلورية: الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

المفردات الجديدة

الملح المائي

صيغ الأملاح المائية Formulas of Hydrates

الفكرة الرئيسية الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

الربط مع الحياة تُعبأ بعض المنتجات - ومنها المعدات الإلكترونية - في صناديق مع أكياس صغيرة مكتوب عليها "مجفف". وتضبط هذه الأكياس الرطوبة بامتصاص الماء. ويحتوي بعضها على مركبات أيونية تسمى الأملاح المائية.

تسمية الأملاح المائية Naming Hydrates

هل راقبت يوماً بلورات تتكون ببطء من محلول مائي؟ تلتصق جزيئات الماء أحياناً بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءاً من البلورة ماء التبلور. وتسمى المواد الأيونية الصلبة التي تُحتجز فيها جزيئات ماء أملاحاً مائية. **فالملح المائي** مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبين الشكل 1-5 الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوبال، وهو ثاني أكسيد السليكون المائي (SiO₂) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تالياً لنقطة، مثل CoCl₂ · 6H₂O. ويُسمى هذا المركب كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء (أي يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملح إلى آخر، ويبين الجدول 1-1 بعض الأملاح المائية الشائعة.

الجدول 1-1 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ · H ₂ O	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	CaCl ₂ · 2H ₂ O	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	NaC ₂ H ₃ O ₂ · 3H ₂ O	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء
رباعي	4	FePO ₄ · 4H ₂ O	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	CuSO ₄ · 5H ₂ O	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء
سداسي	6	CoCl ₂ · 6H ₂ O	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء.
سباعي	7	MgSO ₄ · 7H ₂ O	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثمانية	8	Ba (OH) ₂ · 8H ₂ O	هيدروكسيد الباريوم ثمانية الماء.
عشاري	10	Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	كربونات الصوديوم عشارية الماء

الشكل 1-5 إن وجود الماء وشوائب المعادن المختلفة يفسران التنوع الكبير لأحجار الأوبال الكريمة. وتحدث تغيرات أخرى في اللون عندما يجف.





كلوريد الكوبلت (II) اللامائي أزرق (c)

يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور (b)

كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء الزهري (a)

الشكل 6-1 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفاً جداً عن الملح المائي.

تحليل الأملاح المائية Analyzing a Hydrates

عند تسخين ملح مائي، تُطرد جزيئات الماء تاركة وراءها الملح اللامائي. انظر الشكل 6-1؛ حيث توضح سلسلة الصور أنه عند تسخين كلوريد الكوبلت (II) السداسي الماء الزهري اللون، ينتج كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق اللون.

كيف يمكنك تحديد صيغة ملح مائي؟ يجب أن تحسب عدد مولات الماء المرتبطة بمول واحد من الملح المائي. افترض أن لديك عينة مكونة من 5.00 g من كلوريد الباريوم المائي. ولأنك تعرف أن صيغة الملح هي $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ، فإنه يجب أن تحدد قيمة x ، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من BaCl_2 . وحتى تجد قيمة x ، يجب أن تسخن العينة للتخلص من ماء التبلور. وافترض أنك بعد تسخينها وجدت أن كتلة الملح اللامائي BaCl_2 هي 4.26 g.

إذن كتلة ماء التبلور تساوي الفرق بين كتلة الملح المائي (5.00 g) وكتلة الملح اللامائي (4.26 g).

$$5.00 \text{ g} - 4.26 \text{ g} = 0.74 \text{ g H}_2\text{O}$$

وبعد أن عرفت كتلة كل من BaCl_2 و H_2O في العينة، يمكنك تحويل هذه الكتل إلى مولات باستعمال الكتل المولية. الكتلة المولية لـ BaCl_2 هي 208.23 g/mol، وللماء 18.02 g/mol.

$$4.26 \text{ g BaCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{208.23 \text{ g BaCl}_2} = 0.0205 \text{ mol BaCl}_2$$

$$0.74 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.041 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$x = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol BaCl}_2} = \frac{0.041 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.0205 \text{ mol BaCl}_2} = \frac{2.0 \text{ mol H}_2\text{O}}{1.00 \text{ mol BaCl}_2} = \frac{2}{1}$$

إذن نسبة مولات H_2O إلى مولات BaCl_2 هي 2 إلى 1، لذا فإن 2 mol H_2O ترتبط بـ 1 mol BaCl_2 .

أي أن قيمة المعامل x هي 2، وصيغة الملح المائي هي $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. ما اسم هذا الملح؟

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا تستعمل النقطة في صيغة الملح المائي؟

تحديد صيغة الملح المائي وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ كتلتها 2.50 g في جفنة وسُخنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء CuSO_4 . ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة كبريتات النحاس المائية، وكبريتات النحاس اللامائية. كما أنك تعرف صيغة المركب ما عدا قيمة x ، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات ماء التبلور.

المعطيات

$$2.50 \text{ g} = \text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} \text{ كتلة الملح المائي}$$

$$1.59 \text{ g} = \text{CuSO}_4 \text{ كتلة الملح اللامائي}$$

$$18.02 \text{ g/mol} = \text{H}_2\text{O} \text{ الكتلة المولية لـ}$$

$$159.6 \text{ g/mol} = \text{CuSO}_4 \text{ الكتلة المولية لـ}$$

المطلوب

$$\text{صيغة الملح المائي} = ?$$

$$\text{اسم الملح المائي} = ?$$

2 حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود

$$\text{كتلة الماء المفقود} = \text{كتلة الملح المائي} - \text{كتلة الملح اللامائي}$$

$$2.50 \text{ g} - 1.59 \text{ g} = 0.91 \text{ g}$$

اطرح كتلة الملح اللامائي CuSO_4 من كتلة الملح المائي $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

حوّل الكتلة المعلومة للماء والملح المائي إلى مولات مستعملًا معامل التحويل الذي يربط المولات بالكتلة - مقلوب الكتلة المولية.

$$1.59 \text{ g } \cancel{\text{CuSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol CuSO}_4}{159.6 \text{ g } \cancel{\text{CuSO}_4}} = 0.00996 \text{ mol CuSO}_4$$

احسب عدد مولات CuSO_4 بالتعويض بقيمة كتلة CuSO_4 مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$0.91 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g } \cancel{\text{H}_2\text{O}}} = 0.05 \text{ mol H}_2\text{O}$$

احسب عدد مولات H_2O ، بالتعويض بقيمة كتلة H_2O مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$x = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol CuSO}_4}$$

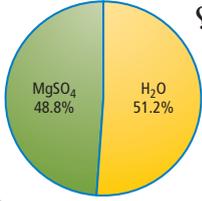
$$x = \frac{0.050 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.00996 \text{ mol CuSO}_4} \approx \frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CuSO}_4} = 5$$

احسب أبسط نسبة عددية بالتعويض بعدد مولات H_2O ، وعدد مولات CuSO_4 .

إذن، فصيغة الملح المائي هي $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، واسمه كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء.

3 تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول 1-1.



21. يظهر في الشكل المجاور تركيب أحد الأملاح المائية. فما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

22. تحفيز سخنت عينة كتلتها 11.75 g من ملح مائي شائع لكلوريد الكوبلت II. وبقي بعد التسخين 0.0712 mol من كلوريد الكوبلت اللامائي. ما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

استعمالات الأملاح المائية Uses of Hydrates



الشكل 7-1 يجفف كلوريد الكالسيوم الهواء من جزيئات الماء. كما يستعمل في المختبر في حفظ المواد الكيميائية من رطوبة الجو.

للأملاح المائية استعمالات مهمة في مختبر الكيمياء. فكلوريد الكالسيوم يكون ثلاثة أملاح مائية: أحادي الماء، وثنائي الماء، وسداسي الماء. ويوضع كلوريد الكالسيوم اللامائي في قعر أوعية محكمة الإغلاق تُسمى المجففات، كما في الشكل 7-1؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المجفف، ويصنع جواً جافاً مناسباً لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحياناً إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إيثر للحفاظ عليها خالية من الماء.

إن قدرة الملح اللامائي على امتصاص الماء له أيضاً بعض التطبيقات التجارية. فالمعدات الإلكترونية والبصرية، وبخاصة تلك التي تُشحن عبر البحار، غالباً ما تُعبأ مع أكياس من المجففات التي تمنع تأثير الرطوبة في الدوائر الإلكترونية الدقيقة. وتستعمل بعض الأملاح المائية مثل كبريتات الصوديوم المائية (Na₂SO₄·10H₂O) لخصن الطاقة الشمسية. فعندما تُسخن الشمس الملح المائي إلى أكثر من 32°C تذوب Na₂SO₄ في مولات ماء التبلور العشرة، وخلال ذلك يمتص الملح المائي الطاقة، وهذه الطاقة تنطلق عندما تنخفض درجة الحرارة ويتبلور الملح المائي ثانية.

التقويم 1-2

الخلاصة

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
 - يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعاً بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
 - يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.
23. الفكرة الرئيسية وضح تركيب الملح المائي.
 24. سمّ المركب الذي صيغته SrCl₂·6H₂O.
 25. صف الخطوات العملية لتحديد صيغة الملح المائي معللاً كل خطوة.
 26. طبق يحتوي ملح مائي على 0.050 mol من الماء لكل 0.00998 mol من المركب الأيوني. اكتب صيغة عامة للملح المائي.
 27. احسب كتلة ماء التبلور إذا فقد ملح مائي 0.025 mol من الماء عند تسخينه.
 28. رتب الأملاح المائية الآتية تصاعدياً بحسب تزايد النسبة المئوية للماء فيها: MgSO₄·7H₂O، Ba(OH)₂·8H₂O، CoCl₂·6H₂O.
 29. طبق فسّر كيف يمكن استعمال الملح المائي في الشكل 7-1 بوصفه طريقة تقريبية لتحديد احتمال سقوط المطر؟



الأهداف

- تصف العلاقات من خلال معادلة كيميائية موزونة.
- تذكر النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة.

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية
النسبة المولية

المقصود بالحسابات الكيميائية

Defining Stoichiometry

الفكرة الرئيسية تحدد كمية كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المادة الناتجة.

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شمعة تحترق. عندما تحترق الشمعة تمامًا، أو تُطفأ بالنفخ عليها، يتوقف تفاعل الاحتراق في كلتا الحالتين.

علاقة المول بالجسيمات Particles and Mole Relationship

هل فوجئت باختفاء اللون الأرجواني لبرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني في أثناء التجربة الاستهلاكية؟ إذا استنتجت أن برمنجنات البوتاسيوم قد استهلك وأنها التفاعل قد توقف فهذا صحيح. تتوقف التفاعلات الكيميائية عندما تستهلك إحدى المواد المتفاعلة. وعندما يخطط الكيميائي لتفاعل برمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجيني فإنه يتساءل كم جرامًا من برمنجنات البوتاسيوم نحتاج لتفاعل تمامًا مع كتلة محددة من كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني؟. وقد تتساءل عند تحليل تفاعل البناء الضوئي ما الكمية التي نحتاج إليها من الماء وثنائي أكسيد الكربون لتكوين كتلة محددة من السكر؟. إن الحسابات الكيميائية هي الطريقة الصحيحة للإجابة عن هذه الأسئلة.

الحسابات الكيميائية تُسمى دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي **الحسابات الكيميائية**. وتعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تبنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي إلا بقدره الله تعالى. وتساوي كمية المواد الناتجة عند نهاية أي تفاعل كيميائي كمية المواد المستخدمة في بداية التفاعل. لذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. لاحظ تفاعل مسحوق الحديد Fe مع الأكسجين O_2 ، الموضح في الشكل 1-8 فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.



الشكل 1-8 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات

الكيميائية Stoichiometry إلى

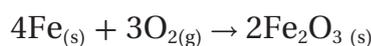
الكلمة اليونانية "Stoichiometry"

المكونة من كلمتين هما:

(Stoikheion) وتعني العنصر،

و(metron) وتعني القياس.

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في الشكل 8-1 على النحو الآتي:



تبين هذه المعادلة تفاعل أربع ذرات حديد مع ثلاثة جزيئات أكسجين لإنتاج وحدتي صيغة كيميائية من أكسيد الحديد III. تذكر أن المعامل في المعادلة يمثل عدد المولات. لذا، تستطيع القول إن أربعة مولات من الحديد قد تفاعلت مع ثلاثة مولات أكسجين لإنتاج مولين من أكسيد الحديد III.

ولا تعطي المعادلة الكيميائية معلومات مباشرة عن كتل المواد المتفاعلة والناجمة، إلا أنه بتحويل عدد المولات المعروفة إلى كتلة تصبح علاقات الكتلة واضحة. تذكر أنه يمكنك تحويل عدد المولات إلى كتلة بضربها في الكتلة المولية. لذا، فإن كتل المواد المتفاعلة هي على النحو الآتي:

$$4 \text{ mol Fe} \times \frac{55.85 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 223.4 \text{ g Fe}$$

$$3 \text{ mol O}_2 \times \frac{32.00 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 96.00 \text{ g O}_2$$

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي: $223.4\text{g} + 96.00\text{g} = 319.4\text{g}$

وبطريقة ماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

$$2 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{159.7 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} = 319.4 \text{ g}$$

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناجمة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

$$319.4\text{g} = 319.4\text{g}$$

وكما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص الجدول 2-1 العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

ماذا قرأت؟ سجّل في قائمة العلاقات التي يمكن اشتقاقها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة				الجدول 2-1
$4\text{Fe}_{(s)}$	+	$3\text{O}_{2(g)}$	\rightarrow	$2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	\rightarrow	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O ₂	\rightarrow	2 Formula units
4 mol Fe	+	3 mol O ₂	\rightarrow	2 mol Fe ₂ O ₃
223.4 g Fe	+	96.00 g O ₂	\rightarrow	319.4 g Fe ₂ O ₃
319.4 g مواد متفاعلة				\rightarrow 319.4 g مواد ناتجة

تفسير المعادلات الكيميائية يزودنا احتراق البروبان C_3H_8 بالطاقة اللازمة لتدفئة البيوت، وطهو الطعام، ولحام الأجسام الفلزية. فسر معادلة احتراق البروبان باستخدام عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة، ثم وضع تطبيق قانون حفظ الكتلة.

1 تحليل المسألة

تمثل معاملات المعادلة الكيميائية الموضحة أدناه كلاً من المولات، والجسيمات الممثلة (في هذه الحالة الجزيئات). وسيتم إثبات قانون حفظ الكتلة إذا كانت كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة متساوية.

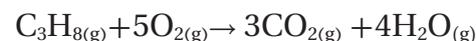
المطلوب

عدد الجزيئات = ؟

عدد المولات = ؟

كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

المعطيات



2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.



وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضاً.



وللتأكد من حفظ الكتلة، نحول أولاً عدد مولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة إلى كتلة، وذلك بالضرب في معامل التحويل الكتلة المولية، التي تربط بين الجرامات والمولات.

مولات المواد الناتجة أو المتفاعلة \times الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة = جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.

$$1 \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{44.09 \text{ g } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 44.09 \text{ g } C_3H_8 \quad \text{حساب كتلة } C_3H_8 \text{ المتفاعلة.}$$

$$5 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.00 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 160.0 \text{ g } O_2 \quad \text{حساب كتلة } O_2 \text{ المتفاعلة.}$$

$$3 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44.01 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 132.0 \text{ g } CO_2 \quad \text{حساب كتلة } CO_2 \text{ الناتجة}$$

$$4 \text{ mol } H_2O \times \frac{18.02 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 72.08 \text{ g } H_2O \quad \text{حساب كتلة } H_2O \text{ الناتجة}$$

$$44.09 \text{ g } C_3H_8 + 160.0 \text{ g } O_2 = 204.1 \text{ g} \quad \text{اجمع كتل المواد المتفاعلة}$$

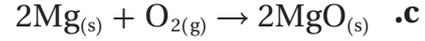
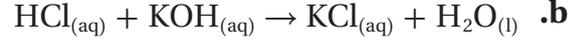
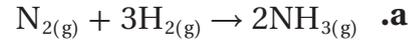
$$132.0 \text{ g } CO_2 + 72.08 \text{ g } H_2O = 204.1 \text{ g} \quad \text{اجمع كتل المواد الناتجة}$$

$$204.1 \text{ g} \text{ مواد ناتجة} = 204.1 \text{ g} \text{ مواد متفاعلة} \quad \text{تطبيق قانون حفظ الكتلة}$$

3 تقويم الإجابة

إن مجموع كتل المواد المتفاعلة تساوي مجموع كتل المواد الناتجة، كما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة.

30. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



31. تحفيز زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرهما من حيث عدد الجسيمات المثلة والمولات والكتلة آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



تجربة
عملية

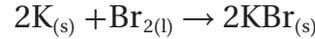
تحديد نسب التفاعل

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة

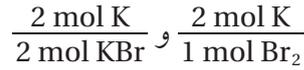
عين الإشرافية



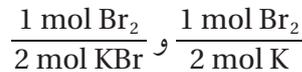
نسبة المولات لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. وتستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاشتقاق عوامل التحويل المسماة النسب المولية. والنسبة المولية نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل الشكل 9-1 تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br₂ لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr. ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضاداً للصرع عند الكلاب والقطط.



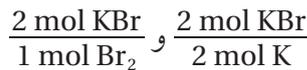
فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءاً بالبوتاسيوم المتفاعل كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخرين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات بروميد البوتاسيوم الناتجة.



تظهر النسبتان الآتيتان كيف ترتبط مولات البروم مع مولات المادتين الأخرين في المعادلة وهما: البوتاسيوم وبروميد البوتاسيوم.



وترتبط بصورة ماثلة نسبتا مولات بروميد البوتاسيوم مع مولات البوتاسيوم والبروم.



وتحدد هذه النسب الست علاقات المول في هذه المعادلة؛ إذ تشكل كل مادة من المواد الثلاث في المعادلة نسبة مع المادتين الأخرين.

✓ **ماذا قرأت؟** حدّد المصدر الذي تُشتق منه النسب المولية للتفاعل الكيميائي.

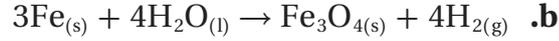
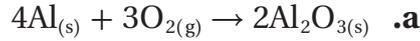
الشكل 9-1 يتفاعل فلز

البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم.



مسائل تدريبية

32. حدد النسب المولية جميعها لكل من المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية:



33. تحفيززن المعادلات الآتية، ثم حدد النسب المولية الممكنة:



لاحظ أن عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل يحوي (n) من المواد هي $n(n-1)$. لذا، فالتفاعلات التي فيها 4، 5 مواد يمكن كتابة 12 و 20 نسبة مولية منها على التوالي.

التفاعل الذي فيه 4 مواد: $4(4-1) = 12$

التفاعل الذي فيه 5 مواد: $5(5-1) = 20$

التقويم 3-1

الخلاصة

34. **الفكرة الرئيسية** قارن بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.
35. حدد عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.
36. صنف طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.
37. طبق المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:
$$xA + yB \rightarrow zAB$$
 حيث يمثل A و B عنصرين، وتمثل x و y و z المعاملات. حدد النسب المولية لهذا التفاعل.
38. طبق يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.
39. نمذج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$. ارسم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من جزيئات الأكسجين، ثم وضح عدد جزيئات الماء المتكوّنة.
- تفسّر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات المثلثة (ذرات، جزيئات، وحدات صيغ كيميائية).
- يطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية جميعها.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.



الأهداف

- تكتب الخطوات المتتالية المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تحل مسائل الحسابات الكيميائية.

مراجعة المفردات

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

حسابات المعادلات الكيميائية

Stoichiometric Calculations

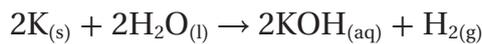
الفكرة الرئيسية يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

الربط مع الحياة تتطلب عملية الخبز مقادير دقيقة. لذا من الضروري اتباع وصفة معينة عند خبز الكعك. ماذا تفعل إذا أردت صنع كمية من الكعك أكبر مما تحدده الوصفة؟

استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

ما الخطوات اللازمة لإجراء الحسابات الكيميائية؟ تبدأ الحسابات الكيميائية جميعها بمعادلة كيميائية موزونة. وكذلك نحتاج إلى النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة بالإضافة إلى عوامل تحويل الكتلة-المول.

الحسابات الكيميائية: حساب المولات يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في الشكل 1-10، ويمثل التفاعل بالمعادلة الآتية:



تبين المعادلة أن مولين من البوتاسيوم ينتجان مولاً من الهيدروجين. ولكن كم ينتج من الهيدروجين إذا تفاعل 0.0400 mol من البوتاسيوم فقط؟ للإجابة عن هذا السؤال حدّد المادة المعطاة والمادة التي تحتاج إلى معرفتها. فمقدار المادة المعطاة هو 0.0400 mol من البوتاسيوم، والمطلوب حسابه هو عدد مولات الهيدروجين. ولأن كمية المادة المعروفة معطاة بالمول، لذا يجب تحديد المادة المطلوب حسابها بالمول أيضاً، ولذلك تتطلب هذه المسألة عامل تحويل مول مول.

ولحل المسألة عليك معرفة العلاقة التي تربط عدد مولات الهيدروجين مع عدد مولات البوتاسيوم. لقد تعلمت سابقاً كيف تشتق النسبة المولية من المعادلة الكيميائية الموزونة. لذا تُتخذ النسبة المولية عاملاً لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المراد حسابها في التفاعل الكيميائي نفسه. ولأنه يمكن كتابة العديد من النسب المولية من هذه المعادلة الكيميائية، فكيف تعرف أي هذه النسب تختار؟

كما يظهر في الصفحة الآتية فإن النسبة المولية الصحيحة هي: 1 mol من H_2 إلى 2 mol من K، ويظهر الشكل أيضاً عدد مولات المادة المجهولة في البسط، وعدد مولات المادة المعروفة في المقام. وباستخدام هذه النسبة نُحول عدد مولات البوتاسيوم إلى عدد مولات الهيدروجين.



الشكل 1-10 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقاً كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

عدد مولات المادة المعروفة × $\frac{\text{عدد مولات المادة المجهولة في المعادلة}}{\text{عدد مولات المادة المعروفة في المعادلة}} = \text{عدد مولات المادة المجهولة}$

$$0.0400 \text{ mol K} \times \frac{1 \text{ mol H}}{2 \text{ mol K}} = 0.0200 \text{ mol H}$$

والأمثلة الآتية توضح خطوات الحسابات الكيميائية الضرورية للتحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة، ومن كتلة إلى كتلة. كما يوضح الشكل الآتي استراتيجية حل المشكلة.

استراتيجية حل المسألة

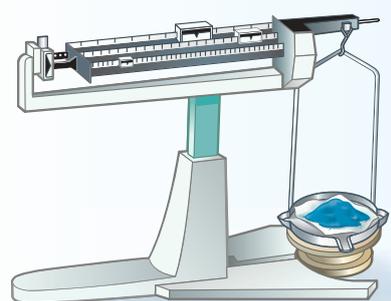
إتقان الحسابات الكيميائية

يوضح المخطط الآتي الخطوات المستخدمة لحل مسائل الحسابات الكيميائية عند التحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة، ومن كتلة إلى كتلة.

1. أكمل الخطوة الأولى بكتابة معادلة التفاعل الموزونة.
 2. لمعرفة من أين تبدأ حساباتك، حدد الوحدة المستخدمة للمادة المعلومة.
 3. تعتمد نهاية الحسابات على الوحدة المراد استخدامها للمادة المطلوب معرفة كميتها.
- إذا كانت الكتلة معطاة g، فابدأ حساباتك من الخطوة الثانية.
- إذا كانت الكمية mol فابدأ حساباتك بالخطوة رقم 3.
- إذا كان المطلوب بالمولات فتوقف بعد الخطوة رقم 3.
- وإذا كان المطلوب بالجرامات فتوقف بعد إكمال الخطوة رقم 4.

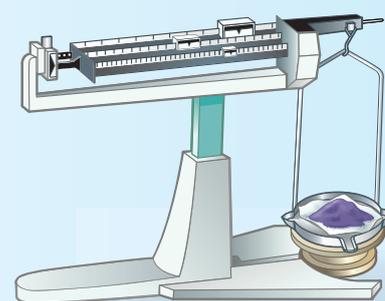
تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 1-7، 1-8، 1-9.



الخطوة 1

ابدأ بمعادلة موزونة، وعبر عن المعادلة باستخدام المولات.



الخطوة 2

حول جرامات المادة المعلومة إلى مولات. واستخدم مقلوب الكتلة المولية معاملاً للتحويل.

$$\frac{1 \text{ mol}}{\text{الكتلة (g)}}$$

لا يوجد تحويل مباشر

الخطوة 4

حول مولات المادة المجهولة إلى جرامات المادة المعلومة باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

$$\frac{\text{الكتلة (g)}}{1 \text{ mol}}$$

$$\frac{\text{عدد مولات المجهول}}{\text{عدد المولات المعطاة}}$$

الخطوة 3

حوّل مولات المادة المعلومة لمولات المادة المجهولة. واستخدم النسبة المولية المناسبة من المعادلة الكيميائية الموزونة بوصفها معامل تحويل.

عدد مولات المادة المجهولة

عدد مولات المادة المعطاة

حسابات المولات من سلبات احتراق غاز البروبان C_3H_8 إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، مما يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي. ما عدد مولات CO_2 التي تنتج عن احتراق 10 mol من C_3H_8 في كمية وافرة من الأكسجين؟

1 تحليل المسألة

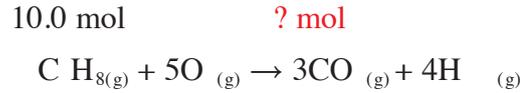
أنت تعرف عدد مولات المادة المتفاعلة C_3H_8 ، والمطلوب إيجاد عدد مولات المادة الناتجة من CO_2 . لذا اكتب معادلة التفاعل الموزونة أولاً، ثم حول مولات البروبان إلى مولات ثاني أكسيد الكربون باستعمال النسبة المولية المناسبة.

المطلوب
mol $CO_2 = ?$

المعطيات
mol $C_3H_8 = 10 \text{ mol}$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لاحتراق البروبان. استخدم النسبة المولية الصحيحة لتحويل مولات المادة المعروفة C_3H_8 إلى مولات المادة المجهولة CO_2 .



النسبة المولية = $\frac{3 \text{ mol } CO_2}{\text{mol } C_3H_8}$

$$10.0 \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 30.0 \text{ mol } CO_2$$

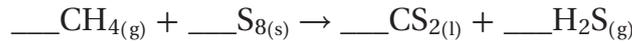
لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30 mol من CO_2 .

3 تقويم الإجابة

توضح المعادلة الكيميائية أن 1 mol من C_3H_8 أنتج 3 mol من CO_2 ، لذا 10 mol من C_3H_8 تنتج كمية أكبر من ثلاث مرات (يعني 30.0 mol) من مولات CO_2 .

مسائل تدريبية

40. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجاً ثاني كبريتيد الكربون CS_2 ، وهو سائل يستخدم غالباً في صناعة السلوفان.



- اكتب معادلة التفاعل الموزونة.
 - احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8 .
 - ما عدد مولات H_2S الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8 ؟
41. تحفيز يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.
- اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.
 - ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol من SO_2 ؟
 - ما عدد مولات O_2 اللازمة لتفاعل 12.5 mol من SO_2 ؟

الحسابات الكيميائية : تحويل المول إلى كتلة والآن، افترض أنك تعرف عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، وأنت ترغب في حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة أخرى. فيما يأتي مثال على التحويل من مول إلى كتلة.

مثال 1-8

حسابات المول - الكتلة احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl₂ بشدة مع الصوديوم.

1 تحليل المسألة

أعطيت مولات المادة المتفاعلة الكلور Cl₂، وطلب إليك تحديد كتلة المادة الناتجة NaCl، وتحويل عدد مولات الكلور Cl₂ إلى عدد مولات NaCl باستخدام النسبة المولية، ثم تحويل عدد مولات NaCl إلى جرامات NaCl باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

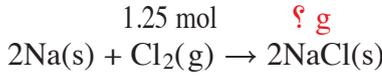
المعطيات

عدد مولات الكلور = 1.25 mol

المطلوب

كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ؟

2 حساب المطلوب



اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

النسبة المولية : $\frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2}$

$$1.25 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} = 2.50 \text{ mol NaCl}$$

اضرب عدد مولات Cl₂ في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

$$2.50 \text{ mol NaCl} \times \frac{58.44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 146 \text{ g NaCl}$$

استخدم الكتلة المولية لـ NaCl لحساب كتلة NaCl بالجرام (g)

3 تقويم الإجابة

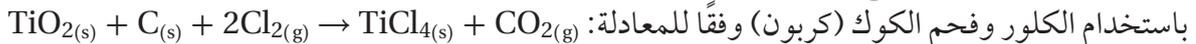
للتأكد من صحة كتلة NaCl المحسوبة، اعكس الحسابات، واقسم كتلة NaCl على الكتلة المولية لـ NaCl، ثم قسم الناتج على 2 لتحصل على عدد مولات Cl₂ المعطاة في السؤال.

مسائل تدريبية

42. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور، بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة بالمخطط على اليسار؟



43. تحفيز، يستخدم معدن التيتانيوم - وهو فلز انتقالي - في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم TiCl₄ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO₂ باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقاً للمعادلة:



a. ما كتلة غاز Cl₂ اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO₂؟

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO₂؟

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO₂؟

الحسابات الكيميائية : حساب الكتل إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد المتفاعلة التي ستستخدمها في إنتاج الكتل المطلوبة من النواتج. يوضح المثال 9-1 كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 9-1

حساب الكتل عندما تتحلل نترات الأمونيوم NH_4NO_3 ، والتي تعد أحد أهم الأسمدة، ينتج غاز أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) والماء. حدد كتلة H_2O الناتجة عن تحلل 25.0 g من نترات الأمونيوم الصلبة NH_4NO_3 .

1 تحليل المسألة

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، ثم استخدم النسب المولية لإيجاد عدد مولات المواد الناتجة. وأخيراً استخدم الكتلة المولية لتحويل عدد مولات المواد الناتجة إلى كتلة بالجرامات.

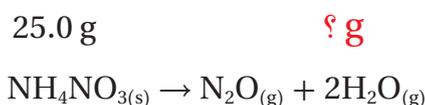
المطلوب
كتلة الماء $\text{H}_2\text{O} = ??$

المعطيات

كتلة نترات الأمونيوم $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 25.0 \text{ g}$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.



احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

$$25.0 \text{ g NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80.04 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} = 0.312 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3$$

احسب عدد مولات الماء بضرب عدد مولات نترات الأمونيوم في النسبة المولية.

النسبة المولية: $\frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}$

$$0.312 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} = 0.624 \text{ mol H}_2\text{O}$$

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

$$0.624 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{18.02 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 11.2 \text{ g H}_2\text{O}$$

3 تقويم الإجابة

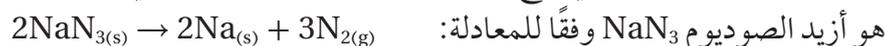
لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية



100.0 g $\text{NaN}_3 \rightarrow ? \text{ g N}_{2(g)}$

44. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقاً للمعادلة:



احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلل NaN_3 ، كما يظهر في الرسم المجاور.

45. تحفيز عند تشكل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأوكسجين

والماء في الهواء ليشكل حمض الكبريتيك H_2SO_4 . اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا

تفاعل 2.5 g SO_2 مع الأوكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

5. جهاز حاملاً مع حلقة، ومثلثاً من الصلصال لتسخين الجفنة.
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 7 - 8 min بلهب قوي، وسجل ملاحظتك في أثناء التسخين.
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقظاً لرفع الجفنة عن اللهب.
تحذير: لا تلمس الجفنة الساخنة.
8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3 .

خطوات العمل



1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدولاً تدون فيه البيانات العملية وملاحظتك.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم ضع فيها 3 g تقريباً من كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 ، وقس الكتلة الكلية للجفنة وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة NaHCO_3 .
4. استخدم كتلة NaHCO_3 التي حسبته والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.

تحليل النتائج

1. صف ما لاحظته في أثناء تسخين صودا الخبز.
2. قارن كتلة Na_2CO_3 التي حسبته بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.
3. احسب افترض أن كتلة Na_2CO_3 التي حسبته في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة لنتائج التفاعل؛ احسب الخطأ ونسبته المئوية في ضوء نتيجة التجربة.
4. حدد مصادر الخطأ المحتملة في خطوات العمل التي أدت إلى خطأ الحساب في السؤال رقم 3.

التقويم 1-4

الخلاصة

46. **الفكرة الرئيسية** فسر لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
47. اذكر الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
48. طبق كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كلياً مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.
49. احسب كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة: $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$
50. صمم خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي:
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$
يجب أن تفسر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة CaCl_2 الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl .

- تحديد المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.
- تعريف المادة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.
- تحسب كتلة الناتج عندما تُعطى كتلاً لأكثر من مادة متفاعلة.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل
المواد الفائضة

المادة المحددة للتفاعل

Limiting Reactants

الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفذ أي من المواد المتفاعلة تماماً.

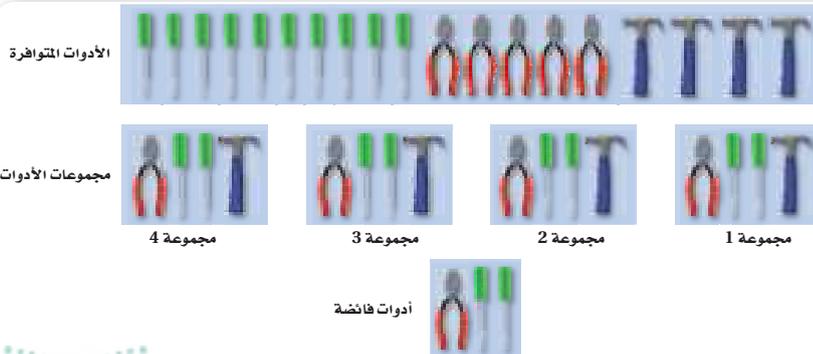
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عددًا من الطلاب سيبقى واقفًا. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشارك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

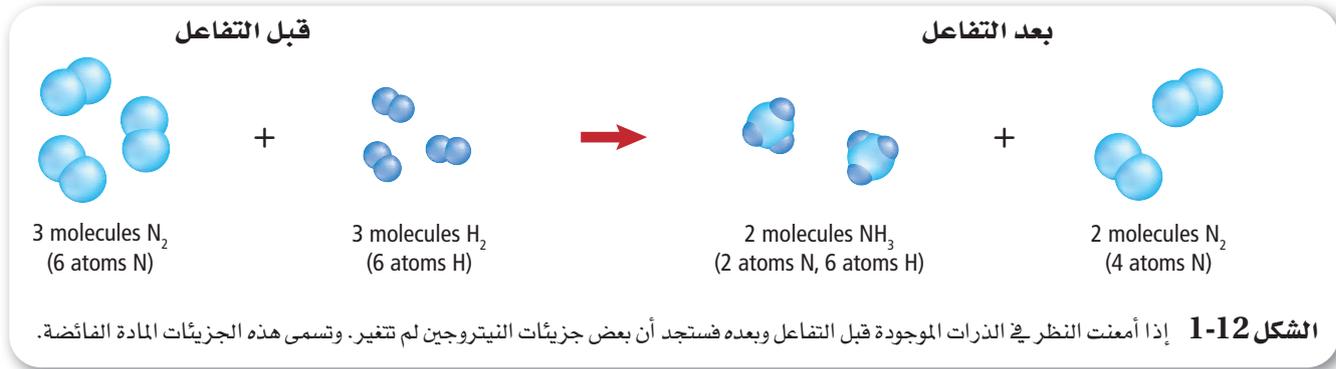
نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحدها معادلة التفاعل الموزونة. وعادة ما تكون واحدة أو أكثر من المواد الفائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. لذا فإن كمية المواد الناتجة تعتمد على كمية المادة المحددة للتفاعل.

المواد المحددة للتفاعل والمواد الفائضة بالرجوع إلى التجربة الاستهلاكية صفحة 11؛ وعند إضافة المزيد من كبريتيد الصوديوم الهيدروجيني إلى المحلول الشفاف الذي تكوّن لم يُلاحظ أي تغيير؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برمنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. **والمادة المحددة للتفاعل** هي المادة التي تستهلك كليًا في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل بدون استهلاك. وتُسمى هذه المواد المتبقية **المواد الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر الشكل 1-11. يمكننا بناءً على المواد المتوفرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كهاشة ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكهاشات والمفكات الفائضة.



الشكل 1-11 يجب أن تحتوي كل مجموعة على مطرقة، لذا يمكن تشكيل أربع مجموعات. **فسر** كم مطرقة يتطلب إكمال المجموعة الخامسة؟



تعرف المادة المحددة للتفاعل بُنيت الحسابات التي أجريتها في الأمثلة السابقة على وجود المواد المتفاعلة بالنسبة التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعندما لا تكون الحالة على هذا النحو فإن عليك معرفة المادة المحددة للتفاعل أولاً.

فلننظر إلى التفاعل في الشكل 1-12 الذي يصف تفاعل ثلاثة جزيئات من النيتروجين N₂ مع ثلاثة جزيئات من الهيدروجين H₂ لتكوين غاز الأمونيا NH₃؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معاً لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في الشكل 1-11.

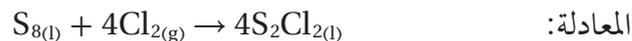
ما عدد جزيئات الأمونيا المتكوّنة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود ستة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاث منها مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجين مادة محددة للتفاعل، في حين يُعد النيتروجين مادة فائضة. لذا من الضروري معرفة المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة؛ لأن كمية المادة الناتجة تعتمد على ذلك.

ماذا قرأت؟ توسع ما عدد جزيئات الهيدروجين التي تلزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في الشكل 1-12؟

حساب الناتج بناءً على المادة المحددة للتفاعل

Calculating the Product when a Reactant is Limiting

كيف يمكنك حساب كمية الناتج عندما تكون إحدى المواد محددة للتفاعل؟ لنأخذ مثالاً على ذلك مركب ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الذي يستخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر الشكل 1-13 كيف تجعل الفلكنة المطاط صالحاً للاستعمالات الكثيرة، حيث يُخضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب



ما مقدار ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الناتج عن تفاعل 200.0 g من مصهور الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور؟

حساب المادة المحددة للتفاعل لقد أعطيت كتلتي المادتين المتفاعلتين، لذا عليك أن تحدد أولاً أيهما المادة المحددة للتفاعل؛ لأن التفاعل سيتوقف عندما تستهلك هذه المادة تماماً.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 1-13 يكون المطاط الطبيعي ليناً ولزجاً، لذا يعالج بالفلكنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الفلكنة معاً مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الفلكنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها العجلة الظاهرة في الصورة.



مهني في الكيمياء

الصيدلي إن معرفة تركيب الدواء، وكيفية استعماله، والمضاعفات الضارة المحتملة من استعماله تجعل الصيدلي قادراً على نصيح المريض وإرشاده. كما يقوم الصيدلي بمزج المواد الكيميائية لصناعة المساحيق، والأقراص، والدهون والمحاليل.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال

الشائع.

النتائج

الاستعمال العلمي: مادة جديدة تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي. كان الناتج الوحيد عن التفاعل غازاً عديم اللون.

الاستعمال الشائع: شيء ينتج عند قسمة عددين أحدهما على الآخر...

مولات المواد المتفاعلة يتطلب تعرّف المادة المحددة للتفاعل إيجاد عدد مولات كل مادة متفاعلة؛ وذلك بتحويل كتل المواد إلى مولات. ويمكنك تحويل كتلة كل من الكلور والكبريت إلى مولات، بضرب كتلة كل مادة في عامل تحويل يساوي معكوس الكتلة المولية لكل منها.

$$100.0 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70.91 \text{ g Cl}_2} = 1.410 \text{ mol Cl}_2$$

$$200.0 \text{ g S}_8 \times \frac{1 \text{ mol S}_8}{256.5 \text{ g S}_8} = 0.7797 \text{ mol S}_8$$

استعمال نسب المولات تتطلب الخطوة الآتية معرفة النسبة المولية الصحيحة التي تربط بين المادتين كما أعطيت في المعادلة الموزونة. تبين معاملات المعادلة الموزونة وجود 4 mol Cl₂ من 1 mol S₈، أي أن النسبة بينهما (4:1). ويتطلب تحديد النسب الصحيحة المقارنة بين النسبة (4:1) ونسب المولات الفعلية للمواد المتفاعلة. ولإجراء ذلك نقسم عدد مولات الكلور الفعلية على مولات الكبريت الفعلية أيضاً.

$$\frac{1.410 \text{ mol Cl}_2}{0.7797 \text{ mol S}_8} = \frac{1.808 \text{ mol Cl}_2}{1 \text{ mol S}_8}$$

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol Cl₂ لكل 1 mol S₈ بدلاً من 4 mol Cl₂ من 1 mol S₈ كما تظهر المعادلة. ولذلك يكون الكلور هو المادة المحددة للتفاعل.

حساب كمية الناتج المتكوّن يمكنك بعد حساب مولات المادة المحددة للتفاعل أن تحسب مولات المادة الناتجة عن طريق ضرب مولات المادة المحددة للتفاعل (1.410 mol) في نسبة مولات ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت، ثم تحويل مولات S₂Cl₂ إلى جرامات، وذلك بضرب عدد المولات في كتلتها المولية كما هو مبين أدناه:

$$1.410 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{4 \text{ mol S}_2\text{Cl}_2}{4 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{135.0 \text{ g S}_2\text{Cl}_2}{1 \text{ mol S}_2\text{Cl}_2} = 190.4 \text{ g S}_2\text{Cl}_2$$

وهذا يعني تكوّن 190.4 g S₂Cl₂ عند تفاعل 1.410 mol Cl₂ مع كمية فائضة من S₈.

المادة الفائضة بعد أن حددت المادة المحددة للتفاعل وكمية الناتج المتكوّن قد ترغب في معرفة ما حدث للمادة الفائضة، والكمية التي تفاعلت من الكبريت؟

المولات المتفاعلة عليك تحويل المولات إلى كتلة لمعرفة كتلة الكبريت التي تلزم لتفاعل تماماً مع 1.410 mol Cl₂، لذا ابدأ أولاً بحساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ Cl₂ / S₈.

$$1.410 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol S}_8}{4 \text{ mol Cl}_2} = 0.3525 \text{ mol S}_8$$

الكتلة المتفاعلة لحساب كتلة الكبريت، تضرب 0.3525 mol S₈ في الكتلة المولية لـ S₈

$$0.3525 \text{ mol S}_8 \times \frac{256.52 \text{ g S}_8}{1 \text{ mol S}_8} = 90.423 \text{ g S}_8$$

الكمية الفائضة يمكن حساب الكمية المتبقية بعد التفاعل من S₈ بطرح كتلة المادة المتفاعلة من كتلة المادة الكلية على النحو الآتي:

الكمية الفائضة = كتلة المادة - الكمية التي تفاعلت

$$200.0 \text{ g S}_8 - 90.423 \text{ g S}_8 = 109.57 \text{ g S}_8$$

المادة المحددة للتفاعل يتفاعل الفوسفور الصلب الأبيض P_4 مع الأكسجين لتكوين مركب صلب يُسمّى عاشر أكسيد رابع الفوسفور P_4O_{10} ، ويطلق على هذا المركب أحياناً اسم خامس أكسيد ثنائي الفوسفور؛ لأن صيغته الأولية هي P_2O_5 .

a. احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة عن تفاعل 25.0 g من الفوسفور مع 50.0 g من الأكسجين.

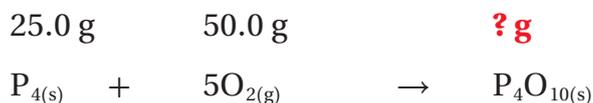
b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

1 تحليل المسألة بما أن لديك كتلتي المادتين المتفاعلتين لذا يمكنك تعرّف المادة المحددة للتفاعل، ثم حساب كتلة الناتج. ويمكن معرفة عدد مولات المادة الفائضة بناءً على معرفة مولات المادة المحددة للتفاعل، وحساب عدد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت وتحويلها إلى كتلة، ثم طرح هذه الكتلة من الكتلة المتوافرة قبل بدء التفاعل.

المطلوب	المعلوم
كتلة عاشر أكسيد رابع الفوسفور = P_4O_{10} ? g	كتلة الفوسفور = 25.0 g
كتلة المادة الفائضة = ? g	كتلة الأكسجين = 50.0 g

2 حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل



اكتب المعادلة الموزونة، وحدّد المعطيات والمطلوب

احسب عدد مولات المواد المتفاعلة بضرب كتلة كل منها في عامل التحويل الذي يربط عدد المولات مع الكتلة معكوس الكتلة المولية لكل منها.

$$25.0 \text{ g } P_4 \times \frac{1 \text{ mol } P_4}{123.9 \text{ g } P_4} = 0.202 \text{ mol } P_4$$

احسب مولات P_4

$$50.0 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32.00 \text{ g } O_2} = 1.56 \text{ mol } O_2$$

احسب مولات O_2

احسب النسبة المولية الفعلية لمولات O_2 ، P_4

$$\frac{1.56 \text{ mol } O_2}{0.202 \text{ mol } P_4} = \frac{7.72 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } P_4}$$

احسب نسبة مولات O_2 إلى مولات P_4

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

$$\frac{5 \text{ mol } O_2}{\text{mol } P_4} = \text{النسبة المولية}$$

وبما أنه يتوافر 7.72 mol من الأكسجين، في حين أن التفاعل يحتاج إلى 5 mol من الأكسجين لتفاعل مع 1 mol من P_4O_{10} ، فالأكسجين هو المادة الفائضة، ويكون P_4 هو المادة المحددة للتفاعل. لذا تستعمل مولات P_4 لحساب مولات P_4O_{10} الناتجة.

اضرب عدد مولات P_4 في النسبة المولية $\frac{P_4O_{10}}{P_4}$

$$0.202 \text{ mol } P_4 \times \frac{1 \text{ mol } P_4O_{10}}{1 \text{ mol } P_4} = 0.202 \text{ mol } P_4O_{10}$$

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

ولحساب كتلة P_4O_{10} نضرب مولات P_4O_{10} في عامل التحويل الذي يربط الكتلة بالمولات.

$$0.202 \text{ mol } P_4O_{10} \times \frac{283.9 \text{ g } P_4O_{10}}{1 \text{ mol } P_4O_{10}} = \mathbf{57.3 \text{ g } P_4O_{10}}$$
 احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة.

وبما أن O_2 هو المادة الفائضة فإن جزءاً منه فقط يتفاعل. لذا استخدم المادة المحددة للتفاعل P_4 لحساب عدد مولات O_2 الداخلة في التفاعل وكتلته.

$$0.202 \text{ mol } P_4 \times \frac{5 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } P_4} = 1.01 \text{ mol } O_2$$
 اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

حوّل مولات O_2 الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

$$1.0 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.0 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 32.3 \text{ g } O_2$$
 اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

احسب كمية O_2 الفائضة.

$$32.3 \text{ g } O_2 - 50.0 \text{ g } O_2 = \mathbf{17.7 \text{ g } O_2}$$

3 تقويم الإجابة أعطيت جميع القيم بثلاث أرقام معنوية، وكذلك أعطيت قيمة P_4O_{10} . وينطبق ذلك على جميع الحسابات والأرقام الداخلة في المسألة. حسبت كتلة الأوكسجين الفائضة (17.7g) بطرح رقمين في كل منهما منزلة عشرية واحدة. لذا فإن الكتلة الفائضة من الأوكسجين صحيحة؛ لأنها تحتوي على منزلة عشرية واحدة.

مسائل تدريبية

51. يتفاعل الصوديوم مع أكسيد الحديد (III) وفق المعادلة الكيميائية:



إذا تفاعل 100 g من Na مع 100.0 g من Fe_2O_3 ، فاحسب كلاً مما يأتي:

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

52. تحفيز يستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$ ، وغاز الأوكسجين.

فإذا توافر لنبته ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

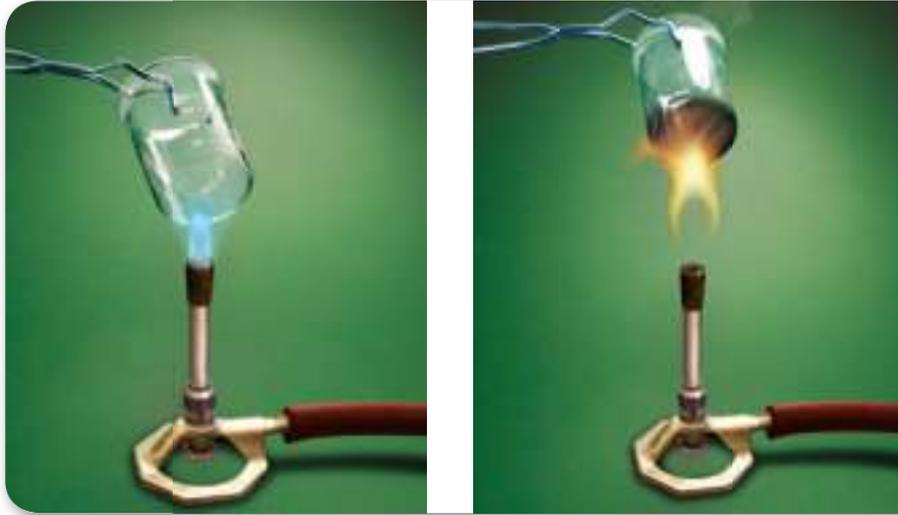
a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.



الشكل 1-14 عندما لا يتوافر الأكسجين بكميات كافية يشتعل لهب بنزن بلهب أصفر مليء بالسناج، كما يظهر الشكل الأيمن. أما إذا توافرت كميات كافية فيشتعل موقد بنزن بلهب أزرق شديد الحرارة، خالٍ من السناج، كما في الشكل الأيسر.

لماذا نستخدم فائضاً من مادة متفاعلة؟

يتوقف كثير من التفاعلات عن الحدوث على الرغم من بقاء جزء من المواد المتفاعلة في خليط التفاعل. وقد يؤدي ذلك إلى هدر المواد الأولية. لذا وجد الكيميائيون أن استعمال مادة واحدة بكميات فائضة - وهي عادة المادة الأقل ثمنًا - يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاذ المادة المحددة للتفاعل تمامًا، كما أن ذلك يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

يبين الشكل 1-14 كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيغ منتجاً لهباً حاراً في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تمامًا.

الربط مع علم الأحياء يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والعناصر بكميات قليلة للمساعدة على حدوث التفاعلات الأيضية بيسر وسهولة. ويؤدي نقص هذه المواد إلى إعاقات في النمو، وخلل في وظائف خلايا الجسم. فالفسفور على سبيل المثال ضروري جداً لعمل الأجهزة الحيوية، كما توجد مجموعة الفوسفات في المادة الوراثية DNA. ويحتاج الجسم إلى البوتاسيوم ليؤدي كل من الأعصاب وضغط الدم والعضلات عملها بصورة صحيحة. فإذا احتوت الوجبات الغذائية على كميات كبيرة من الصوديوم وكميات أقل من البوتاسيوم فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم. ولا يستطيع الجسم دون وجود فيتامين B-12 تكوين المادة الوراثية DNA على نحو صحيح، مما يؤثر في إنتاج خلايا كرات الدم الحمراء.

تجربة
عملية

ملاحظة المادة المحددة
للتفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



إساءة استخدام

العقاقير الطبية



التقويم 1-5

الخلاصة

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك تماماً في أثناء التفاعل الكيميائي. أما المادة التي لم تستهلك جميعها وتبقى بعد انتهاء التفاعل فتسمى المادة الفائضة .
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على السادة المحددة للتفاعل.

53. **الفكرة الرئيسية** صف لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟
54. حدّد المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في كل من التفاعلات الآتية:
- a. احتراق الخشب.
- b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعقة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.
- c. تحلل صودا الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.
55. حلّ استخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.
- $$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$
- حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:
- a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3
- b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4 mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المحددة للتفاعل.
- c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320 g من P_4S_3



1-6

الأهداف

- تحسب المردود النظري للتفاعل الكيميائي من البيانات.
- تحدد المردود المئوي للتفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

عملية: سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

المفردات الجديدة

المردود النظري
المردود الفعلي
نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية Percent Yield

الفكرة الرئيسية نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعلياً قد لا تحقق هدفاً في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضاً نواتج نظرية وأخرى فعلية.

ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجري في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقاً. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة. ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة- في الحالة السائلة- على سطوح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح الشكل 1-15 قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانباً على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

المردود النظري والمردود الفعلي في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه المردود النظري للتفاعل. **المردود النظري** أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

نادراً ما ينتج عن التفاعل الكيميائي مردود فعلي مطابق للمردود النظري المتوقع. يحدد الكيميائي المردود الفعلي للتفاعل من خلال تجربة دقيقة يحسب من خلالها كتلة المادة الناتجة. لذا **المردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عملياً.



الشكل 1-15 تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضاً من المادة المترسبة قد ترك جانباً على ورقة الترشيح، كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

نسبة المردود المثوية يحتاج الكيميائيون إلى معرفة فاعلية التفاعل في إنتاج النواتج المرغوب فيها. ومن طرائق قياس فاعلية التفاعل حساب نسبة المردود المثوية. لذا فإن نسبة المردود المثوية للنواتج هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري في صورته نسبة مئوية.

نسبة المردود المثوية

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

لذا تحسب نسبة المردود المثوية بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري مضروباً في مئة.

مثال 11-1

نسبة المردود المثوية تتكون كرومات الفضة الصلبة Ag_2CrO_4 عند إضافة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 إلى محلول يحتوي على 0.500 g من نترات الفضة AgNO_3 . احسب المردود النظري لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 ، واحسب نسبة المردود المثوية إذا كانت كتلة كرومات الفضة Ag_2CrO_4 الناتجة فعلياً عن التفاعل هي (0.455 g) .

1 تحليل المسألة تعلم أن كتلة المواد المتفاعلة وكتلة المردود الفعلي من المعطيات. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، واحسب المردود النظري بتحويل جرامات AgNO_3 إلى مولات AgNO_3 ، ومن ثم تحويل مولات AgNO_3 إلى مولات Ag_2CrO_4 ، وأخيراً تحويل مولات Ag_2CrO_4 إلى جرامات Ag_2CrO_4 . ثم احسب نسبة المردود المثوية من المردود الفعلي والمردود النظري.

المعطيات

كتلة نترات الفضة = 0.500 g AgNO_3

المردود الفعلي = $0.455 \text{ g Ag}_2\text{CrO}_4$

المطلوب

المردود النظري = $?\text{g Ag}_2\text{CrO}_4$

المردود المثوي = $?\% \text{Ag}_2\text{CrO}_4$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وحدد

المعطيات والمطلوب

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات

AgNO_3 إلى عدد مولات AgNO_3

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات

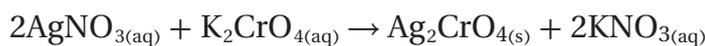
AgNO_3 إلى عدد مولات Ag_2CrO_4

احسب المردود النظري

احسب نسبة المردود المثوية.

0.500 g

$?\text{ g}$



$$0.500 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{169.9 \text{ g AgNO}_3} = 2.94 \times 10^{-3} \text{ mol AgNO}_3$$

$$2.94 \times 10^{-3} \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{CrO}_4}{2 \text{ mol AgNO}_3} = 1.47 \times 10^{-3} \text{ mol Ag}_2\text{CrO}_4$$

$$1.47 \times 10^{-3} \text{ mol Ag}_2\text{CrO}_4 \times \frac{331.7 \text{ g Ag}_2\text{CrO}_4}{1 \text{ mol Ag}_2\text{CrO}_4} = 0.488 \text{ g Ag}_2\text{CrO}_4$$

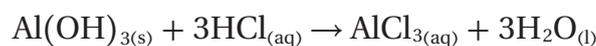
$$\frac{0.455 \text{ g Ag}_2\text{CrO}_4}{0.488 \text{ g Ag}_2\text{CrO}_4} \times 100 = 93.2\% \text{ Ag}_2\text{CrO}_4$$

3 تقويم المسألة

القيمة التي تحتوي أقل عدد من الأرقام المعنوية هي القيمة التي يوجد بها ثلاثة أرقام معنوية، لذا فالنسبة التي استخدمت للتعبير عن الجواب صحيحة. كما أن الكتلة المولية لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 هي ضعف الكتلة المولية لنترات الفضة $AgNO_3$ تقريباً. ولذلك نسبة عدد مولات نترات الفضة $AgNO_3$ إلى عدد مولات كرومات الفضة Ag_2CrO_4 في المعادلة هي (2:1). ولذلك يجب أن ينتج 0.500 g من $AgNO_3$ من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريباً. فالمرودود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المرودود المئوية معقولة.

مسائل تدريبية

56. تحتوي أقراص مضاد الحموضة على هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ لمعادلة حمض المعدة HCl . ويمكن وصف التفاعل الحادث في المعدة بالمعادلة:



احسب المرودود النظري لـ $AlCl_3$ إذا تفاعل قرص مضاد للحموضة يحتوي على 14.0 g من $Al(OH)_3$ تماماً مع حمض المعدة HCl .

57. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة: $Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$

a. احسب المرودود النظري إذا تفاعل 1.912 mol من الزنك.

b. احسب نسبة المرودود المئوية إذا تم الحصول عملياً على 515.6 g من يوديد الزنك.

58. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تترسب بلورات الفضة، ويتكون محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

b. إذا تفاعل 20.0 g من النحاس فاحسب المرودود النظري للفضة.

c. إذا نتج 60.0 g من الفضة فعلياً من التفاعل، فما نسبة المرودود المئوية للتفاعل؟



مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

4. حدد المردود النظري للأكسجين في الأكاسيد الموجودة في عينة كتلتها 1.00 Kg من تربة القمر.
5. احسب استطاع العلماء باستخدام الأساليب المتوافرة حاليًا استخراج 15 Kg من الأكسجين من 100 Kg من تربة القمر. احسب نسبة المردود المئوية لهذه العملية.

البيانات والملاحظات

بيانات الصخور	
النسبة الكتلية في التربة %	الأكسيد
47.3%	SiO ₂
17.8%	Al ₂ O ₃
11.4%	CaO
10.5%	FeO
9.6%	MgO
1.6%	TiO ₂
0.7%	Na ₂ O
0.6%	K ₂ O
0.2%	Cr ₂ O ₃
0.1%	MnO

هل يمكن أن تكون صخور سطح القمر مصدرًا فعالاً للأكسجين لتزويد رحلات القمر في المستقبل؟ بالرغم من عدم وجود غلاف جوي للقمر، ومن ثم عدم وجود أكسجين عليه، إلا أن سطحه مغطى بصخور وتربة مكونة من الأكاسيد. لذا يبحث العلماء كيف يستخلصون الأكسجين من صخور القمر وترتبه للاستفادة منه في التنفس في الرحلة إليه. وقد زوّد تحليل عينات الصخور التي أحضرت من سطح القمر العلماء بالمعلومات الموضحة في الجدول. عن الأكاسيد في تربة القمر ونسبها الكتلية المئوية.

التفكير الناقد

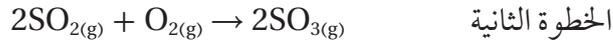
1. احسب كتلة (بالجرام) كل من الأكاسيد الواردة في الجدول في 1.00 kg من تربة القمر.
2. طبق يرغب العلماء في استخراج الأكسجين من أكسيد الفلز باستخدام تفاعل التحلل: الأكسجين + الفلز → أكسيد الفلز ولتقويم صحة هذه الفكرة حدد كمية الأكسجين (بالكيلوجرام) في كل من الأكاسيد الموجودة في 1.00 kg من تربة القمر.
3. عرف ما الأكسيد الذي يعطي أكبر ناتج من الأكسجين لكل كيلوجرام؟ وما الأكسيد الذي يعطي أقل ناتج؟

نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية

Percent Yield and the Economic Feasibility

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح بالشكل 1-16، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H₂SO₄، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ. لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك.

إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:



وفي الخطوة الأخيرة يتحد ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع الماء لينتج حمض الكبريتيك.



الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريباً، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضاً بنسبة عالية إذا استُخدم عامل محفز عند درجة حرارة (400°C). والعامل المحفز مادة تزيد من سرعة التفاعل أو دون أن تستهلك، ولا تظهر في المعادلة الكيميائية. لكن تحت هذه الظروف يكون التفاعل بطيئاً، ورفع درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعل، ولكنها تقلل من الناتج.

ولزيادة الناتج وتقليل الوقت في الخطوة الثانية، طور العلماء نظاماً تمر خلاله المواد المتفاعلة SO_2 و O_2 فوق عامل محفز عند درجة حرارة (400°C). ولأن التفاعل يصدر مقداراً كبيراً من الحرارة ترتفع درجة الحرارة بالتدريج، وتقل كمية الناتج. ولذلك، عندما تصل درجة الحرارة إلى 600°C تقريباً يتم تبريد المزيج، ومن ثم يُمرر فوق العامل المحفز مرة أخرى. وبتكرار تمريره فوق العامل المحفز أربع مرات مع التبريد بين كل عملية وأخرى نحصل على ناتج أكبر من (98%).



الشكل 1-16 الكبريت يتم استخراج الكبريت من منتجات البترول بواسطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعته تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

التقويم 1-6

الخلاصة

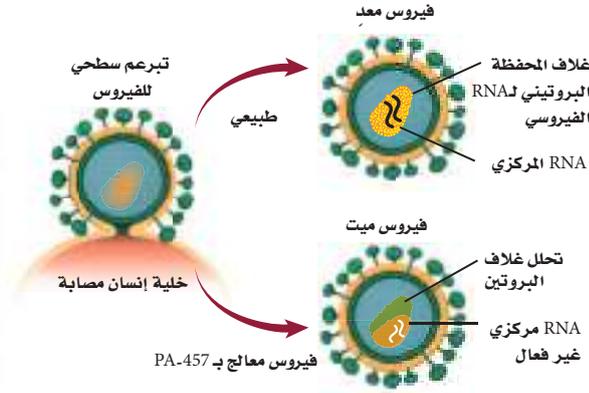
- 69. **الفكرة الرئيسية** حدد أي مما يأتي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟
- 60. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.
- 61. وضح كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟
- 62. طبق إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):

$$2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$$
 فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟
- 63. احسب نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين.

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

بيانات التفاعل	
35.67g	كتلة الجفنة
38.06g	كتلة الجفنة + Mg
39.15g	كتلة الجفنة + MgO بعد التسخين

محاربة السلالات المقاومة



الشكل 2 عندما يتعرض HIV لـ PA-457 يفقد هذا الغلاف شكله وينهار، مما يؤدي إلى موت الفيروس.

هجوم مفاجئ: يعد هذا الاكتشاف مفاجأة؛ لأنه عكس معظم الأدوية، حيث أن PA-457 يهاجم بناء HIV بدلاً من الإنزيمات التي تساعد HIV على إعادة الإنتاج، كما في الشكل 2، مما يجعل PA-457 واحداً من أوائل سلسلة الأدوية الجديدة لـ HIV المعروفة بمعيقات النضج. إنه العلاج الذي يستطيع منع الفيروس من النضج خلال المراحل الأخيرة من نموه.

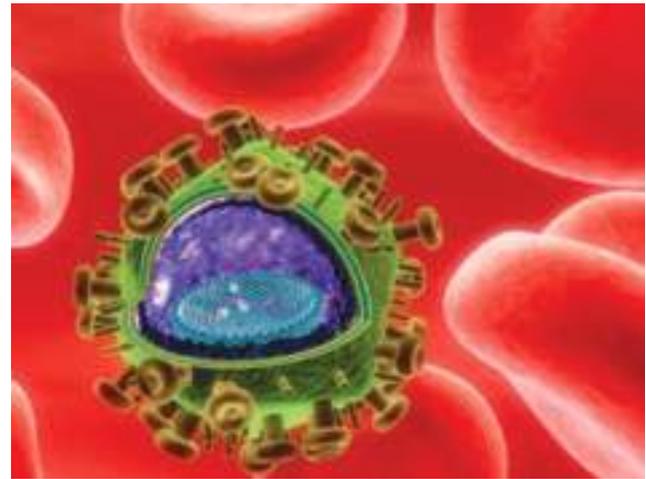
تقليل سرعة النمو الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أن يهاجم بناء HIV [HIV] ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم HIV في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجاً متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء مقاومة؛ لأن أي فيروس حي بحاجة إلى مناعة متعددة، على ألا تقل عن واحدة لكل دواء، ضد HIV. وهو غير محتمل الحدوث في الوقت نفسه.

الكتابة في الكيمياء ابحث كيف يحدد العلماء مستوى الجرعة الآمن لأي دواء؟ ناقش كيف يجب أن تكون فاعلية الدواء متوازنة مع درجة السُمِّية والأعراض الجانبية؟

لقد تبين أن فيروس نقص المناعة عند الإنسان [HIV] الذي يسبب مرض الإيدز من ألد أعداء الطب الحديث، ولم يتم التوصل إلى علاجه حتى الآن. ويعود ذلك إلى قدرة هذا الفيروس الفائقة على التكيف؛ إذ تظهر السلالات المقاومة للأدوية من هذا الفيروس بسرعة؛ بحيث تصبح الأدوية الحديثة والمتطورة جميعها دون جدوى. وتجري بعض الأبحاث الآن باستخدام قدرة هذا الفيروس على التكيف لاتخاذ ذلك طريقة لمكافحته.

اختيار المقاومة إن PA-457 علاج واعد ضد فيروس [HIV]، وهو عبارة عن حمض البتيولينيك، المركب العضوي المستخرج من بعض النباتات، ومنها لحاء شجر السدر. ولمعرفة ما يفعله PA-457 لـ [HIV]، وهو ما يسمى آلية عمل الدواء، خطا العلماء خطوة غريبة؛ إذ شجعوا عينات من [HIV] على بناء مقاومة ضد هذا الدواء PA-457.

وقد أخضع الباحثون عينات من [HIV] إلى جرعات قليلة من PA-457، مما يسمح ببقاء بعض الفيروسات حية وتبني مقاومة. ثم تُجمع الفيروسات التي بقيت حية بعد تعرضها لـ PA-457، ويُفحص تسلسل جيناتها. وقد وجد أن هذه الجينات مسؤولة عن قدرة الفيروسات على بناء ما يُسمى غلاف المناعة كما في الشكل 1.



الشكل 1 يشكل الغلاف طبقة حماية حول المادة الجينية لفيروس HIV العادي.

مختبر الكيمياء 1

تحديد صيغة الأملاح المائية



الخلفية النسبة بين عدد مولات الماء وعدد مولات المركب في الأملاح المائية عدد صحيح صغير. ويمكن تحديد هذه النسبة بتسخين الملح المائي لإزالة الماء.

سؤال كيف يمكنك تحديد عدد مولات الماء في مول واحد من الملح المائي؟

المواد والأدوات اللازمة

ميزان	هلب بنزن
ملح 4 MgSO ₄ المائي (كبريتات الماغنسيوم)	حامل معدني وحلقة
ملعقة	بوتقة ذات غطاء
ولاعة أو علبة كبريت	مثلث خزفي
	ملقط البوتقة



إجراءات السلامة

تحذير: أطفئ هلب بنزن عند الانتهاء من استعماله. تعامل بحذر مع البوتقة والغطاء والمثلث الخزفي لأنها ساخنة وقد تحرق الجلد. لا تستنشق الروائح؛ لأنها تسبب الضرر للجهاز التنفسي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات.
3. أوجد كتلة البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
4. ضع 3 g من MgSO₄ المائي في البوتقة، ثم قس كتلته مع البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
5. دوّن ملاحظاتك حول الملح المائي.
6. ضع المثلث الخزفي فوق حلقة الحامل؛ بحيث يكون فوق هلب بنزن مباشرة، دون أن تشعل الهلب.
7. ضع البوتقة على المثلث بحذر، ثم ضع الغطاء فوقها بحيث يكون مائلاً قليلاً.
8. ابدأ التسخين بلهب خفيف، ثم زد شدة اللهب تدريجياً مدة 10 دقائق ثم أطفئ الهلب.
9. ارفع البوتقة عن اللهب باستعمال الملقط بحذر، وقم برفع الغطاء عنها باستعمال الملقط أيضاً، ودعها تبرد.

10. قس كتلة البوتقة والغطاء وكبريتات الماغنسيوم.
11. دوّن ملاحظاتك حول ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي.
12. التنظيف والتخلص من النفايات التخلص من ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي كما يطلب إليك معلمك، ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها المناسبة، ونظف مكان العمل جيداً.

حلل واستنتج

1. احسب استعمل البيانات التجريبية لحساب صيغة ملح كبريتات الماغنسيوم المائي.
2. لاحظ واستنتج قارن بين مظهر بلورات كبريتات الماغنسيوم المائية واللامائية؟
3. استنتج لماذا قد تكون الطريقة المستخدمة في المختبر غير مناسبة لتحديد ماء التبلور في الأملاح المائية؟
4. تحليل الخطأ إذا كانت صيغة الملح المائي $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ، فما نسبة الخطأ في الصيغة الكيميائية $MgSO_4$ ؟ ما مصادر الخطأ المحتملة؟ ما خطوات العمل التي من الممكن تعديلها للتقليل من الخطأ؟
5. توقع ما الذي يمكن أن يحدث للملح اللامائي إذا ترك دون غطاء طوال الليل؟

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار ما إذا كان مركباً مائياً (يحتوي على ماء تبلور) أو لامائياً.

مختبر الكيمياء 2

تحديد النسبة المولية

9. أضف 15 mL من الماء المقطر إلى فلز النحاس الصلب في الكأس (150 mL)، وحرك هذه الكأس لغسل النحاس، ثم صب السائل فقط في الكأس (400 mL).

10. كرر الخطوة 9 مرتين.

11. ضع الدورق الذي

يحتوي على النحاس الرطب فوق سخان الكهربي، واستخدم حرارة منخفضة لتجفيف النحاس.



12. ارفع الكأس عن السخان بعد أن يجف النحاس، باستخدام الملقط واتركه حتى يبرد.

13. قس كتلة الكأس والنحاس معاً.

14. التنظيف والتخلص من الفضلات ضع النحاس الجاف في وعاء النفايات، واغسل ما علق بالكأس، وجففها بمنشفة ورقية، ثم صب محلول كبريتات النحاس (II)، ومحلول كبريتات الحديد، غير المتفاعلة، في كأس كبيرة، وأعد جميع أجهزة وأدوات المختبر إلى أماكنها الخاصة بها.

حلل و استنتج

1. طبق اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل، ثم احسب كتلة النحاس التي يجب أن تتكون من كمية الحديد المستعملة، فتكون هذه الكتلة هي المردود النظري.

2. فسر البيانات حدد كتلة، وعدد مولات النحاس الناتجة واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد النسبة المولية العددية الصحيحة (الحديد: النحاس)، ثم حدد نسبة المردود المثوية.

3. قارن بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عملياً في الخطوة 2 (الحديد : للنحاس).

4. تحليل الخطأ حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.

الخلفية النظرية: يتفاعل الحديد مع كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$. ويمكنك حساب النسبة المولية عملياً بقياس كتلة الحديد التي تفاعلت وكتلة فلز النحاس التي تكونت.

سؤال: كيف تُقارن بين النسبة المولية العملية والنسبة المولية النظرية؟

المواد والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس (II) المائية	سخان كهربائي
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	ملقط لحمل الدوارق
برادة حديد	ميزان
ماء مقطر	ساق تحريك
كأس سعتها 150 mL	كأس سعتها 400 mL
مخبار مدرج سعته 100 mL	أوراق وزن

احتياطات السلامة

تحذير: يسبب السخان الكهربائي الحروق، لذا أغلق مصدر الكهرباء إذا كنت لا تستعمله.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس كتلة كأس سعتها 150 mL نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
3. ضع 12 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ في الكأس.
4. أضف 50 mL من الماء المقطر إلى $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ في الكأس، وضع الكأس على السخان، ثم حرك المزيج حتى يذوب (لا تدع المزيج يصل إلى درجة الغليان)، ثم ارفع الكأس عن السخان باستخدام الملقط.
5. زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
6. أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس (II) الساخنة في أثناء التحريك.
7. اترك المزيج مدة خمس دقائق.
8. استعن بساق التحريك كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 mL، من دون صب فلز النحاس الصلب.

الفكرة (النامة) تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة .

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

المفاهيم الرئيسية

- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.
- تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

الفكرة الرئيسية

الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

المفردات

- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

1-2 صيغ الأملاح المائية

المفاهيم الرئيسية

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعاً بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

الفكرة الرئيسية

الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات

- الملح المائي

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

المفاهيم الرئيسية

- تُفسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممتلئة (ذرات، جزيئات، وحدات الصيغة الكيميائية).
- تطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

الفكرة الرئيسية

تحدد كمية كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المادة الناتجة.

المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية



1-4 حسابات المعادلات الكيميائية

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية يتطلب حل

- مسائل الحسابات الكيميائية
- كتابة معادلة كيميائية موزونة.
- تستخدم الحسابات الكيميائية
- تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

1-5 المادة المحددة للفاعل

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل

- الكيميائي عندما تُستنفد أيُّ من المواد المتفاعلة تمامًا.
- المادة المحددة للفاعل هي المادة التي تستنفد تمامًا في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.

المفردات

- ينبغي لتحديد المادة المحددة للفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على الهادة المحددة للفاعل.
- المادة المحددة للفاعل
- المواد الفائضة

1-6 نسبة المردود المئوية

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية نسبة المردود

- المردود النظري للفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.

المفردات

- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عملياً من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبراً عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمة في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.
- المردود الفعلي
- المردود النظري
- نسبة المردود المئوية

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

1-2

إتقان المفاهيم

74. ما الملح المائي؟ وضح إجابتك بمثال.
75. وضح كيف تسمى الأملاح المائية؟
76. المجففات لماذا توضع المجففات مع الأجهزة الإلكترونية في صناديق حفظها؟
77. اكتب صيغة كل ملح من الأملاح المائية الآتية:
- a. كلوريد النيكل (II) سداسي الماء.
- b. كربونات الماغنسيوم خماسية الماء.

إتقان حل المسائل

78. يحتوي الجدول 1-3 على بيانات تجريبية لتحديد صيغة كلوريد الباريوم المائي. أكمل الجدول وحدد صيغته واسمه.

الجدول 1-3 بيانات $BaCl_2 \cdot xH_2O$	
21.30 g	كتلة البوتقة الفارغة
31.35 g	كتلة الملح المائي + البوتقة
	كتلة الملح المائي
29.87 g	كتلة الملح + البوتقة بعد التسخين مدة 5 دقائق
	كتلة الملح اللامائي

79. تكوّن نترات الكروم (III) ملحًا مائيًا يحتوي على 40.50% من كتلته ماء. ما الصيغة الكيميائية للمركب؟
80. حدّد التركيب النسبي المئوي لـ $MgCO_3 \cdot 5H_2O$ ، ومثّل التركيب النسبي برسم بياني دائري.
81. سخنت عينة كتلتها 1.628 g من ملح يوديد الماغنسيوم المائي حتى تبخر الماء منها تمامًا، فأصبحت كتلتها 1.072 g بعد التسخين. ما صيغة الملح المائي؟

1-1

إتقان المفاهيم

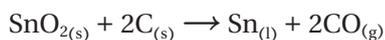
64. ما المقصود بالتركيب النسبي المئوي؟
65. ما المعلومات التي يجب أن يحصل عليها الكيميائي لتحديد الصيغة الأولية لمركب ما؟
66. ما المعلومات التي يجب توافرها للكيميائي ليحدد الصيغة الجزيئية لمركب؟
67. ما الفرق بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية؟ أعط أمثلة على ذلك.
68. متى تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها؟
69. هل كل العينات النقيّة لمركب معين لها التركيب النسبي المئوي نفسه؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

70. الحديد هناك ثلاثة مركبات طبيعية للحديد، هي: البايريت FeS_2 ، والهيماتيت Fe_2O_3 ، والسيديرايت $FeCO_3$. أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟
71. احسب التركيب النسبي المئوي لكل مركب مما يأتي:
- a. السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$.
- b. الماجنتيت Fe_3O_4 .
72. حدد الصيغة الأولية لكل مركب مما يأتي:
- a. الإيثيلين C_2H_4 .
- b. حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$.
- c. النفثالين $C_{10}H_8$.
73. ما الصيغة الأولية للمركب الذي يحتوي على 10.52 g Ni، و 4.38 g C، و 5.10 g N؟

إتقان حل المسائل

90. يتفاعل أكسيد القصدير (IV) مع الكربون وفق المعادلة:



فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة.

91. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء

عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.

92. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول

نترات الرصاص (II) يترسب كلوريد الرصاص (II) وينتج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. فسّر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد

المولات والكتلة.

93. عندما يخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، ينتج فلز

الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة.

فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات

الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟



94. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع

محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي

فلوريد السليكون والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبين كيف

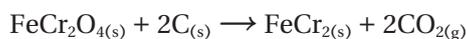
تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

95. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت

FeCr_2O_4 . ومن الخطوات المتبعة في استخراج الكروم

من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج

الفيروكروم FeCr_2 .



ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت

إلى مولات الفيروكروم؟

1-3

إتقان المفاهيم

82. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن

تحدد النسب المولية؟

83. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدها من المعادلة

الكيميائية الموزونة؟

84. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

85. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات

المادة A إلى مولات المادة B؟

86. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة

لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن

يمين الصيغ الكيميائية؟

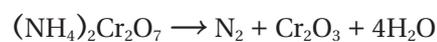
87. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة

كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

88. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج

غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار

الماء.



اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي

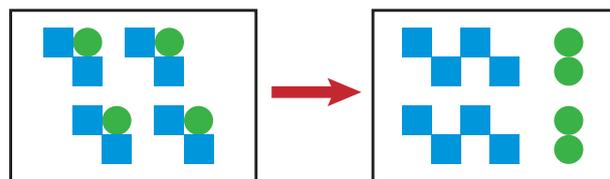
كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

89. يمثل الشكل 1-17 معادلة، وتمثل المربعات العنصر M،

كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل

الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة،

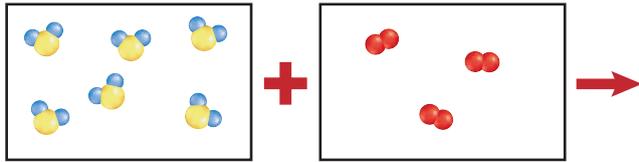
ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 1-17

104. يمثل كل صندوق في الشكل 1-18 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجها يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تمثل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تمثل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتمثل الهيدروجين.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
b. مستخدماً الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 1-18

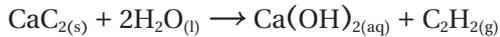
إتقان حل المسائل

105. الإيثانول يمكن تخضير الإيثانول C_2H_5OH ، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

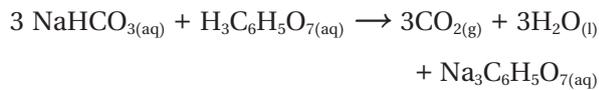


زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من تخمر 750 g من $C_6H_{12}O_6$

106. اللحم إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟



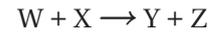
107. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزاً بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 وحمض الستريك $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ حسب المعادلات الآتية:



ما عدد مولات $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol NaHCO_3 ؟

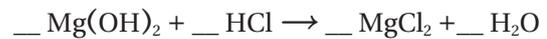
96. تلوث الهواء تتم إزالة الملوث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات CaSO_4 .

97. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 1-4 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحديد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.



الجدول 1-4 بيانات التفاعل			
عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

98. مضاد الحموضة يُعد هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.



a. زن معادلة التفاعل.
b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات MgCl_2 الناتجة عن هذا التفاعل.

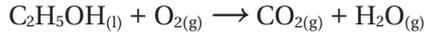
1-4

إتقان المفاهيم

99. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟
100. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟
101. ما القانون الذي تركز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟
102. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟
103. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

1 تقويم الفصل

113. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO₂ الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

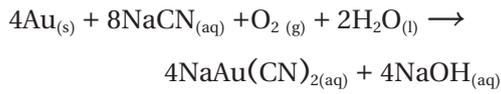


114. بطارية السيارة يُستخدم من بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0 g رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.

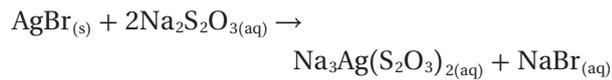
115. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.



a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.

b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

116. الأفلام تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذاباً في الجلاتين. وعند تعرّض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة منتجاً حبيبات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.



حدد كتلة Na₃Ag(S₂O₃)₂ الناتجة عن إزالة 572.0 g من بروميد الفضة AgBr.

108. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهو ينطلق إلى الهواء عند احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون CO₂.

109. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص (II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص (II) ومحلول نترات البوتاسيوم.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

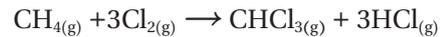
b. حدد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

110. وقود الصاروخ يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N₂H₄ وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H₂O₂ وقوداً للصاروخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

111. الكلوروفورم CHCl₃ مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.



ما مقدار CH₄ بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g CHCl₃؟

112. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم KO₂ لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية. $4KO_2 + 2H_2O + 4CO_2 \rightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$. أكمل الجدول 1-5.

الجدول 1-5 بيانات إنتاج الأكسجين

كتلة	كتلة	كتلة	كتلة	كتلة
O ₂	KH CO ₃	CO ₂	H ₂ O	KO ₂
380g				

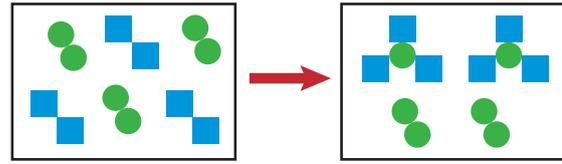
1-5

إتقان المفاهيم

117. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المحددة للتفاعل؟

118. وضح لماذا تُعد العبارة الآتية غير صحيحة: (المادة المحددة للتفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقل).

119. تمثل المربعات في الشكل 1-19 العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 1-19

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وتمثل كل دائرة 1mol N، فما عدد مولات كل من M و N التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كل من العنصرين M و N التي لم تتفاعل؟

d. أي العنصرين مادة محددة للتفاعل؟ وأيهما مادة فائضة؟

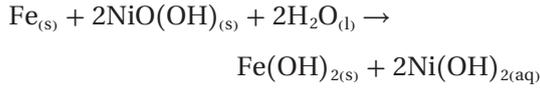
إتقان حل المسائل

120. يوضح الشكل 1-20 التفاعل بين الإيثانين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المحددة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



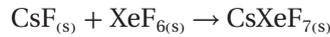
الشكل 1-20

121. بطارية نيكل - حديد اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل-حديد. وتمثل المعادلة الآتية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

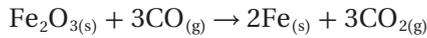


ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol مع 8.0 mol $NiO(OH)$ ؟

122. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكون هو سابع فلوريد زينون سيزيوم $CsXeF_7$. ما عدد مولات $CsXeF_7$ التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سداس فلوريد الزينون.

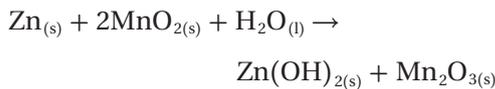


123. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجارياً من تفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe_2O_3 مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟



124. ينتج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع الفوسفور P_4 الصلب خماسي. وعند تفاعل 16.0g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأَي المادتين المتفاعلتين مُحَدَّدة للتفاعل، وأيهما فائضة؟

125. البطارية القلوية تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة الآتية:



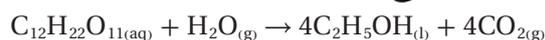
a. ما المادة المحددة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع 30.0 g MnO_2 ؟

b. حدد كتلة $Zn(OH)_2$ الناتجة من التفاعل.

1 تقويم الفصل

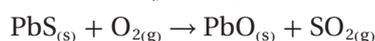
إتقان حل المسائل

134. الإيثانول (C₂H₅OH) يتنج عن تخمر السكرز مع وجود الإنزيمات.



حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تخمّر 684 g من السكرز وكان الناتج 349 g إيثانول.

135. يستخلص أكسيد الرصاص (II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص (II)، في الهواء.



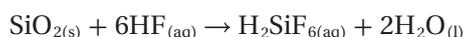
a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ PbO

إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS.

b. ما نسبة المردود المئوية إذا نتج 70.0 g من PbO؟

136. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في

أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H₂SiF₆ حسب المعادلة الآتية:



إذا تفاعل 40.0 g من SiO₂ مع 40.0 g من HF ونتاج 45.8 g من H₂SiF₆:

a. ما المادة المُحددة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H₂SiF₆؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

137. تتحلل كربونات الكالسيوم CaCO₃ عند التسخين إلى

أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO₂.

a. ما المردود النظري لـ CO₂ إذا تحلل 235.0 g من CaCO₃؟

b. ما نسبة المردود المئوية لـ CO₂ إذا نتج 97.5 g من CO₂؟

126. يتفاعل الليثيوم تلقائيًا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم،

اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

a. المادة المُحددة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

1-6

إتقان المفاهيم

127. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

128. كيف يتم تحديد كل من المردود الفعلي والمردود النظري؟

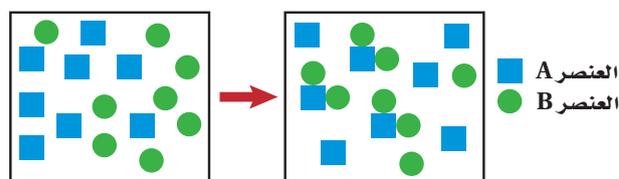
129. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

130. ما العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل الكيميائي؟

131. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كل من المردود النظري ونسبة المردود المئوية لأي تفاعل كيميائي؟

132. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء لينتج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المئوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

133. تفحص التفاعل الظاهر في الشكل 1-21. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 1-21

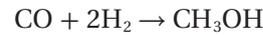
مراجعة عامة

141. يحتوي مركب على 6.0 g كربون، و 1.0 g هيدروجين. وكتلته المولية 42.0 g/mol. ما التركيب النسبي المئوي للمركب؟ وما صيغته الأولية؟ وما صيغته الجزيئية؟
142. أي المركبات الآتية يحتوي على أعلى نسبة مئوية بالكتلة من الأكسجين؟ TiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3
143. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس II CuS ؟
144. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟
145. **تلوث الهواء** يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.
- a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
- b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟
146. **التحليل الكهربائي** حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية لغاز الهيدروجين إذا تم تحليل 36.0 g من الماء كهربائياً لإنتاج 3.80 g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

التفكير الناقد

147. **حلل واستنتج** تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟
148. **لاحظ واستنتج** حدد ما إذا كان أي من التفاعلات الآتية يعتمد على المادة المحددة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

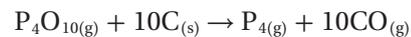
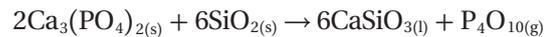
138. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل الجدول 6-1، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 6-1 بيانات تفاعل الميثانول		
$CH_3OH(l)$	$CO(g)$	
	8.50 g	الكتلة
32.05 g/mol	28.01 g/mol	الكتلة المولية
		عدد المولات

139. **الفسفور P_4 يُحصَر تجارياً** بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ ، والرمل SiO_2 ، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:



يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $Ca_3(PO_4)_2$ و 400.0 g من SiO_2 معاً، و حدد نسبة المردود المئوية لـ P_4 ، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g).

140. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقاً للمعادلة الموزونة الآتية:



احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من MnO_2 مع 50.0 g من HCl، وكان المردود الفعلي لـ Cl_2 هو (20.0 g).

1 تقويم الفصل

الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

152. صمّم تجربة يمكن استعمالها لتحديد كمية الماء في مركب الشب البوتاسي $KAl(SO_4)_2 \cdot xH_2O$.

مسألة تحفيز

153. مركبان كيميائيان يتكونان من العنصرين X و Y وصيغتهما XY و X_2Y_3 . إذا علمت أن كتلة 0.25 mol من المركب XY تساوي 17.96 g ، و 0.25 mol من المركب X_2Y_3 تساوي 39.92 g .

a. فما الكتلة الذرية لكل من X و Y؟

b. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبين.

154. عند تسخين 9.59 g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكسيد فناديوم آخر كتلته (8.76 g) . وعند تعريض أكسيد الفناديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفناديوم الصلب.

a. حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسيدين.

b. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

155. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع منه في الشاي البارد. لذا فقد قررت أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من سرعة ذوبان السكر في الماء. فهل هذه العبارة فرضية أم نظرية؟

156. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر الآتية:

a. الفلور c. الألومنيوم

b. التيتانيوم d. الرادون

157. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

158. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

b. تفاعل نترات الفضة مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الفضة وحمض النيتريك.

149. طبق أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المحددة

والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$ ، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في الجدول 1-7 على النحو الآتي:

جدول 1-7 بيانات تفاعل $Co(NO_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4
1	5.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد بناءً على النتائج، المادة المحددة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

150. صمّم تجربة لتحديد نسبة المردود المثوية لكبريتات النحاس (II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس (II) المائية لإزالة الماء.

151. طبق يمكنك إعادة اشعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتماداً على

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

159. **الغاز الطبيعي** هيدرات الغاز الطبيعي هي مركبات كيميائية متبلورة (Clathrate hydrate). ابحث في هذه المركبات وأعدّ نشرة تعليمية عنها للمستهلكين. يجب أن تناقش هذه النشرة تركيب هذه المركبات، ومكان وجودها، وأهميتها للمستهلكين، والآثار البيئية لاستخدامها.

160. **تلوث الهواء** ابحث في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة، ناقش الملوثات الشائعة والتفاعل الذي ينتجها، موضحاً باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

161. **عملية هابر** تعد نسبة المردود المثوية للأمونوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُممت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

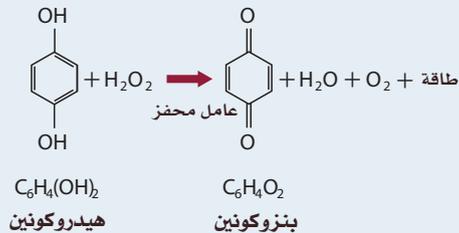
أسئلة المستندات

162. يشتمل الجدول 1-8 على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3, 164, 445 L من الأكسجين، والهيدروجين، وأحادي ميثيل الهيدرازين (الكتلة المولية = 46.07g/mol)، ورابع أكسيد ثنائي النيتروجين (الكتلة المولية = 92.00g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (727, 233 Kg). أكمل الجدول بحساب عدد المولات، والكتلة بالكيلوجرام، وعدد الجزيئات.

الجدول 1-8 بيانات وقود مكوك فضائي

عدد الجزيئات	عدد المولات	الكتلة (Kg)	الصيغة الجزيئية	المادة
	5.14×10^7		H 2	الهيدروجين
1.16×10^{31}			O 2	الأكسجين
		4909	CH 3 NH NH 2	أحادي ميثيل الهيدرازين
	8.64×10^4		N 2 O 4	رابع أكسيد ثنائي النيتروجين

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكوبين $C_6H_4(OH)_2$. وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلاً كيميائياً طارداً للحرارة ورذاذاً كيميائياً ساخناً مهيجاً لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة. ويوضح الشكل 1-22 المعادلة الكيميائية غير المتوازنة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 1-22

163. زن المعادلة الظاهرة في الشكل 1-22. وإذا كانت خنفساء تحتزن 100 mg من الهيدروكوبين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأَي المادتين محدّدة للتفاعل؟

164. ما المادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالمليجرام؟

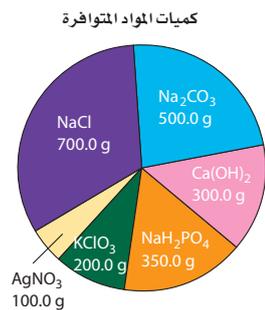
165. كم mg ينتج من البنزوكوبينين؟

اختبار مقنن

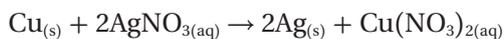
5. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

- a. النسب المولية الثابتة .c ثابت أفوجادرو
b. قانون حفظ الطاقة .d قانون حفظ المادة

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.



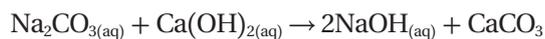
6. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع AgNO_3 تمامًا؟

- a. 18.7g .b 37.3g .c 74g .d 100.0g

7. تعد طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:

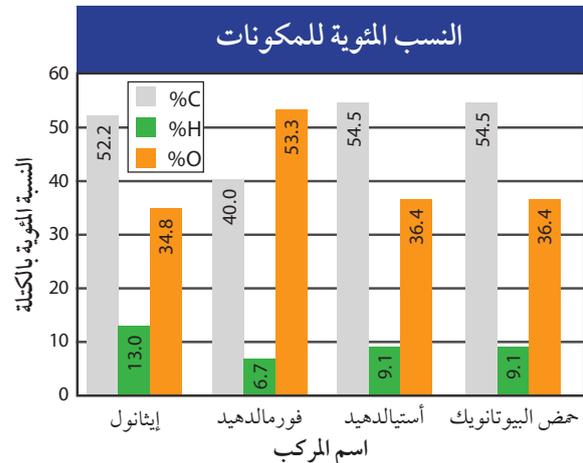


ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة.

- a. 4.050 mol .b 8.097 mol
c. 4.720 mol .d 9.430 mol

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 3.



1. إذا كانت الكتلة المولية لحمض البيوتانويك 88.1 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟

- a. $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$.b $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
c. $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.d $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

2. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟

- a. $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}$.b $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$
c. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.d $\text{C}_4\text{H}_{13}\text{O}_2$

3. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها.

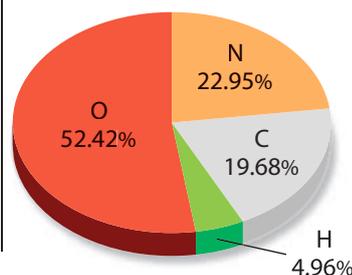
فكم جرامًا يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

- a. 30.00 g .b 60.06 g
c. 182.0 g .d 200.0 g

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 4.

4. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

- a. $\text{C}_6\text{H}_2\text{N}_6\text{O}_3$
b. $\text{C}_4\text{HN}_5\text{O}_{10}$
c. CH_3NO_2
d. CH_5NO_3



11. تحتوي عينة من أكسيد النيتروجين على 1.29g من النيتروجين، و 3.71g من الأكسجين. أي الصيغ الآتية يحتمل أن تمثل المركب؟

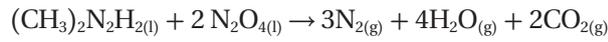
- a. N_2O_4
b. N_2O_3
c. N_2O
d. N_2O_5

12. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_2TiO_4 الموجودة

- في 7.13 g من المركب؟
a. 2.39×10^1 mol
b. 3.10×10^{-2} mol
c. 3.22×10^1 mol
d. 4.17×10^{-2} mol
e. 2.28×10^{-2} mol

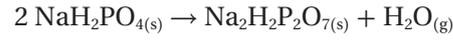
أسئلة الإجابات القصيرة

13. يشتعل $(CH_3)_2N_2H_2$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 .



ولأن هذا التفاعل ينتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

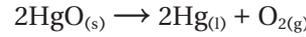
8. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفسفات الصوديوم $Na_2H_2P_2O_7$ ، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز - بتسخين $Na_2H_2PO_4$ إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:



فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من $Na_2H_2P_2O_7$ ، فكم جراماً من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $Na_2H_2P_2O_7$ ؟

- a. 0.000g
b. 130.0 g
c. 94.00 g
d. 480.0 g

9. يتحلل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:



فإذا تحللت 3.55 mol من HgO لتكوين 1.54 mol من O_2 و 618 g من Hg ، فما نسبة المردود المئوية لهذا التفاعل؟

- a. 13.2%
b. 56.6%
c. 42.5%
d. 86.8%

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و 11.

النسبة المئوية لمكونات أكاسيد النيتروجين		
المركب	نسبة النيتروجين	نسبة الأكسجين
N_2O_4	30.4%	69.6%
N_2O_3	؟	؟
N_2O	63.6%	36.4%
N_2O_5	25.9%	74.1%

10. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب N_2O_3 ؟

- a. 44.75%
b. 46.7%
c. 28.1%
d. 36.8%



اختبار مقنن

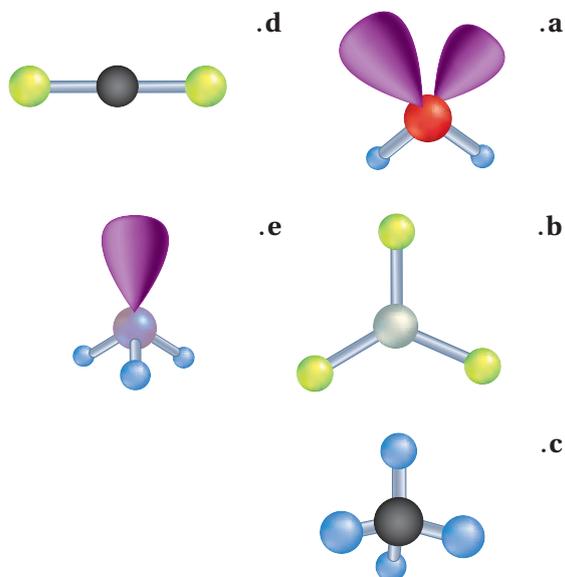
أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 19 و 20.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة		
العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
المغنسيوم	12	736
الألمنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

19. مثل البيانات السابقة بياناً، وضع العدد الذري على المحور السيني.
20. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 14 إلى 18.



14. أيّ الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟
15. أيّ الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟
16. أيّ الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟
17. أيّ الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟
18. أيّ الأشكال يمثل جزيئاً فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2 ؟

الإلكترونات في الذرات Electrons in Atoms

2

الفصل



الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

الفكرة الرئيسية للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

2-2 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسية تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسية يُحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة من خلال ثلاث قواعد.

حقائق كيميائية

- يستخدم العلماء طيف الامتصاص النجمي لتعرف العناصر التي تتركب منها النجوم وتصنيفه ضمن أحد أنواع الطيف العديدة.
- ترتبط خواص طيف الامتصاص النجمي مع درجة حرارة سطح النجم.
- كشف الطيف النجمي أن النجوم تتكون من العناصر الموجودة على الأرض نفسها.
- يوجد 600 خط معتم تقريباً في طيف الامتصاص الشمسي.



نشاطات تمهيدية

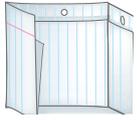
التوزيع الإلكتروني
اعمل مطوية تساعدك
على تلخيص القواعد
الثلاث التي تحدد ترتيب
الإلكترونات في الذرة.

المطويات

منظمات الأفكار



خطوة 1 اثن ورقة عند
منتصفها طولياً، على أن تكون
الحافة الخلفية أطول من الحافة
الأمامية 2 cm تقريباً.



خطوة 2 اطو الورقة لتشكّل
ثلاثة أجزاء متساوية.



خطوة 3 افتح الورقة على أن
تعود إلى الوضع السابق، ثم قصّ
الجزء الأمامي عند موضع الشئ
لكي تحصل على 3 أجزاء.

خطوة 4 عنون الأجزاء

الثلاثة على النحو
الآتي: مبدأ أوفباو،
مبدأ باولي، قاعدة
هوند.

التوزيع الإلكتروني		
قاعدة هوند	مبدأ باولي	مبدأ أوفباو

المطويات استخدم هذه المطوية في

القسم 2-3، ولخص كل قاعدة تحت التبويب
المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا القسم.

تجربة استهلاكية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

إذا أهدي إليك هدية في علبة بمناسبة نجاحك، وحاولت
أن تتوقع الهدية دون فتحها. فإنّ ما قمت به يشبه ما قام به
الكيميائيون الأوائل لتحديد تركيب الذرة.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. احصل على صندوق مغلف من المعلم.
3. حاول أن تعرف ما بداخل الصندوق بكل طريقة
ممكنة، دون إزالة الغلاف عن الصندوق أو فتحه.
4. سجل ملاحظتك خلال عملية الاستكشاف هذه.

تحليل النتائج

1. صف كيف تمكنت من تحديد صفات الجسم
الموجود داخل الصندوق، ومنها حجمه وشكله
ومكوناته؟
2. حدّد الحواس التي استخدمتها في ملاحظتك.
3. ناقش لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود
داخل الصندوق دون فتحه؟

استقصاء بعد قراءتك لهذا الفصل، صمّم استقصاءً
آخر يوضّح الصعوبات المرتبطة مع دراسة مكونات
الذرة.



2-1

الأهداف

- تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.
- تعرف طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.
- تقارن بين الطيف الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

الضوء وطاقة الكم

Light and Quantized Energy

الفكرة الرئيسية للضوء- وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي- طبيعة ثنائية: موجية وجسيمية.

الربط مع الحياة هل قمت يوماً بتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم حزمٌ صغيرةٌ من الطاقة بتسخينه في وقت قصير.

الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات

The Atom and Unanswered Questions

بعد اكتشاف الجسيمات الثلاثة المكوّنة للذرة مع بداية القرن التاسع عشر، واصل العلماء جهودهم لفهم تركيب الذرة وتوزيع الإلكترونات داخلها.

اقترح رذرفورد أن شحنة نواة الذرة موجبة، وأن كتلة الذرة متركزة في النواة المحاطة بالإلكترونات سريعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضاً سبب عدم انجذاب الإلكترونات السالبة الشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكن العلماء من تفسير الاختلاف والتشابه في السلوك الكيميائي للعناصر المختلفة.

فعلى سبيل المثال، توجد عناصر الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم في دورات مختلفة من الجدول الدوري، ومع ذلك فخواصها الكيميائية متشابهة؛ فهي تظهر في صورة فلزات في الطبيعة، وتتفاعل ذراتها بشدة مع الماء مطلقة غاز الهيدروجين ولكنها تختلف في شدة تفاعلها، حيث يتفاعل كل من الصوديوم والبوتاسيوم بشدة مع الماء، كما في الشكل 1-2، حتى أن غاز الهيدروجين قد يشتعل عندئذ أو ينفجر.

في أوائل القرن التاسع عشر بدأ العلماء كشف لغز السلوك الكيميائي؛ إذ لاحظوا انبعاث ضوء مرئي من عناصر معينة عند تسخينها بواسطة اللهب. وأظهر تحليل هذا الضوء المنبعث ارتباط سلوك العنصر الكيميائي بتوزيع الإلكترونات في ذراته. ولفهم هذه العلاقة وطبيعة البناء الذري، سيكون من المفيد أولاً فهم طبيعة الضوء.



بوتاسيوم



صوديوم



ليثيوم

← زيادة شدة التفاعل

مراجعة المفردات

الإشعاع: هو الأشعة أو الجسيمات - ومنها جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وأشعة جاما - المنبعثة عن مادة مشعة.

المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي
الطول الموجي
التردد
سعة الموجة
سرعة الموجة
الطيف الكهرومغناطيسي
الكم
ثابت بلانك
التأثير الكهروضوئي
الفوتون
طيف الانبعاث الذري

الشكل 1-2 للعناصر المختلفة

تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

يُعدُّ الضوء المرئي نوعاً من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء. ومن الأمثلة الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي الميكروويف الذي يستخدم في طهي الطعام، والأشعة السينية التي يستخدمها الأطباء لفحص العظام والأسنان، والموجات التي تحمل برامج المذياع والتلفاز إلى المنازل.

خصائص الموجات يمكن أن توصف الموجات جميعها بخصائص عدة، قد يكون بعضها مألوفاً لك. فعند رميك حجراً في بركة ماء مثلاً تتكون موجات دائرية مركزها الحجر الذي رميته تشبه تلك التي تظهر في الشكل 2-2a.

الطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتالين، كما هو موضح في الشكل 2-2b. ويرمز له بالرمز اليوناني لمداء (λ)، ويقاس بالأمتار أو السنتيمترات أو النانومترات ($1\text{nm}=1 \times 10^{-9}\text{m}$).

التردد هو عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية، ويرمز له بالرمز f ؛ ويقاس التردد بالمهرتز Hz؛ وهو وحدة قياس عالمية تساوي موجة واحدة في الثانية. وفي الحسابات، يعبر عن التردد بوحدة موجة لكل ثانية ($1/\text{s}$) (s^{-1})، وعندما يعبر عنه بهذه الطريقة، يتم فهم المقصود بالموجة. فعلى سبيل المثال:

$$652 \text{ Hz} = 652 \text{ موجة/ثانية أو } 652/\text{s} = 652 \text{ s}^{-1}$$

$$1\text{Hz} = 1 \times 10^{-3}\text{KHz}$$

$$1\text{Hz} = 1 \times 10^{-6}\text{MHz}$$

تعلمت سابقاً أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في الشكل 2-2b بتحريك نهاية الحبل الحرة إلى أسفل أو أعلى مسافة كبيرة. وتعرف **سعة الموجة** بأنها مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل. والطول الموجي والتردد لا يؤثران في سعة الموجة.

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية - ومنها الضوء المرئي - بسرعة ثابتة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ في الفراغ، وتعرف المسافات التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها بـ **سرعة الموجة**، يرمز لسرعة الضوء بالرمز c ، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تفرده (f).

معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

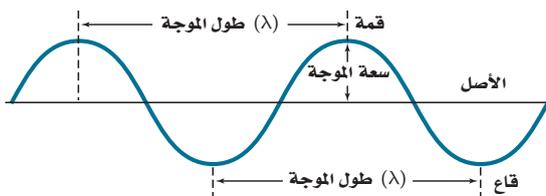
حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

$$c = \lambda f$$

λ الطول الموجي.

f التردد.

سرعة الضوء في الفراغ تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.



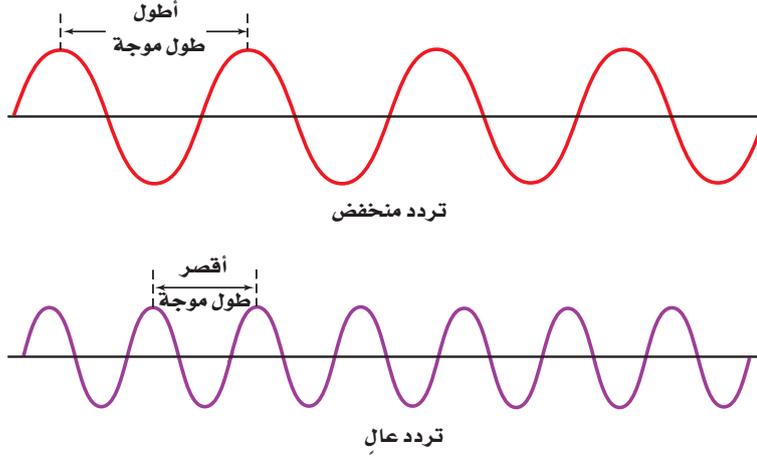
b

a

الشكل 2-2 a. تُظهر الموجات المائية المتحدّة المركز الصفات المميزة لكل الموجات.

b. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسة للموجات.

حدّد من الصورة، قمة، وقاعاً، وطولاً موجياً.



الشكل 3-2 توضح هذه الموجات العلاقة بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلّ التردد.

استنتج هل يؤثر التردد والطول الموجي في سعة الموجة؟

على الرغم من تساوي سرعة الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الفراغ إلا أنه قد يكون للموجات أطوال موجات وترددات مختلفة. وكما ترى من المعادلة في الصفحة السابقة، فإن الطول الموجي والتردد يتناسبان عكسياً أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحو أفضل، تفحص الموجتين الرسميتين في الشكل 3-2. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تنتقلان بسرعة الضوء إلا أنك تستطيع ملاحظة أن الموجة الحمراء لها طول موجة أكبر وتردد أقل من الموجة البنفسجية.

الطيف الكهرومغناطيسي يحتوي ضوء الشمس - وهو مثال على الضوء الأبيض - على مدى متصل من أطوال الموجات والترددات. وعند مرور الضوء الأبيض من خلال المنشور ينفصل إلى طيف متصل من الألوان يشبه الطيف المبين في الشكل 4-2، وهذه هي ألوان الطيف المرئي، المسمى بالطيف المستمر؛ وذلك لأن كل نقطة فيه تتوافق مع طول موجة وتردد مميزين. وقد تكون ألوان هذا الطيف مألوفة لديك، فإذا كنت قد رأيت قوس المطر من قبل فقد رأيت الألوان المرئية كلها مرة واحدة. ويتشكل قوس المطر عندما تشتت قطرات الماء الصغيرة الموجودة في الهواء ضوء الشمس الأبيض إلى ألوانه؛ إذ يتشكل الطيف في صورة قوس في السماء.

مهن في الكيمياء

محللو الطيف تحليل الطيف هو دراسة الطيف المنبعث أو المنبعث من المادة. وبما أن لكل عنصر طيف مميز وفريد من نوعه ويشبه بصمة الإصبع، لذا يستخدم علماء الفيزياء الفلكية التحليل الطيفي للكشف عن مكونات بعض النجوم مثل الشمس. ويظهر طيف الامتصاص النجمي خطوطاً معتمة كثيرة، تمكن محللي الطيف من تعرف العناصر الموجودة في النجم.



الشكل 4-2 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.



مُنح البروفيسور مصطفى عمرو السيد جائزة الملك فيصل / فرع العلوم عام 1410م لأنه برع وكان من ألمع الكيميائيين الفيزيائيين المعاصرين، وله بحوث وضعت في الصّف الأول من العاملين بالدراسات الطيفية.

ومن الممكن أن تؤدي دراساته في مجال الطاقة الضوئية إلى نتائج عملية مفيدة للإنسان في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية.

ولقد سُميت بعض قواعد التفاعلات التي اكتشفها باسمه، فيقال عنها قواعد السيد.



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

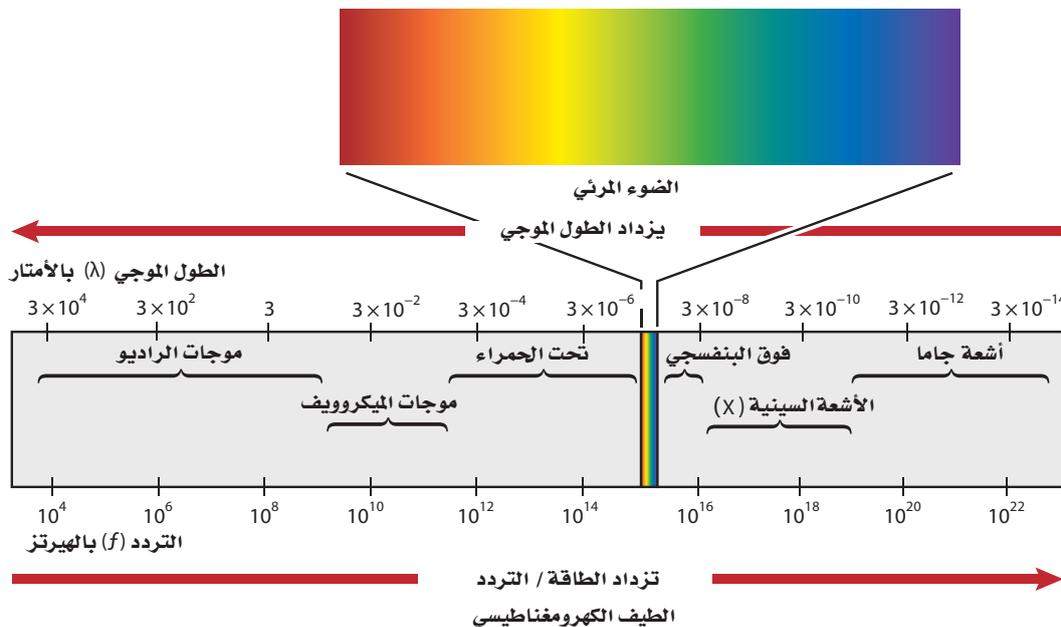
يظهر الطيف المرئي للضوء، في الشكل 4-2، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في الشكل 5-2. ويشتمل الطيف الكهرومغناطيسي، على أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط، ويظهر الشكل 4-2 اختلاف زاوية ميل الإشعاع باختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور، مما ينتج عنه سلسلة من الألوان (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي وبنفسجي). كما نلاحظ عند دراسة طاقة الإشعاع الميئة في الشكل 5-2، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وبناءً على ذلك، يُظهر الشكل 3-2 أن تردد الضوء البنفسجي أكبر. وعليه فإن طاقته أكبر من الضوء الأحمر. وستدرس لاحقاً العلاقة بين التردد والطاقة.

يمكنك استخدام المعادلة $c = \lambda f$ لحساب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تنتقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وترده.

الربط مع الفيزياء تتعرض أجسامنا للإشعاع الكهرومغناطيسي من مصادر متنوعة. فبالإضافة إلى الإشعاع الصادر من الشمس، ينتج عن النشاطات الإنسانية إشعاعات تشمل موجات الراديو والتلفزيون، ومحطات تقوية الهاتف، والمصابيح، ومعدات الأشعة السينية الطبية، كما تساهم المصادر الطبيعية على الأرض مثل البرق، والنشاط الإشعاعي الطبيعي في ذلك. وتعتمد معرفة الكون على الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام البعيدة كالنجوم التي تُرصد بأجهزة متخصصة على الأرض.

الشكل 5-2 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعاً من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه حيزاً ضيقاً جداً. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



حساب الطول الموجي لموجة كهرومغناطيسية تستخدم موجات الميكروويف في طهي الطعام، ونقل المعلومات. فما الطول الموجي لموجات الميكروويف التي ترددها 3.44×10^9 Hz؟

1 تحليل المسألة

تردد موجة الميكروويف معطى. وتعرف أيضاً أن موجات الميكروويف هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يرتبط كل من سرعته وتردده وطول موجته مع المعادلة $c = \lambda f$ ؛ حيث قيمة c معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

المطلوب
 $\lambda = ? \text{ m}$

المعطيات
 $f = 3.44 \times 10^9 \text{ Hz}$

$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

2 حساب المطلوب

حل المعادلة التي تربط بين السرعة والتردد والطول الموجي للموجة كهرومغناطيسية للحصول على الطول الموجي (λ).

$c = \lambda f$

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة كهرومغناطيسية

$\lambda = c / f$

حل لإيجاد λ

$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ Hz}}$

عوض قيم $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، و $f = 3.44 \times 10^9 \text{ Hz}$

لاحظ أن المتر يساوي $1/\text{s}$ أو s^{-1}

$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ s}^{-1}}$

اقسم الأرقام والوحدات

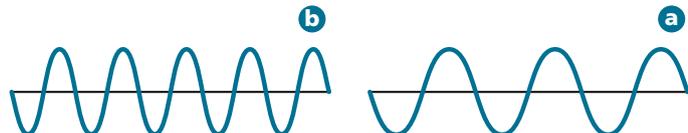
$\lambda = 8.72 \times 10^{-2} \text{ m}$

3 تقويم الإجابة

الإجابة معبر عنها بوحدات صحيحة للطول الموجي (m). وكلتا القيمتين المعروفتين في المسألة معبر عنها بثلاثة أرقام معنوية، لذا، يجب أن تحتوي الإجابة على ثلاثة أرقام معنوية، وهي كذلك. وقيمة الطول الموجي ضمن نطاق الطول الموجي للميكروويف المبين في الشكل 5-2.

مسائل تدريبية

64. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي $4.90 \times 10^{-7} \text{ m}$. فما تردد موجة هذا الضوء؟
65. يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم وتستعمل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي $1.15 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟
66. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^2 \text{ Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟
67. تحفيز: تذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz، في حين تذيع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

على الرغم من أن اعتبار الضوء موجة يفسر الكثير من سلوكه إلا أن هذه الحقيقة قد فشلت في تفسير الكثير من صفات الضوء التي تبين أنه مادة؛ إذ لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسير لماذا تطلق الأجسام الساخنة فقط ترددات محددة من الضوء عند درجات حرارة معينة، أو لماذا تطلق بعض الفلزات إلكترونات عندما يسقط عليها ضوء ذو تردد معين. لذا أدرك العلماء الحاجة إلى بناء نموذج جديد، أو مراجعة النموذج الموجي للضوء لمعالجة هذه الظواهر.

مفهوم الكم تشع الأجسام ضوءاً عند تسخينها، انظر الشكل 6-2 الذي يوضح هذه الظاهرة؛ إذ تبدو قطعة الحديد رمادية داكنة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها تتوهج باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تتحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سخنت أكثر. وسوف نتعلم أن درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألواناً مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

لم يستطع النموذج الموجي تفسير انبعاث هذه الأطوال الموجية المختلفة. وفي عام 1900م بدأ الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (1858 – 1947م) البحث عن هذه الظاهرة عندما كان يدرس الضوء المنبعث من الأجسام الساخنة. وقادته هذه الدراسة إلى استنتاج مدهش وهو: أنه يمكن للمادة أن تكتسب أو تخسر طاقة على دفعات بكمية صغيرة محددة تُسمى الكم. والكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

ماذا قرأت؟ فسر لماذا يتغير لون الأجسام الساخنة تبعاً لدرجة حرارتها؟

أدت الخبرة السابقة بالعلماء إلى الاعتقاد أنه يمكن أن تُمتص الطاقة أو تُبعث في كميات متغيرة وباستمرار دون حد أدنى لهذه الكمية. فعلى سبيل المثال، فُكر في عملية تسخين شريحة من الخبز داخل فرن الميكروويف، فقد يبدو لك أنك تستطيع إضافة أي كمية من الطاقة الحرارية إلى شريحة الخبز عن طريق التحكم في القوة والفترة الزمنية للفرن. والحقيقة أن درجة الحرارة تزداد بكميات صغيرة متواصلة عندما تمتص جزيئاتها كمّاً محدداً من الطاقة. ولأن عملية ازدياد درجة الحرارة تحدث تدريجياً ببطء لذا تبدو الزيادة في درجة الحرارة وكأنها مستمرة بدلاً من حدوثها على دفعات صغيرة.

المفردات

المفردات الأكاديمية

الظاهرة حقيقة أو حدث قابل للملاحظة.

خلال العواصف المطرية، تمر عادة التيارات الكهربائية من الغيوم إلى الأرض أو بين الغيوم نفسها - وهذه ظاهرة تُدعى البرق.

الشكل 6-2 يعتمد طول موجة الضوء

المنبعث من فلز ساخن، مثل الحديد الموجود عن اليمين، على درجة الحرارة. فالحديد رمادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاج.

فسر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.



اقترح بلانك أن الطاقة المنبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّاة، ثم أثبت رياضياً وجود علاقة بين طاقة الكم وتردد الإشعاع المنبعث.

طاقة الكم

حيث E طاقة الكم
 h ثابت بلانك
 f التردد
 طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

$$E_{\text{quantum}} = h \cdot f$$

ثابت بلانك يساوي $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ حيث J رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردده f .

واعتماداً على نظرية بلانك لكل تردد معين، فإن المادة تشع أو تمتص طاقة بمضاعفات صحيحة لقيم $h \cdot f$ ، مثل $1h \cdot f$ ، $2h \cdot f$ ، $3h \cdot f$ وما إلى ذلك. وتشبه هذه العملية بناء طفل لجدار من المكعبات الخشبية. إذ يستطيع الطفل أن يزيد أو ينقص من ارتفاع الجدار، بوضع أو إزالة عدد من المكعبات. وبالمثل تمتلك المادة مقادير محددة وثابتة من طاقة الكم – لا يوجد بينها كميات أخرى من الطاقة.

التأثير الكهروضوئي توصل العلماء إلى أن النموذج الموجي للضوء لم يكن قادراً على تفسير الظاهرة المسماة بالتأثير الكهروضوئي.

وفي **التأثير الكهروضوئي**، تنبعث الإلكترونات المسماة الفوتوإلكترونات من سطح الفلز عندما يسقط عليه ضوء بتردد مساو لتردد الفوتون، أو أعلى منه، على سطح الفلز، كما في الشكل 2-7. ويتنبأ النموذج الموجي، أنه حتى الضوء المنخفض الطاقة، والمنخفض التردد سوف يتراكم ويوفر الطاقة اللازمة لإطلاق الفوتوإلكترونات من فلز ما مع مرور الوقت. وفي الحقيقة، لن يطلق الفلز الفوتوإلكترونات إذا كان الضوء الساقط عليه ذات تردد أقل من التردد اللازم لإطلاق الفوتوإلكترون. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للضوء الأقل تردداً من $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$ إطلاق الفوتوإلكترونات من فلز الفضة مهما كانت شدته أو زمن تأثيره. إلا أن الضوء الباهت الذي تردده يساوي $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$ أو أكبر من ذلك يطلق الفوتوإلكترونات من فلز الفضة.

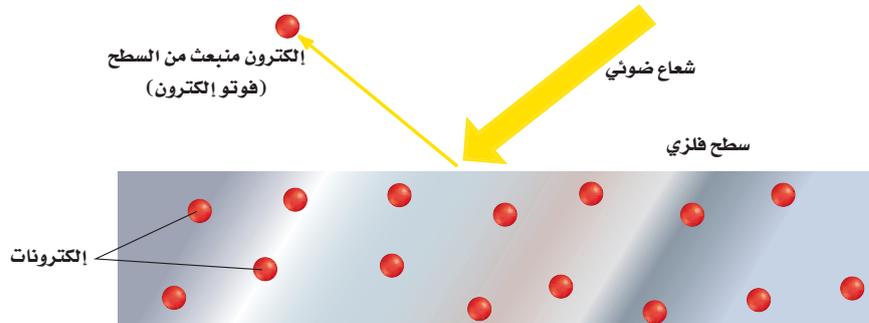
ماذا قرأت؟ صف التأثير الكهروضوئي.

الكيمياء في واقع الحياة

الطاقة الشمسية



الخلايا الكهروضوئية تستعمل الخلايا الكهروضوئية التأثير الكهروضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.



الشكل 2-7 يحدث التأثير الكهروضوئي

عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

الطبيعة الثنائية للضوء افترض ألبرت أينشتاين في عام 1905م لتوضيح التأثير الكهروضوئي أن الضوء له طبيعة ثنائية؛ فلحزمة الضوء خواص موجية، وأخرى مادية. ويمكن القول إنه حزمة أشعة من الطاقة تُسمى الفوتونات. والفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كما من الطاقة. واستكمالاً لفكرة بلانك عن طاقة الكم، وجد أينشتاين أن طاقة الفوتون تعتمد على تردده.

طاقة الفوتون

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

$$E_{\text{photon}} = h f$$

وكما اقترح أينشتاين أيضاً أن لكل فوتون حدًا معينًا من الطاقة يؤدي إلى إطلاق الفوتو إلكترون من سطح الفلز. وبناءً على ذلك، فإن الأعداد الصغيرة من الفوتونات التي لها طاقة أعلى من "الحد المعين"، الذي أشار إليه أينشتاين، سوف يتسبب في التأثير الكهروضوئي وإطلاق الفوتو إلكترون. هذا وقد فاز أينشتاين بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1921م لقيامه بهذا البحث.

مثال 2-2

احسب طاقة الفوتون يحصل كل جسم على لونه عن طريق عكس جزء معين من الضوء الساقط عليه. ويعتمد اللون على طول موجة الفوتونات المنعكسة، ثم على طاقتها. ما طاقة فوتون الجزء البنفسجي لضوء الشمس إذا كان تردده $7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ ؟

1 تحليل المسألة

المعطيات

$$f = 7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

$$E_{\text{photon}} = h f$$

$$E_{\text{photon}} = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})(7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1})$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}, f = 7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$E_{\text{photon}} = 4.791 \times 10^{-19} \text{ J}$$

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسّمها

3 تقويم الإجابة

إن طاقة الفوتون الواحد من الضوء صغيرة للغاية كما هو متوقع. ووحدة الطاقة هي الجول، وهناك أربعة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

68. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية الآتية:

a. $6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$

b. $9.50 \times 10^{13} \text{ Hz}$

c. $1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$

69. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي 0.125 m لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

70. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريباً، يشع لوناً أزرق ذا طول موجي $4.50 \times 10^2 \text{ nm}$. ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

هل تساءلت كيف ينشأ الضوء في مصابيح النيون المتوهجة؟ هذه العملية ظاهرة أخرى لا يمكن تفسيرها بواسطة النموذج الموجي للضوء. ينتج ضوء النيون عند مرور الكهرباء في أنبوب مليء بغاز النيون، حيث تمتص ذرات النيون الطاقة، وتنتقل إلى حالة عدم الاستقرار (إثارة). وحتى تعود إلى حالة الاستقرار ينبغي أن تبعث الضوء لكي تطلق الطاقة التي امتصتها. وعند مرور ضوء النيون من خلال منشور زجاجي ينتج عن ذلك طيف الانبعاث الذري للنيون.

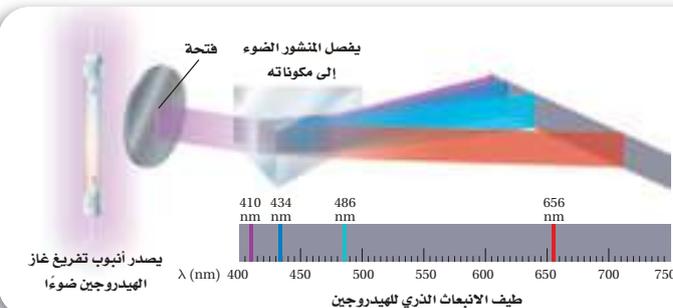
طيف الانبعاث الذري لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر. ويتكون طيف الانبعاث الذري للنيون من عدة خطوط منفصلة من الألوان مرتبطة مع ترددات الإشعاع المنبعثة من ذرات النيون، وهو ليس مدمجاً متصلاً من الألوان، كما هو الحال في الطيف المرئي للضوء الأبيض.

ماذا قرأت؟ وضح كيف ينتج طيف الانبعاث؟

لكل عنصر طيف انبعاث ذري فريد ومميز يستخدم لتعرف العنصر أو تحديد ما إذا كان ذلك العنصر جزءاً من مركب. فعلى سبيل المثال، عندما يغمس سلك بلاتين في محلول نترات الاسترانشيوم ويعرض على لهب بنزن، تبعث ذرات الاسترونشيوم لوناً أحمر مميزاً. ويمكنك إجراء اختبار لون اللهب هذا على مجموعة من العناصر في المختبر.

يوضح الشكل 8-2 التوهج الأرجواني - الزهري المميز الناتج عن تهيج ذرات الهيدروجين، والذي ينتج عند مروره بمنشور خطوط الطيف الأربعة المميزة لعنصر الهيدروجين. لاحظ اختلاف الطبيعة الخطية لطيف انبعاث الهيدروجين الذري عن طبيعة الطيف المستمر.

الربط مع علم الفلك طيف الانبعاث الذري مميز للعنصر، ويمكن استخدامه لتعرف ذلك العنصر. وإن حقيقة ظهور ألوان معينة فقط في طيف الانبعاث الذري للعنصر يعني انبعاث ترددات محددة من الضوء. ولأن



الشكل 8-2 يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال موجية مختلفة.

حدّد أي خط له أعلى طاقة؟

تجربة

تحديد ماهية المركبات

كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

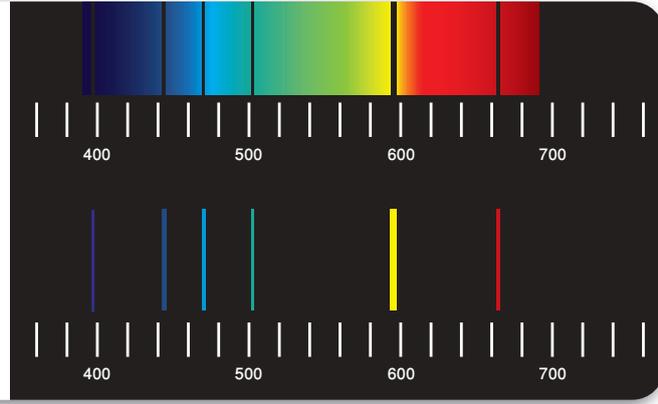
خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اغمس سلك بلاتين أو أحد أعواد تنظيف الأذن القطنية (بعد مسكه بالمقط) الستة في محلول **كلوريد الليثيوم**، ثم عرضه للهب بنزن، ولاحظ لون اللهب، وسجل ملاحظتك في جدول البيانات.
3. كرر الخطوة 2 مستخدماً محاليل الفلزات الآتية: **كلوريد الصوديوم**، **كلوريد البوتاسيوم**، **كلوريد الكالسيوم**، **كلوريد الاسترانشيوم**، وسجل لون كل لهب في جدول البيانات.
4. قارن نتائج اختبار لون اللهب بما في كتيب العناصر في نهاية الكتاب.
5. كرر الخطوة 2 مستخدماً عينة من **محلول مجهول** يزودك بها المعلم، ثم سجل لون اللهب الناتج.
6. تخلص من عيدان القطن المستعملة كما يرشدك المعلم.

التحليل

7. اقترح سبب إعطاء كل مركب لوناً مختلفاً للهب بنزن على الرغم من احتوائها جميعاً على الكلوريد.
8. وضح كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟
9. استنتج هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.

الشكل 9-2 الطيف الأول: طيف امتصاص، يتألف من خطوط سوداء فوق طيف مستمر. وترتبط الخطوط السوداء مع ترددات معينة يمتلكها عنصر محدد، هو الهيليوم في هذه الحالة. ويمكن مطابقتها بالخطوط الملونة في طيف انبعاث الهيليوم المبين أسفل طيف الامتصاص.



هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة $E_{\text{photon}} = hf$ ، لذا تنبعث الفوتونات الإلكترونية ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تمتص العناصر ترددات محددة من الضوء فيتكون طيف الامتصاص. وتظهر الترددات الممتصة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في الشكل 9-2. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

تجربة عملية

اختبار اللهب

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة

عن الإثرائية



التقويم 2-1

الخلاصة

- تحدد الموجات كلها بالطول الموجي، التردد، السعة، والسرعة.
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بسرعة الضوء في الفراغ.
- للموجات الكهرومغناطيسية كلها خواص موجية ومادية.
- تبعث المادة الطاقة وتمتصها بكميات محددة.
- ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

8. **الفكرة الرئيسية** قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.

9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسَّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.

10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.

11. قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.

12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.

13. تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-2 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. أطول طول موجي | a. إشعاع جاما |
| 2. أعلى تردد | b. موجة تحت الحمراء |
| 3. أعلى طاقة | c. موجات الراديو |



2-2

الأهداف

تقارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

توضح تأثير كل من الطبيعة الموجية - الجسيمية لـ دي بروي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة.

تعرف العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسية والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية لذرة الهيدروجين.

مراجعة المفردات

الذرة: أصغر جزء من العنصر يحتفظ بجميع خواصه، وتتكون من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

المفردات الجديدة

حالة الاستقرار

حالة الإثارة

العدد الكمي

مبدأ الشك لهايزنبرج

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

المستوى

العدد الكمي الرئيس

مستوى الطاقة الرئيس

مستوى الطاقة الثانوي

نظرية الكم والذرة

Quantum Theory and the Atom

الفكرة الرئيسية تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

الربط مع الحياة تصور أنك ترتقي سلماً، هل تستطيع الوقوف بين درجاته بكلتا رجليك؟ إنك لا تستطيع فعل ذلك؛ لأنك لا تقدر على الوقوف في الهواء. وهذا يشبه ما تقوم به الإلكترونات في مستويات الطاقة في الذرات.

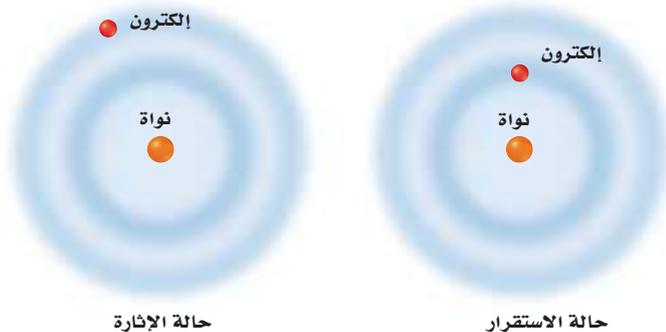
نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

فسّر نموذج الطبيعة الموجية - الجسيمية للضوء العديد من الظواهر المتخصصة، ولكن بقي العلماء غير قادرين على فهم العلاقات بين البناء الذري، والإلكترونات، وطيف الانبعاث الذري. تذكر مما سبق أن طيف الانبعاث الذري للهيدروجين منفصل؛ أي يتكون من ترددات محددة من الضوء. لماذا يكون طيف الانبعاث الذري للعناصر منفصلاً وليس متصلًا؟

طاقة ذرة الهيدروجين استفاد العالم نيلز بور من أفكار العالمين بلانك وأينشتاين، واقترح أن لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة يسمح للإلكترونات أن توجد فيها. وتسمى الحالة التي تكون إلكترونات الذرة فيها أدنى طاقة **حالة الاستقرار** أما عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة فتصبح في **حالة إثارة**.

كما ربط بور أيضاً بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين والإلكترون داخلها. واقترح أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يتحرك حول النواة في مدارات دائرية مسموح بها فقط. وكلما صغر مدار الإلكترون قلت طاقته أو قل مستوى الطاقة. وعلى العكس من ذلك، كلما كبر مدار الإلكترون زادت طاقة الذرة أو زاد مستوى الطاقة. وبناءً على ذلك، فإن لذرة الهيدروجين حالات إثارة كثيرة، رغم أنها تحتوي على إلكترون واحد. والشكل 10-2 يوضح أفكار العالم بور.

الشكل 10-2 يوضح ذرة تحتوي على إلكترون واحد، يوجد في حالته المستقرة في المستوى الأقل طاقة، وعندما تكون الذرة في حالة إثارة يكون الإلكترون في مستوى طاقة أعلى.



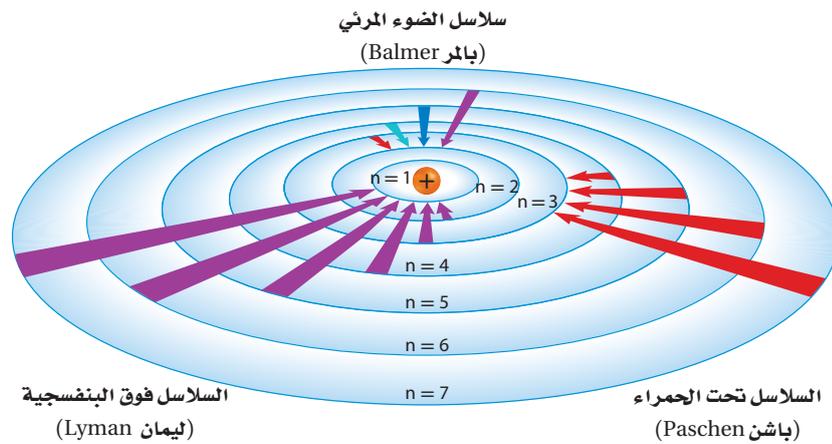
وصف بور لذرة الهيدروجين				الجدول 1-2
الطاقة النسبية	عدد المستويات الثانوية	نصف القطر المداري (nm)	العدد الكمي	مدار بور الذري
E_1	1	0.0529	$n=1$	الأول
$E_2 = 4E_1$	2	0.212	$n=2$	الثاني
$E_3 = 9E_1$	3	0.476	$n=3$	الثالث
$E_4 = 16E_1$	4	0.846	$n=4$	الرابع
$E_5 = 25E_1$	5	1.32	$n=5$	الخامس
$E_6 = 36E_1$	6	1.90	$n=6$	السادس
$E_7 = 49E_1$	7	2.59	$n=7$	السابع

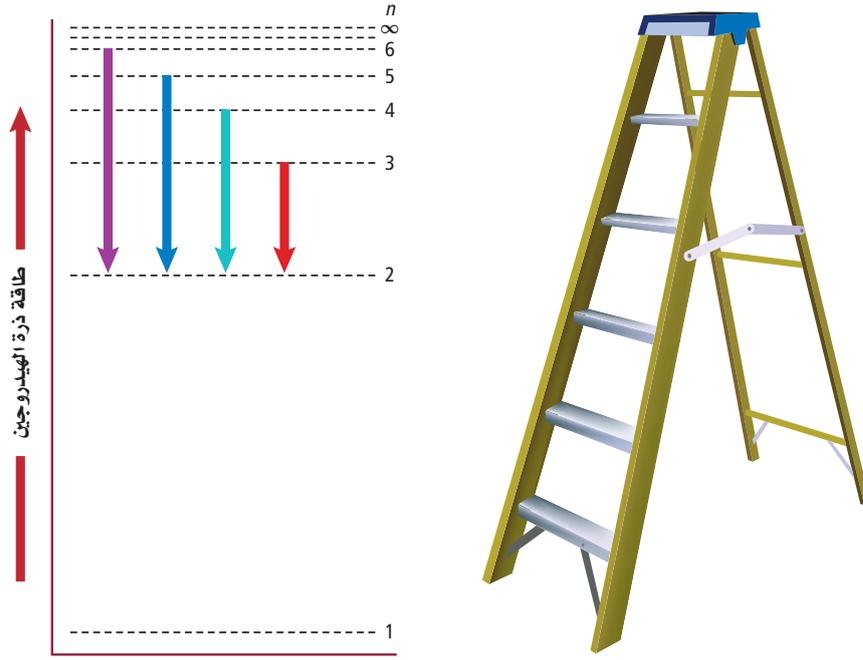
خصص بور لكل مدار عدداً صحيحاً (n)، أطلق عليه اسم **العدد الكمي** من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول $n=1$ مساوياً 0.0529 nm ، ونصف قطر المدار الثاني $n=2$ مساوياً 0.212 nm ، ويلخص الجدول 1-2 معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها ومستويات الطاقة.

طيف الهيدروجين الخطي اقترح بور أن ذرة الهيدروجين تكون في الحالة المستقرة - وتسمى أيضاً مستوى الطاقة الأول - عندما يكون الإلكترون الوحيد في مستوى الطاقة $n=1$. ولا تشع الذرة الطاقة عند هذه الحالة. وعندما تضاف طاقة من مصدر خارجي إلى الذرة ينتقل الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى مثل مستوى الطاقة $n=2$ الموضح في الشكل 11-2. ومثل هذا الانتقال للإلكترون يجعل الذرة في حالة الإثارة. وعندما تكون الذرة في حالة الإثارة (وضع غير مستقر للذرة) يمكن أن ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل. ونتيجة لهذا الانتقال، ترسل الذرة فوتوناً له طاقة تساوي الفرق بين طاقة المستويين.

فرق الطاقة = طاقة المستوى الأعلى - طاقة المستوى الأدنى = طاقة الفوتون $h.f$

الشكل 11-2 عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل ينطلق فوتون. وتنتج السلاسل فوق البنفسجية (ليمان)، والمرئية (بالمر)، وتحت الحمراء (باشن) عند انتقال الإلكترونات إلى مستويات $n=1$ و $n=2$ و $n=3$ على الترتيب.





الشكل 12-2 مستويات الطاقة مشابهة لدرجات السلم، وتمثل الخطوط المرئية الأربعة عودة الإلكترون من المستويات (n) الأعلى إلى المستوى $n=2$. وكلما زادت قيمة n، اقتربت مستويات طاقة الذرة أكثر بعضها من بعض.

يمكنك مقارنة مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين بدرجات السلم. حيث يمكن للشخص أن يصعد أو يهبط من درجة إلى أخرى. وكذلك حال إلكترون ذرة الهيدروجين؛ حيث يمكنه الانتقال فقط من مستوى مسموح به إلى آخر. ولذا يمكن أن تنبعث أو تمتص كميات معينة من الطاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

يوضح الشكل 12-2 أن مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين لا يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية، وذلك بخلاف درجات السلم. كما يوضح هذا الشكل أيضًا تنقلات الإلكترون الأربعة التي تنتج الخطوط المرئية في طيف الانبعاث الذري لذرة الهيدروجين، ويُنتج انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى الثاني $n=2$ خطوط الهيدروجين المرئية كلها، والتي تشكل سلسلة بالمر. وكما قيست طاقة انتقال الإلكترون في المنطقة غير المرئية، مثل سلسلة ليمان (فوق البنفسجية) التي ينتقل فيها الإلكترون إلى المستوى $n=1$ ، وكذلك سلسلة باشن (تحت الحمراء)، التي تنتج عن انتقال الإلكترون إلى المستوى $n=3$.

ماذا قرأت؟ وضح لماذا ينتج عن سلوك الإلكترون في الذرة ألوان مختلفة للضوء؟

حدود نموذج بور فسّر نموذج بور الطيف المرئي للهيدروجين، إلا أنه لم يستطع تفسير طيف أي عنصر آخر، كما أنه لم يفسر السلوك الكيميائي للذرات. وعلى الرغم من أن فكرة بور عن ذرة الهيدروجين وضعت الأساس للنماذج الذرية اللاحقة، إلا أن التجارب اللاحقة أوضحت خطأ نموذج بور بشكل أساسي؛ إذ لم تُفهم حركة الإلكترونات في الذرات بصورة تامة حتى الآن، وهناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائرية.

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

The Quantum Mechanical Model of the Atom

اقتنع العلماء في منتصف القرن العشرين أن نموذج بور للذرة غير صحيح، فوضعوا تصورات جديدة ومبتكرة تبين كيف تتوزع الإلكترونات في الذرات. ففي عام 1924م اقترح أحد طلاب الدراسات العليا في الفيزياء - اسمه لوي دي بروي De Broglie (1892 - 1987 م) - فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

الإلكترونات موجات اعتقد دي بروي أن للجسيمات المتحركة خواص الموجات. وقد عرف دي بروي أنه إذا كان للإلكترون حركة الموجة وكان مقيداً بمدارات دائرية أنصاف أقطارها ثابتة، فإنه يستطيع إشعاع موجات ذات أطوال موجية وسرعات وطاقات معينة فقط. وبتطوير فكرته اشتق دي بروي المعادلة الآتية:

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

$\lambda = h/m.v$
 λ تمثل طول الموجة
 m تمثل كتلة الجسيمات
 v تمثل السرعة
 h ثابت بلانك
 طول موجة الجسيم هي النسبة بين ثابت بلانك، وناتج ضرب كتلة الجسيم في سرعته.

تجربة
عملية

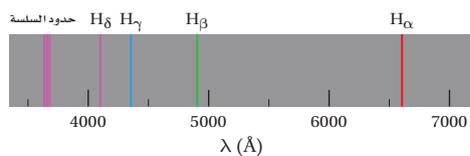
نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية



التفكير الناقد

1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

a. $n_i = 3; n_f = 2$

c. $n_i = 5; n_f = 2$

b. $n_i = 4; n_f = 2$

d. $n_i = 6; n_f = 2$

2. اربط بين الطول الموجي في سلسلة بالمر، والتي حسبها في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبياً. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضح إجابتك. واحد إنجستروم (10^{-10} m).

3. طبق معادلة $E = hc/\lambda$ لتحديد طاقة الكم لكل انتقال في السؤال 1.

ما تنقلات الإلكترون التي تفسر سلسلة بالمر؟ يتكون طيف انبعاث الهيدروجين من ثلاث سلاسل من الخطوط. فبعض الأطوال الموجية فوق بنفسجية (سلسلة ليمان)، وبعضها الآخر تحت حمراء (سلسلة باشن)، وتشكل الأطوال الموجية المرئية سلسلة بالمر. يعزو نموذج بور الذري هذه الخطوط الطيفية إلى انتقال إلكترون من مستويات الطاقة العليا التي تكون فيها $n = n_i$ إلى مستويات الطاقة المنخفضة التي يكون فيها $n = n_f$.

التحليل

توضح الصورة على الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسلة بالمر للهيدروجين. وتسمى هذه الخطوط H_δ (4101 Å), H_γ (4340 Å), H_β (4861 Å), H_α (6562 Å) وكل طول موجة (λ) مرتبط مع انتقال إلكترون ضمن ذرة الهيدروجين من خلال المعادلة الآتية التي يمثل فيها القيمة:

$$1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$1/\lambda = 1.09678 \times 10^7 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \text{ m}^{-1}$$

وتحدث في سلسلة بالمر انتقالات الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى $n=2$ ، وهذا يعني أن $n_f = 2$.

مبدأ هايزنبرج للشك كشف العلماء - ومنهم رذرفورد Rutherford وبور ودي بروي - خفايا الذرة بالتدرج. إلا أن الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الفيزياء النظرية هايزنبرج Heisenberg (1901-1976م) كان له آثاره الكبيرة في النماذج الذرية.

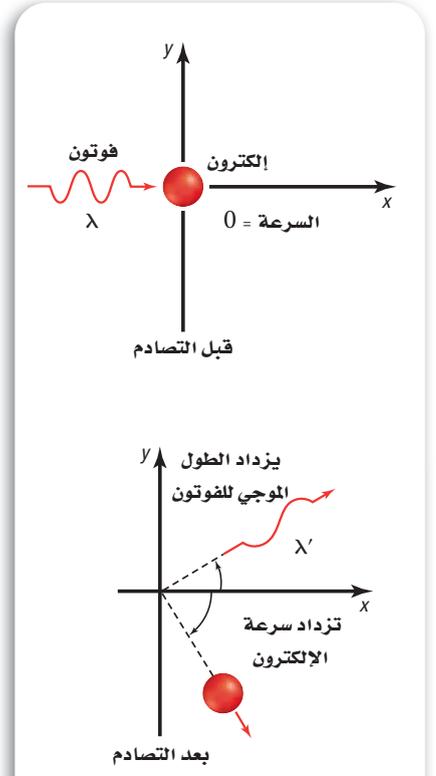
أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالون متنقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضاً أن تحدد مكان البالون بإضاءة مصباح يدوي. وباستخدام هذه الطريقة تنعكس فوتونات الضوء من البالون وتصل إلى عينيك محدّدة مكان البالون.

ولأن البالون جسم كبير نسبياً، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكس عنه على موقعه صغيراً جداً وغير ملاحظ. ولكن تصور محاولة تحديد مكان الإلكترون باصطدامه مع فوتون عالي الطاقة. ولأن للفوتون طاقة ماثلة لطاقة الإلكترون نفسه، لذا فإن التصادم بين الجسمين يغير كلاً من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتجهة، كما في الشكل 13-2، أي أنه يحدث تغير لا يمكن تجاهله في مكان الإلكترون وحركته. لقد أدى تحليل هايزنبرج لمثل تلك التصادمات بين الفوتونات والإلكترونات إلى استنتاجه التاريخي، وهو "مبدأ هايزنبرج للشك" الذي ينص على أنه من المستحيل معرفة سرعة جسيم ومكانه في الوقت نفسه بدقة.

ماذا قرأت؟ وضح مبدأ هايزنبرج للشك.

وعلى الرغم من أن العلماء قد وجدوا مبدأ هايزنبرج في تلك الحقبة صعب القبول، إلا أنه أثبت أنه يصف المحددات الأساسية لما يمكن ملاحظته؛ فتأثير تصادم الفوتون بالجسم الكبير - مثل البالون المليء بالهيليوم - قليل، بحيث إن الشك في موقعه أصغر من أن يقاس. ولكن هذه الحالة لا تشبه إلكترونات يتحرك بسرعة $6 \times 10^6 \text{ m/s}$ قرب النواة. فعدم التحديد أو الشك في مكان الإلكترون هو على الأقل 10^{-9} m ، وهذا أكبر 10 مرات تقريباً من قطر الذرة.

ويعني مبدأ هايزنبرج للشك أيضاً أنه من المستحيل تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات مثل المدارات الدائرية في نموذج بور، وأن الكمية الوحيدة التي يمكن معرفتها هي المكان الذي يحتمل أن يوجد فيه إلكترون حول النواة.



الشكل 13-2 عندما يصطدم فوتون

مع إلكترون ساكن تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا يوضح مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

فسر لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

معادلة شرودنجر الموجية في عام 1926م تابع الفيزيائي النمساوي إروين شرودنجر Schrodinger (1887 - 1961م) نظرية الموجة - الجسيم التي اقترحها دي برولي، واشتق شرودنجر معادلة على اعتبار أن إلكترون ذرة الهيدروجين موجة. وظهر أن نموذج شرودنجر لذرة الهيدروجين ينطبق جيداً على ذرات العناصر الأخرى، وهو ما فشل نموذج بور في تحقيقه. ويسمى النموذج الذري الذي يعامل الإلكترونات على أنها موجات بالنموذج الموجي الميكانيكي للذرة أو **النموذج الميكانيكي الكمي للذرة**. وكما هو الحال في نموذج بور، يحدد النموذج الميكانيكي الكمي طاقة الإلكترون بقيم معينة، إلا أنه - بخلاف نموذج بور - لا يحاول وصف مسار الإلكترون حول النواة.

📌 **ماذا قرأت؟** قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

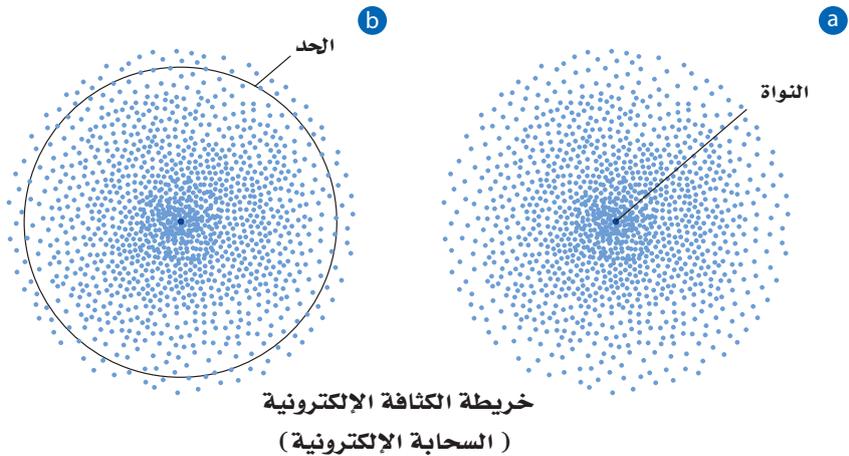
أعتبر كل حل لمعادلة شرودنجر يمثل دالة موجية، ترتبط مع احتمال وجود الإلكترون ضمن حجم معين من الفراغ حول النواة. تذكر من خلال دراستك للرياضيات أن حادثة ما ذات احتمال عالٍ تكون أكثر قابلية للحدوث من الحادثة ذات الاحتمال المنخفض.

موقع الإلكترون المحتمل تتنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة تُسمى **المستوى**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون. يشبه المستوى الفرعي سحابة تتناسب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح الشكل 14a-2 خريطة الكثافة الإلكترونية (السحابة الإلكترونية) التي تصف الإلكترون في مستوى الطاقة الأدنى، كما أنها تُعد صورة لحظية لحركة الإلكترون حول النواة، حيث تمثل كل نقطة فيها موقع الإلكترون عند لحظة معينة من الوقت. وتمثل الكثافة العالية للنقاط قرب النواة احتمالاً كبيراً لوجود الإلكترون في هذا الموقع. إلا أنه - بسبب عدم وجود حدود ثابتة للسحابة - من الممكن أيضاً أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

📌 **ماذا قرأت؟** صف أين توجد الإلكترونات في ذرة ما؟

الشكل 14-2 تمثل خريطة الكثافة احتمال

- وجود إلكترون في موقع معين حول النواة.
- a. تظهر الكثافة العالية للنقاط قرب النواة أن احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جداً.
- b. يحتمل وجود الإلكترون بنسبة 90% ضمن المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة. وأحياناً يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطاً ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.



Hydrogen's Atomic Orbitals

مستويات ذرة الهيدروجين

لأن حدود المستوى غير واضحة فليس للمستوى حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المؤكد في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحًا للمستوى يحتوي على 90% من الاحتمال الكلي لوجود الإلكترون. وهذا يعني أن احتمال وجود الإلكترون ضمن هذه الحدود هو 0.9، واحتمال وجوده خارجها هو 0.1. وبعبارة أخرى، فإن احتمال وجود الإلكترون قريبًا من النواة وضمن الحجم المعرف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في الشكل 14b-2 تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

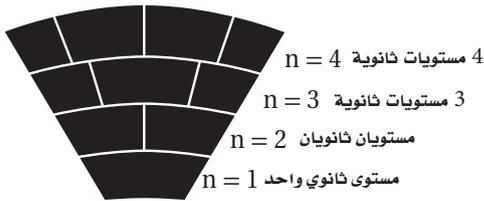
عدد الكم الرئيسي تذكر أن نموذج بور قد عيّن أعداد الكم لمدارات الإلكترون. وعيّن النموذج الكمي بصورة مشابهة أربعة أعداد كم للمستويات الذرية. يعد العدد الأول هو **عدد الكم الرئيسي** (n)، الذي يشير إلى الحجم النسبي وطاقة المستويات؛ إذ كلما ازدادت قيمة n زاد حجم المستوى، لذا يقضي الإلكترون وقتًا أكبر بعيدًا عن النواة، وتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد n مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل منها **مستوى الطاقة الرئيسي**. وقد أُعطي مستوى الطاقة الأدنى للذرة عدد كم رئيسي يساوي (1). وعندما يحتل إلكترون ذرة الهيدروجين الوحيد المستوى $n=1$ تكون الذرة في الحالة المستقرة. وقد تم تحديد 7 مستويات طاقة لذرة الهيدروجين، أعطيت أعدادًا (n) تتراوح بين 1 و 7.

مستويات الطاقة الثانوية تحتوي مستويات الطاقة الرئيسة على **مستويات ثانوية**. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى ثانوي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستويين ثانويين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات ثانوية، ومستوى الطاقة الرئيس 4 من أربعة مستويات ثانوية، أما مستويات الطاقة الرئيسة (5-7) من أربعة مستويات ثانوية كالمستوى الرئيس الرابع. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية بطريقة أفضل، انظر إلى الشكل 15-2. فكلما ارتفعت إلى أعلى تحتوي الصفوف على مقاعد أكثر. وكذلك يتزايد عدد المستويات الثانوية للطاقة في مستوى الطاقة الرئيس عندما تزداد قيمة n .

مستويات الطاقة الرئيسية	الجدول 2-2
عدد الكم	مستوى الطاقة الرئيسي
1	K
2	L
3	M
4	N
5	O
6	P
7	Q

مستويات الطاقة الثانوية	الجدول 2-3
المستوى الثانوي	عدد الإلكترونات التي يستوعبها
S	2
p	6
d	10
f	14

الشكل 15-2 يمكن التفكير في مستويات الطاقة وكأنها صفوف المقاعد في هذا المسرح الأثري؛ إذ تحتوي الصفوف العليا على مقاعد أكثر. وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة الأبعد عن النواة على مستويات ثانوية أكثر للطاقة.



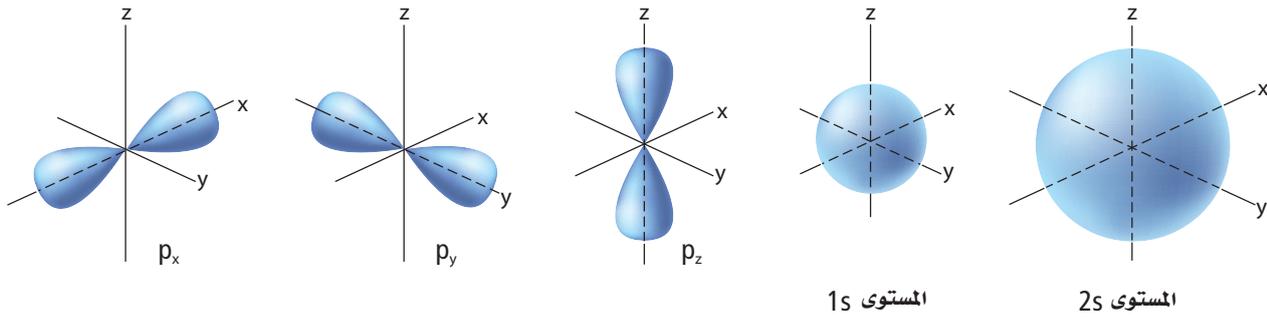
ماذا قرأت؟ وضع العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

أشكال المستويات الفرعية تسمى المستويات الثانوية s, p, d, f حسب أشكال المستويات الفرعية. فمستويات s جميعها كروية الشكل، والمستويات p جميعها تتكون من فصين، أما مستويات d و f فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كروياً مطابقاً لشكل المستوى الفرعي $1s$ الذي يوجد فيه. ويطلق على المستويين الثانويين في مستوى الطاقة الرئيس الثاني، $2s, 2p$. والمستوى الثانوي $2s$ يحوي المستوى الفرعي $2s$ ذا الشكل الكروي مثل شكل المستوى الفرعي $1s$ ولكنه أكبر حجماً، كما في الشكل 2-16a.

ويُمثّل المستوى الثانوي $2p$ بثلاثة مستويات فرعية يتكون كل منها من فصين، تُسمى: $2p_x, 2p_y, 2p_z$. وتعبّر الأحرف x و y و z عن اتجاهات المستويات الفرعية p على المحاور x, y, z ، كما في الشكل 2-16b.

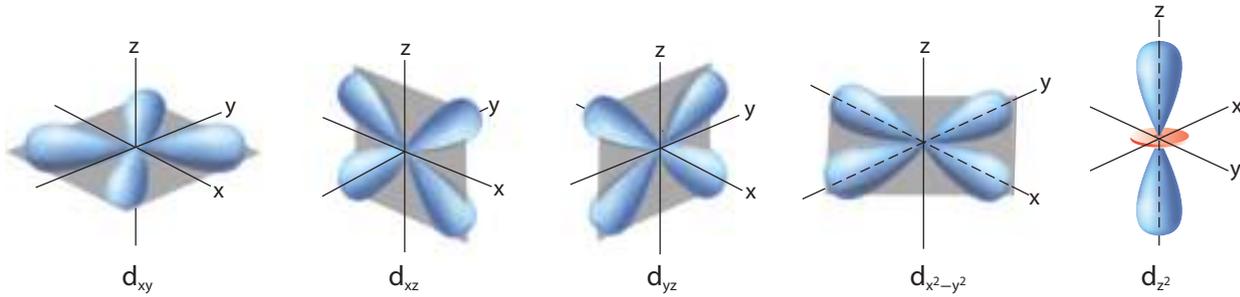
ماذا قرأت؟ صف أشكال المستويين s و p .

الشكل 2-16 يحتوي كل مستوى ثانوي على مستويات فرعية بأشكال مختلفة.



a. المستويات الفرعية s جميعها كروية وتزداد أحجامها مع ازدياد العدد الكمي الرئيس.

b. مستويات p الفرعية الثلاثة لها أشكال فضية موجهة نحو المحاور الثلاثة x, y, z .



c. أربعة من مستويات d الفرعية لها الشكل نفسه، ولكنها تقع على مستويات في اتجاهات مختلفة، أما المستوى الفرعي d_{z^2} فله شكله المميز.

مستويات الطاقة الأربعة الأولى للهيدروجين			الجدول 2-4
عدد الكم الرئيس (n)	أنواع المستويات الثانوية الموجودة	عدد المستويات الفرعية في المستويات الثانوية	مجموع المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس (n ²)
1	s	1	1
2	s p	1 3	4
3	s p d	1 3 5	9
4	s p d f	1 3 5 7	16

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات ثانوية هي: 3s، 3p، 3d، حيث يحتوي كل مستوى ثانوي d خمسة مستويات فرعية ذات طاقة متساوية، أربعة من مستويات d الفرعية لها أشكال متشابهة ولكن اتجاهاتها مختلفة حول المستويات x، y، z، إلا أن المستوى الفرعي الخامس d_{z^2} له شكل واتجاه يختلفان عن المستويات الفرعية الأربعة السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في الشكل 2-16c. يحتوي مستوى الطاقة الرابع (n=4) على مستوى ثانوي رابع يُسمى المستوى الثانوي 4f، وهو يحتوي 7 مستويات فرعية ذات طاقة متساوية. وللمستويات الفرعية للمستوى الثانوي f أشكال معقدة متعددة الفصوص.

يلخص الجدول 2-4 مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائماً عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n^2 .

ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت مستويًا فرعيًا واحدًا فقط. وتستطيع أن تعدّ المستويات الفرعية الأخرى مساحات شاغرة، أي متوافرة، يمكن أن يشغلها الإلكترون إذا ارتفعت طاقة الذرة أو انخفضت. فعلى سبيل المثال، عندما تكون ذرة الهيدروجين في الحالة المستقرة يحتل الإلكترون المستوى الفرعي 1s، فإذا اكتسبت الذرة كمية من الطاقة انتقل الإلكترون إلى أحد المستويات الفرعية الشاغرة. ويمكن للإلكترون اعتمادًا على كمية الطاقة المكتسبة أن ينتقل إلى المستوى الفرعي 2s، أو إلى أحد المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p، أو إلى أي مستوى فرعي شاغر آخر.

التقويم 2-2

الخلاصة

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال إلكترون من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلته وسرعتها وثابت بلانك.
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص الموجات.
- تشغل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد في الفراغ تُسمى المستويات الفرعية.

15. **الفكرة الرئيسية** فسّر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء، حسب نموذج بور الذري؟
16. عدّد المستويات الثانوية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
17. حدّد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي s، وفي كل مستوى ثانوي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
18. فسّر لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة. مستخدماً مبدأ هايزنبرج للشك والطبيعة الموجية - الجسيمية؟ وكيف يُعرف موقع الإلكترونات في الذرات؟
19. احسب مستعيماً بالمعلومات في الجدول 1-2، كم مرة يساوي نصف قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول، حسب نظرية بور؟
20. قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.



2-3

الأهداف

التوزيع الإلكتروني

Electron Configuration

الفكرة الرئيسية يُحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

الربط مع الحياة عندما يصعد الطلاب إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ مستويات الطاقة بالطريقة نفسها.

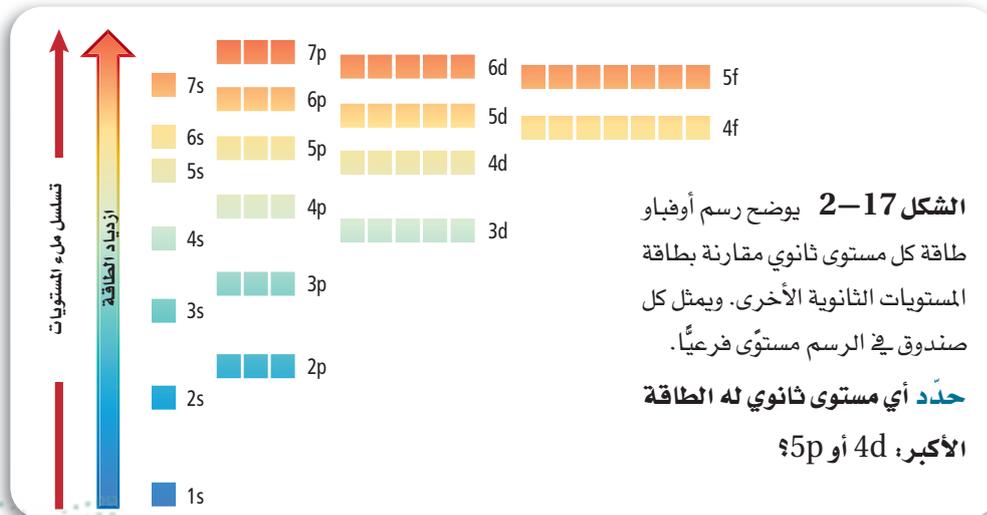
التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة

Ground – State Electron Configuration

يبدو لنا ترتيب إلكترونات ذرات العناصر الثقيلة أمراً صعباً، وخصوصاً أن هذه الذرات قد تحتوي على أكثر من 100 إلكترون. فإذا علمنا أن مستويات هذه الذرات تشبه مستويات ذرة الهيدروجين فإن ذلك يسمح لنا بترتيب إلكترونات هذه الذرات باستخدام قواعد قليلة محددة.

يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة **التوزيع الإلكتروني**. ولأن الأنظمة ذات الطاقة المنخفضة أكثر استقراراً من الأنظمة ذات الطاقة العالية فإن الإلكترونات تميل إلى اتخاذ ترتيب يُعطي الذرة أقل طاقة ممكنة. ويسمى ترتيب الإلكترونات في الوضع الأقل طاقة والأكثر ثباتاً التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعنصر. وتحكم المبادئ أو القواعد - ومنها مبدأ أوفباو ومبدأ باولي وقاعدة هوند - كيفية ترتيب الإلكترونات في مستويات الذرة.

مبدأ أوفباو ينص مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) على أن كل إلكترون يشغل المستوى الأقل طاقة. لذا فإن تحديد التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة يتطلب معرفة ترتيب المستويات الفرعية وفق تزايد طاقتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في الشكل 17-2، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوى فرعياً.



• **تطبيق مبدأ باولي ومبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)** وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.

• **توضيح المقصود** بالإلكترونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي للإلكترونات التكافؤ في الذرة.

مراجعة المفردات

الإلكترون: جسيم ذو كتلة صغيرة جداً، سالب الشحنة، موجود في كل أشكال المادة، ويتحرك بسرعة في الفراغ المحيط ببنوة الذرة.

المفردات الجديدة

التوزيع الإلكتروني

مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)

مبدأ باولي

قاعدة هوند

إلكترونات التكافؤ

التمثيل النقطي للإلكترونات

الخاصية	مثال
طاقة المستويات الفرعية في المستوى الثانوي جميعها متساوية.	المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p جميعها متساوية الطاقة.
في الذرة المتعددة الإلكترونات تكون طاقة المستويات الثانوية المختلفة ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد مختلفة.	طاقة المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p أعلى من طاقة المستوى الفرعي 2s.
تسلسل زيادة طاقة المستويات الثانوية ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد هو s, p, d, f	فإذا كان n=4 فسيكون التسلسل لمستويات الطاقة الثانوية 4s, 4p, 4d, 4f.
تستطيع مستويات الطاقة الثانوية لمستوى رئيس أن تتداخل مع مستويات الطاقة الثانوية ضمن مستوى رئيس آخر.	تكون طاقة المستوى الفرعي في المستوى الثانوي 4s أقل من طاقة المستويات الفرعية الخمسة في المستوى الثانوي 3d.

يلخص الجدول 2-5 عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبنى بإضافة إلكترونًا بعد الآخر.

المفردات

أصل الكلمة

"أوفباو Aufbau"

من الكلمة الألمانية *aufbauen*، والتي تعني *يهيئ أو يرتب*.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

مبدأ باولي يمكن تمثيل المستويات الفرعية بمربعات أو دوائر كما يمكن تمثيل الإلكترونات في المستويات باستخدام الأسهم في المربعات. ولكل إلكترون اتجاه دوران مرتبط معه، حيث يمثل السهم المتجه إلى أعلى \uparrow دوران الإلكترون في اتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل \downarrow دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ \square مستويًا فرعيًا شاغراً، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى \uparrow مستويًا فرعيًا بإلكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهمين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل $\uparrow\downarrow$ مستويًا فرعيًا ممتلئًا. وينص **مبدأ باولي** على أن عدد إلكترونات المستوى الفرعي الواحد لا يزيد عن إلكترونين ويدور كل منهما حول نفسه باتجاه معاكس للآخر. واقترح الفيزيائي النمساوي باولي Pauli (1900 – 1958م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس بـ $\uparrow\downarrow$. ولأن كل مستوى فرعي لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونين فإن الحد الأعلى للإلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس يساوي $2n^2$.

قاعدة هوند إن حقيقة تنافر الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة لها تأثير كبير في توزيع الإلكترونات في مستويات فرعية متساوية الطاقة. وتنص **قاعدة هوند Hund's** على أن الإلكترونات تتوزع في المستويات الفرعية المتساوية الطاقة بحيث تحافظ على أن يكون لها الاتجاه نفسه من حيث الدوران، قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس للمستويات نفسها. فعلى سبيل المثال، تُملأ مستويات 2p الفرعية الثلاثة بالإلكترونات منفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول ستة إلكترونات في مستويات p الفرعية.

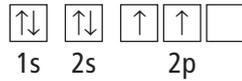
- $\uparrow\ \square\ \square$
- $\uparrow\ \uparrow\ \square$
- $\uparrow\ \uparrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow$

ماذا قرأت؟ اذكر نص القوانين الثلاثة التي تعرّف كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرات.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration

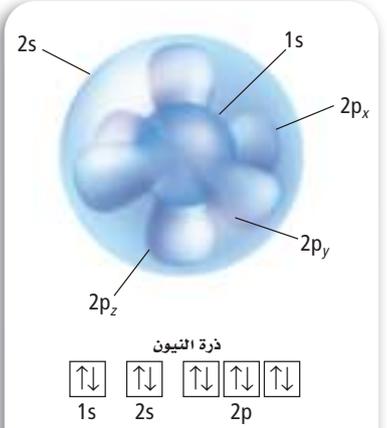
تستطيع أن تمثل التوزيع الإلكتروني للذرة بإحدى الطرائق الآتية: رسم مربعات المستويات، أو الترميز الإلكتروني، أو ترميز الغاز النبيل.

رسم مربعات المستويات يمكن التعبير عن الإلكترونات في المستويات الفرعية بأسمهم في المربعات؛ إذ يُعَنَوَن كل مربع بعدد الكم الرئيس ومستوى الطاقة الفرعي في المستوى الثانوي. فعلى سبيل المثال، مستويات ذرة الكربون في الحالة المستقرة تحتوي على إلكترونين في المستوى الفرعي 1s؛ وإلكترونين في المستوى الفرعي 2s، وإلكترونين في مستويين فرعيين من مستويات 2p الفرعية الثلاثة، كما هو موضح:



الترميز الإلكتروني يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أسًا يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة $1s^2 2s^2 2p^2$.

ويوضح الشكل 2-18 كيفية تداخل مستويات $1s 2s 2p_x 2p_y 2p_z$ لذرة النيون. ويبين الجدول 2-6 رسم مربعات المستويات والتميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر. وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات $1s 2s 2p$ ، ويدخل الإلكترون



الشكل 2-18 تداخل مستويات $1s, 2s, 2p$ لذرة النيون.

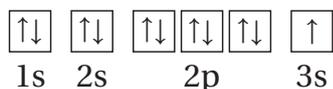
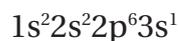
حدد كم إلكترونًا في ذرة النيون؟

الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

الجدول 2-6

الترميز الإلكتروني	رسم مربعات المستويات	العدد الذري	العنصر / رمزه
$1s^1$	\uparrow	1	H الهيدروجين
$1s^2$	$\uparrow\downarrow$	2	He الهيليوم
$1s^2 2s^1$	$\uparrow\downarrow \uparrow$	3	Li الليثيوم
$1s^2 2s^2$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	4	Be البيريليوم
$1s^2 2s^2 2p^1$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \square \square$	5	B البورون
$1s^2 2s^2 2p^2$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \square$	6	C الكربون
$1s^2 2s^2 2p^3$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow$	7	N النيتروجين
$1s^2 2s^2 2p^4$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$	8	O الأكسجين
$1s^2 2s^2 2p^5$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$	9	F الفلور
$1s^2 2s^2 2p^6$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	10	Ne النيون

الحادي عشر المستوى 3s اعتماداً على مبدأ أوفباو. لذا يكون الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للصدويوم على النحو الآتي:



المفردات

الاستخدام العلمي مقابل

الاستخدام الشائع

الدورة

الاستخدام العلمي: صف أفقي من العناصر في الجدول الدوري الحديث. هناك سبع دورات في الجدول الدوري الحديث للعناصر. الاستخدام الشائع: فترة من الوقت محددة بواسطة ظاهرة متكررة. تستغرق دورة الأرض حول الشمس سنة واحدة.

ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة) طريقة لتمثيل التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الموجودة في العمود الأخير من الجدول الدوري، ويحتوي مدارها الأخير (ما عدا الهيليوم) على ثمانية إلكترونات، وهي عادة مستقرة. وتستخدم الأقواس المربعة في ترميز الغاز النبيل.

فعلى سبيل المثال، [He] يمثل التوزيع الإلكتروني للهيليوم $1s^2$ ، و [Ne] يمثل التوزيع الإلكتروني للنيون $1s^2 2s^2 2p^6$. قارن بين التوزيع الإلكتروني للنيون والصدويوم أعلاه. ولاحظ أن التوزيع الإلكتروني للمستويات الداخلية للصدويوم مماثل للتوزيع الإلكتروني للنيون. ويمكن أن تختصر التوزيع الإلكتروني للصدويوم باستخدام ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي $[Ne] 3s^1$. ويوضح الجدول 2-7 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقتي الترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

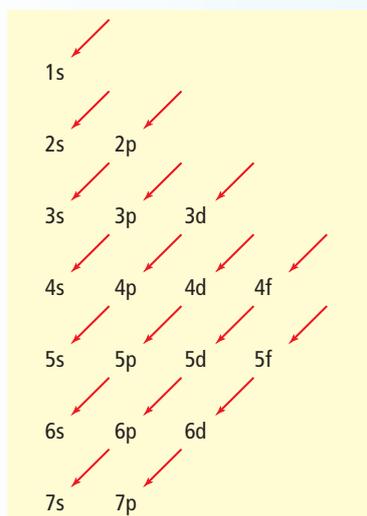
ماذا قرأت؟ وضح كيف يُكتب ترميز الغاز النبيل لعنصر ما؟ وما ترميز الغاز النبيل للكالسيوم؟

التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18			الجدول 2-7
طريقة ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)	طريقة الترميز الإلكتروني	العدد الذري	العنصر/رمزه
$[Ne] 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	11	الصدويوم Na
$[Ne] 3s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	12	الماغنسيوم Mg
$[Ne] 3s^2 3p^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	13	الألومنيوم Al
$[Ne] 3s^2 3p^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	14	السليكون Si
$[Ne] 3s^2 3p^3$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	15	الفوسفور P
$[Ne] 3s^2 3p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	16	الكبريت S
$[Ne] 3s^2 3p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	17	الكلور Cl
$[Ne] 3s^2 3p^6$ أو [Ar]	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	18	الأرجون Ar

استثناءات التوزيع الإلكتروني يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً للعناصر التي تبدأ من الفاناديوم ذي العدد الذري 23 وما بعده. ولكن إذا استمرت في توزيع الإلكترونات بالطريقة نفسها فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون $[Ar] 4s^2 3d^4$ وللنحاس سيكون $[Ar] 4s^2 3d^9$ وهما غير صحيحين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم $[Ar] 4s^1 3d^5$ ، وللنحاس $[Ar] 4s^1 3d^{10}$. وتوضح التوزيعات الإلكترونية لهذين العنصرين - كما هو الحال لعناصر أخرى - حالة الاستقرار للمستويات نصف الممتلئة والممتلئة d و s.

استراتيجية حل المسألة

ملء مستويات الطاقة



ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

تستطيع أن تكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لأي عنصر كيميائي باستخدام رسم المستويات الثانوية واتباع الأسهم.

1. ارسم شكل المستويات الثانوية على ورقة بيضاء.
2. حدّد عدد إلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علماً بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.
3. ابدأ بالمستوى 1s، واتبع تسلسل أوفباو للمستويات، وفي أثناء تقدمك أضف الأسس التي تشير إلى عدد الإلكترونات في كل مستوى، واستمر في ذلك حتى يكون لديك مستويات كافية لاستيعاب العدد الكلي من الإلكترونات في ذرة العنصر.
4. طبّق ترميز الغاز النبيل.

طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة للزركونيوم Zr.

مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة للعناصر الآتية:

e. التيربيوم Tb

c. الأنتيمون Sb

a. البروم Br

f. التيتانيوم Ti

d. الرينيوم Re

b. الإستراتشيوم Sr

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من إلكترونات التكافؤ السبعة؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

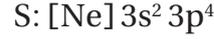
23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^1$ ، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك عدة. ما هذا العنصر؟

25. تحفيز ذرة عنصر في حالتها المستقرة إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons

تحدد إلكترونات التكافؤ، الخواص الكيميائية للعنصر. وتعرف **إلكترونات التكافؤ** بأنها إلكترونات المستوى الخارجي للذرة (مستوى الطاقة الرئيس الأخير). فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت على 16 إلكترونًا، ستة منها فقط تحتل مستويات 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



وعلى الرغم من أن لذرة السيزيوم 55 إلكترونًا فإن لها إلكترون تكافؤ واحدًا، في المستوى 6s، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس) يمثل الكيميائيون عادة إلكترونات التكافؤ التي تشارك في تكوين الروابط الكيميائية باستخدام طريقة مختصرة، تسمى **التمثيل النقطي للإلكترونات**، وفيها يكتب رمز العنصر الذي يمثل نواة الذرة ومستويات الطاقة الداخلية، محاطًا بنقاط تمثل إلكترونات المستوى الخارجي جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875-1946م) هذه الطريقة عندما كان يدرّس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م. وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تُمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية لتصبح النقاط في صورة أزواج حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح الجدول 8-2 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات			الجدول 8-2
التمثيل النقطي للإلكترونات	الترميز الإلكتروني	العدد الذري	العنصر / رمزه
Li·	1s ² 2s ¹	3	Li الليثيوم
·Be·	1s ² 2s ²	4	Be البيريليوم
·B·	1s ² 2s ² 2p ¹	5	B البورون
·C·	1s ² 2s ² 2p ²	6	C الكربون
·N·	1s ² 2s ² 2p ³	7	N النيتروجين
:O:	1s ² 2s ² 2p ⁴	8	O الأكسجين
:F:	1s ² 2s ² 2p ⁵	9	F الفلور
:Ne:	1s ² 2s ² 2p ⁶	10	Ne النيون

التمثيل النقطي للإلكترونات تحتوي بعض معاجين الأسنان على فلوريد القصدير، وهو مركب من القصدير والفلور. ما التمثيل النقطي للإلكترونات للقصدير Sn؟

1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدّد العدد الذري لعنصر القصدير، واكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافئه، ثم استخدم قواعد التمثيل النقطي للإلكترونات لرسم التمثيل النقطي الإلكتروني له (تمثيل لويس).

2 حساب المطلوب

اكتب التوزيع الإلكتروني للقصدير باستخدام ترميز الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكريبتون Kr
العدد الذري للقصدير 50، لذا تحتوي ذرة القصدير على 50 إلكترونًا.
[Kr]5s²4d¹⁰5p²

تمثل إلكترونات 5s² و 5p² إلكترونات التكافؤ الأربعة للقصدير.

ارسم أربعة إلكترونات حول رمز القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير ·Sn·

3 تقويم الإجابة

تم استخدام الرمز الصحيح للقصدير Sn وقواعد التمثيل النقطي للإلكترونات بصورة صحيحة.

مسائل تدريبية

26. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات للعناصر الآتية:

a. الماغنسيوم Mg b. الثاليوم Tl c. الزينون Xe

27. تحتوي ذرة عنصر على 13 إلكترونًا. ما هذا العنصر؟ وكم إلكترونًا يظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

28. تحفيزًا يمتثل أن يكون عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي أحد العناصر الآتية: الهيدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين أو الأكسجين، أو الفلور، أو الكلور، أو النيون. ما هذا العنصر إذا علمت أن التمثيل النقطي الإلكتروني له ·X·؟

التقويم 3-2

الخلاصة

29. **الفكرة الرئيسية** طبق مبدأ باولي، ومبدأ أو فباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

a. السليكون Si b. الفلور F c. الكالسيوم Ca d. الكريبتون Kr.

30. عرّف إلكترونات التكافؤ.

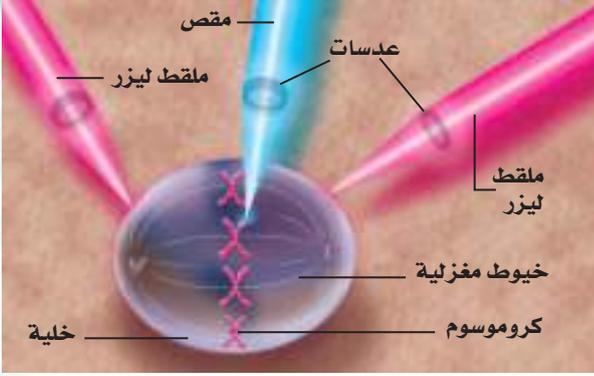
31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات.

32. التوسع عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

33. تفسير الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي للإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسّر إجابتك.

a. ·Se· b. ·Se· c. ·Se· d. ·Se·

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يُحدّد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ أو فباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدّد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.



الشكل 2 تستطيع أشعة الليزر الأصفر اختراق العضيات الموجودة داخل الخلايا الحية.

الليزر والسرطان أين يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوخة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أي حال لا يعرف العلماء تمامًا كيف تقوم هذه الخيوط المغزلية بوظيفتها.

استخدمت مقصات الليزر الصغيرة لقطع أجزاء من الكروموسومات خلال عملية انقسام الخلايا. واستخدمت ملاقط الليزر بعد ذلك لتحريك القطع داخل الخلية وحول الخيوط المغزلية، كما في الشكل 2. وبمعرفة القوة التي تمسك بها الملاقط الكروموسومات يستطيع العلماء قياس القوة المقابلة التي تبذلها الخيوط المغزلية. ويأمل العلماء أن يعرفوا كيف تعمل الخيوط المغزلية خلال عملية انقسام الخلية، مما يساعدهم على معرفة الأمراض المرتبطة مع انقسام الخلية، ومنها السرطان الذي تنقسم فيه الخلايا بصورة غير قابلة للتحكم.

الكتابة في الكيمياء

أشعة الليزر يستخدم الليزر في أنواع متعددة من الأجهزة المستعملة في الحياة اليومية. ابحث عن الأنواع المختلفة من الليزر التي نستخدمها في حياتنا، وتعرف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

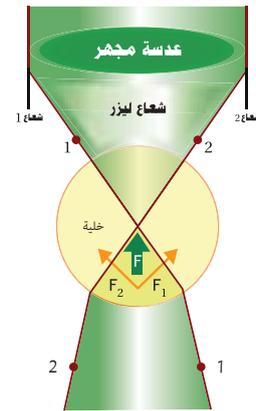
ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستعمال ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تتكون هذه الملاقط من حزمتي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جدًا، ومنها الخلايا والذرات المفردة.

ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

الإمساك باستخدام الضوء عند مرور الأشعة الضوئية من خلال خلية ما فإنها تغير من اتجاهها قليلاً، وهذا مشابه لكيفية انحناء أشعة الضوء عند مرورها بوسط مائي، كحوض السمك مثلاً.

وعندما تنحني أشعة الضوء تبذل قوة صغيرة جدًا لا تؤثر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح أمكنها عندئذٍ تثبيت جسم صغير في مكانه، كما في الشكل 1.



الشكل 1 تنحني الحزمة الضوئية في أثناء مرور أشعة الليزر من خلال الخلية، وتبذل الحزمة قوة صغيرة على الخلية تعمل في الاتجاه المعاكس، وتثبت هذه القوة الخلية في مكانها.

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

الفكرة الرئيسية للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

المفردات

- الإشعاع الكهرومغناطيسي • ثابت بلانك
- الطول الموجي • التأثير الكهروضوئي
- التردد • الفوتون
- سعة الموجة • طيف الانبعاث الذري
- سرعة الموجة • الطيف الكهرومغناطيسي
- الكم

المفاهيم الرئيسية

• تعرّف الموجات بأطوالها الموجية و تردداتها و سعاتها و سرعاتها.

$$c = \lambda f$$

- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.
- تمتص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.

$$E_{\text{الكم}} = hf$$
- يُنتج الضوء الأبيض طيفاً متصلاً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

2-2 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسية تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

المفردات

- حالة الاستقرار • المستوى
- حالة الإثارة • العدد الكمي الرئيس
- العدد الكمي • مستوى الطاقة الرئيس
- مبدأ الشك لهايزنبرج • مستوى الطاقة الثانوي
- النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

المفاهيم الرئيسية

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلتها و سرعتها و ثابت بلانك.

$$\lambda = h / mv$$
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسية يحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

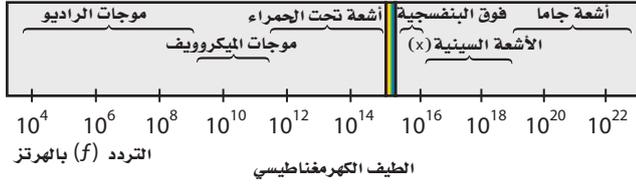
المفردات

- التوزيع الإلكتروني • مبدأ أوفباو
- مبدأ باولي • قاعدة هوند
- إلكترونات التكافؤ
- التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)

المفاهيم الرئيسية

- يُسمّى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يحدّد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تحدّد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

إتقان حل المسائل



الشكل 19-2

45. الإشعاع استخدم الشكل 19-2 لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

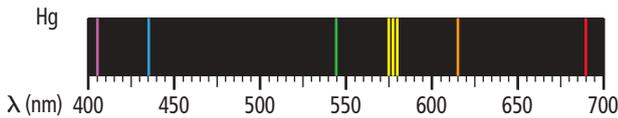
- إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$
- إشعاع بطول موجي 4.2 nm
- إشعاع بتردد 5.6 MHz
- إشعاع ينتقل بسرعة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده $5.00 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي $3.33 \times 10^{-8} \text{ m}$ ؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها $1.33 \times 10^{17} \text{ Hz}$ وطول موجتها 2.25 nm ؟

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده $4.48 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟



الشكل 20-2

50. الزئبق يظهر في الشكل 20-2 طيف الانبعاث الذري للزئبق. قَدِّر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟

51. ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته $1.18 \times 10^{-8} \text{ m}$ ؟

52. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $2.93 \times 10^{-25} \text{ J}$ ، فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

2-1

إتقان المفاهيم

34. عرّف المصطلحات الآتية:

- التردد
- الطول الموجي
- الكم
- الحالة المستقرة

35. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب الطول الموجي:

- الضوء فوق البنفسجي
- الميكروويف
- موجات الراديو
- الأشعة السينية

36. ما الذي تعنيه عبارة "أشعة جاما لها تردد $2.88 \times 10^{21} \text{ Hz}$ "؟

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

38. مصباح النيون كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح نيون عن ضوء الشمس؟

39. وضح مفهوم بلانك للكم من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدها.

40. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

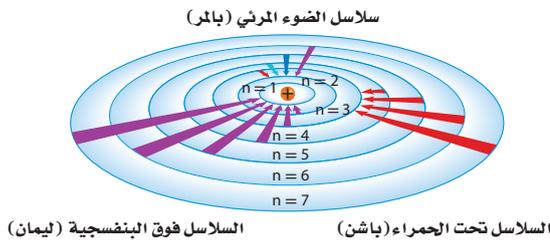
41. قوس المطر اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن ومشح كلما ازدادت درجة حرارته؟

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟ وكيف تختلف؟

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟
61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟
62. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟
63. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟
64. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟
65. انتقال الإلكترون اعتماداً على نموذج بور الموضح في الشكل 2-22 من نوع انتقالات الإلكترون التي تنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

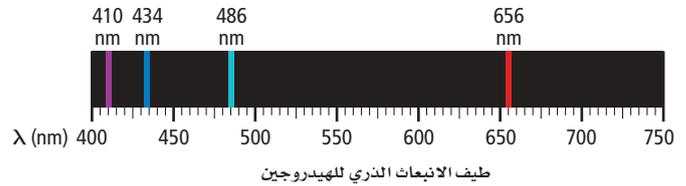


الشكل 2-22

66. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسية الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟
67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d ؟
68. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثانوي؟
69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثانوي d ؟
70. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟
71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثانوي $2p$.
72. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

53. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $1.10 \times 10^{-13} \text{ J}$ ، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟
54. السفينة الفضائية ما الوقت الذي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجر حتى تصل الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض $2.72 \times 10^9 \text{ km}$ ؟
55. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد 104.5 MHz ، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟
56. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلب إرسال فوتون إلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى $9.08 \times 10^{-19} \text{ J / photon}$ ؟

57. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً طول موجته 193.3 nm فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كم واحد من هذا الإشعاع؟



الشكل 2-21

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين 486 nm ، فاستعن بالشكل أعلاه على تحديد لون الخط وتردده؟

2-2

إتقان المفاهيم

59. اعتماداً على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات؟

80. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

- a. الكربون
b. اليود
c. الكالسيوم
d. الجاليوم

81. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر ما؟

82. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت، بطريقة الترميز الإلكتروني.

إتقان حل المسائل: (استعن بالجدول الدوري عند الحاجة للحصول على الأعداد الذرية للعناصر)
اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

83. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

- a. البيريليوم
b. الألومنيوم
c. النيتروجين
d. الصوديوم

84. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:

- a. Zr
b. Pb
c. Kr
d. P

85. حدد العنصر الذي يُمثّل بالتوزيع الإلكتروني الآتي:

- a. $1s^2 2s^2 2p^5$
b. $[Ar] 4s^2$
c. $[Xe] 6s^2 4f^4$
d. $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^4$
e. $[Rn] 7s^2 5f^{13}$
f. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

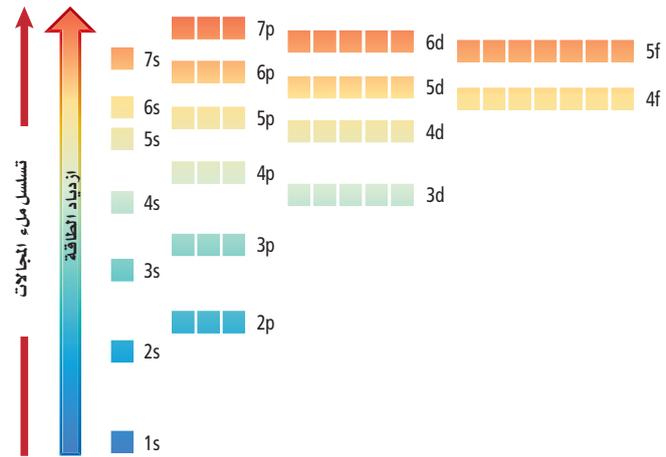
74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

2-3

إتقان المفاهيم

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثانوي؟

76. الروبيديوم وضح باستخدام الشكل 2-23، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 2-23

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتويها؟

78. إن للضوء طبيعة مزدوجة (موجة - جسيم). فماذا تعني هذه الجملة؟

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

مراجعة عامة

91. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسية الآتية:

- a. 3
b. 4
c. 6
d. 7

92. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

- a. s
b. p
c. d
d. f

93. أي العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربتون، الباريوم؟

94. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطأ أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

95. الخارصين: تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و3p و3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

96. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل $[Rn] 7s^1$ ؟

97. كيف وضح بور طيف الانبعاث الذري؟

86. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 2-24 صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

- a. $\begin{array}{cccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ 3s & 3p & 4s & 3d \end{array}$
- b. $\begin{array}{cccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ 3s & 3p & 4s & 3d \end{array}$
- c. $\begin{array}{cccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ 3s & 3p & 4s & 3d \end{array}$
- d. $\begin{array}{cccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ 3s & 3p & 4s & 3d \end{array}$

الشكل 2-24

87. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

- a. الكربون
b. الزرنيخ
c. البولونيوم
d. البوتاسيوم
e. الباريوم

88. ما عدد المستويات الرئيسية الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس $n = 4$ ؟

89. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 2-25؟

- a. المنجنيز
b. الأنثيمون
c. الكالسيوم
d. الساماريوم



الشكل 2-25

90. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة القصدير في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

102. لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألواناً مختلفة، يملأ المصنعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.
103. نموذج رذرفورد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني أرنيست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدماً رسوماً وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ ينتج خيطان متقاربان، أحدهما أصفر والأخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائياً فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء التحذير (الأمن). يبين الشكل 2-27 الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.

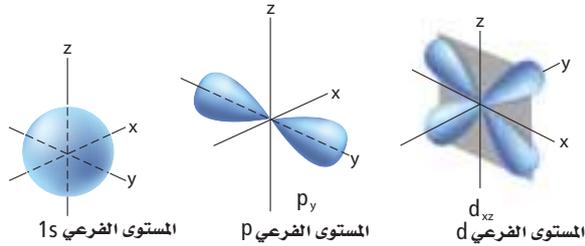


الشكل 2-27

104. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟
105. يشع الصوديوم خطين طولاهما 588.9590 nm و 589.9524 nm على الترتيب. اكتب التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟
106. احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدماً المعادلات: $E = hc/\lambda$, $c = \lambda f$, $E = hf$

التفكير الناقد

98. صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل 2-26، وحدد اتجاهاتها.



الشكل 2-26

99. استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفسفور.

مراجعة تراكمية

100. حدّد ما إذا كانت كل جملة تصف خاصية كيميائية أو خاصية فيزيائية.

- a. الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة.
b. السكر صلب، أبيض بلوري.
c. يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب.
d. يحترق الورق عندما يشتعل.

101. إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153 فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي $2.67 \times 10^{-13} \text{ m}$ عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة الضوء هي $3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

a. $8.90 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$

b. $3.75 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$

c. $8.01 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

d. $1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$

2. أي مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي لإلكترونات الإنديوم؟

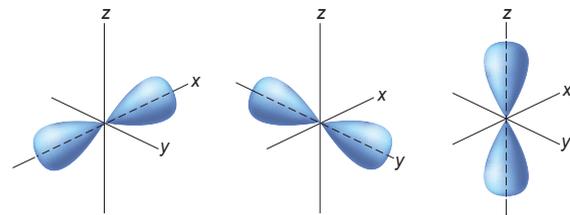
a. $\cdot \ln$

b. $\cdot \ln \cdot$

c. $\cdot \dot{\ln} \cdot$

d. $\cdot \dot{\ln} \cdot$

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية

الموضحة في الشكل أعلاه؟

a. s

b. p

c. d

d. f

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى

الثانوي السابق؟

a. 2

b. 3

c. 6

d. 8

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى

الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

a. 10

b. 20

c. 25

d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة

من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية			
التوزيع الإلكتروني	العدد الذري	رمز العنصر	العنصر
$[\text{Ar}] 4s^2 3d^3$	23	V	الفاناديوم
$[\text{Kr}] 5s^2 4d^1$	39	Y	اليتريوم
$[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^6$			
$[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$	21	Sc	السكانديوم
	48	Cd	الكاديوم

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd

باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

a. $[\text{Kr}] 4d^{10} 4f^2$

b. $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$

c. $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10}$

d. $[\text{Xe}] 5s^2 4d^{10}$



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

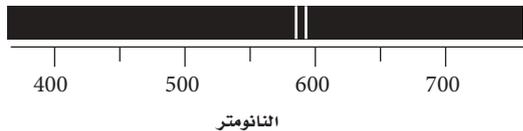
ادرس العبارة الآتية:

عنصر ممثل عدده الذري 13 يوجد في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه.

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.



14. قدر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

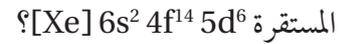
15. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

أسئلة الإجابات المفتوحة

16. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

17. وضح لماذا لا يمثل التوزيع $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10}$ التوزيع الإلكتروني الصحيح للجرمانيوم Ge ؟
اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة



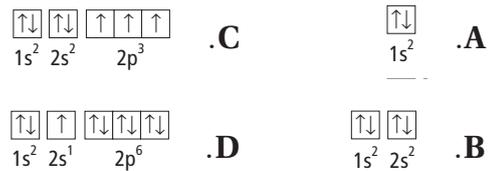
- a . La
b . Ti
c . W
d . Os

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

- a . $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
b . $1s^2 2s^2 2p^7 3s^2 3p^7 4s^2 3d^1$
c . $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^5 4s^2 3d^1$
d . $1s^2 2s^1 2p^7 3s^1 3p^7 4s^2 3d^1$

استخدم رسومات مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة

عن السؤالين 9 و 10.



9. أي مما سبق يوضح رسمًا لمربعات المستويات يخالف

مبدأ أوفباو؟

- a . A
b . B
c . C
d . D

10. أي مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر

البريليوم؟

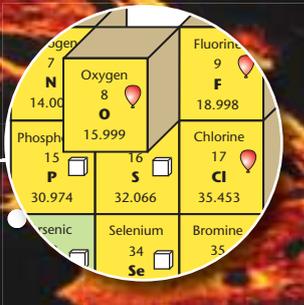
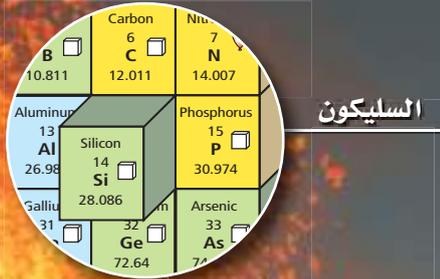
- a . A
b . B
c . C
d . D

الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

The Periodic Table and Periodic Trends

3

الفصل



الفكرة العامة يتيح لنا التدرج في خواص ذرات العناصر في الجدول الدوري التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

1-3 تطور الجدول الدوري الحديث

الفكرة الرئيسية لقد تطور الجدول الدوري تدريجيًا مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

2-3 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية .

3-3 تدرج خواص العناصر

الفكرة الرئيسية يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجم الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات واكتسابها.

حقائق كيميائية

- يتضمن الجدول الدوري حاليًا 118 عنصرًا، يوجد منها في الطبيعة 92 عنصرًا فقط.
- يُعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر توافرًا في الكون ونسبة كتلته 75%، في حين يُعد عنصر الأكسجين أكثر العناصر توافرًا في الأرض ونسبته 50%.
- يحتوي جسم شخص كتلته 70 kg على حوالي 43 kg تقريبًا من الأكسجين.
- تقل الكمية الكلية لعنصر الأستاتين في القشرة الأرضية عن 30 g، مما يجعله أقل العناصر وفرة في الأرض.

نشاطات تمهيدية

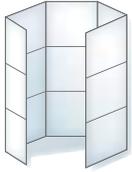
تدرج الخواص اعمل مطوية تساعدك على تنظيم المعلومات عن تدرج الخواص.

المطويات

منظمات الأفكار



خطوة 1 اطو قطعة الورق إلى 3 أقسام عرضياً.



خطوة 2 اعمل طية بعرض 2cm على طول أحد الحواف، ثم اطو قطعة الورق من المنتصف عند هذا الخط، وكرر ذلك مرة أخرى.

تدرج الخواص	الدورات	المجموعات
الذرة		
البراق		

خطوة 3 افتح الورقة وارسم خطوطاً على طول الطيات، وسمّ الأجزاء على النحو الآتي: تدرج الخواص، الدورات،

المجموعات، نصف قطر الذرة، نصف قطر الأيون، طاقة التأين، مقدار الكهروسالبية.

المطويات استخدم هذه المطوية في القسم 3-3،

ولخص التدرج في خواص العناصر عبر الدورات والمجموعات.

تجربة استهلاكية

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغيير في الخواص؟

ترتب العناصر في الجدول الدوري بطريقة تسمح بتكرار خواصها على نحو منتظم. ويمكن تطبيق عملية تكرار الخواص على أشياء من البيئة.



خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. أحضر عدداً من البراغي من ثلاثة أنواع مختلفة.
3. قس طول كل برغي بالمسطرة.
4. قس كتلة كل برغي بالميزان.
5. رتب العينات تصاعدياً من حيث الطول والكتلة وفق شكلها.

تحليل النتائج

1. أنشئ جدولاً تسجل فيه أطوال البراغي وكتلتها، مراعيًا أن يظهر الجدول التدرج في خصائصها.
 2. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في كل صف من الجدول.
 3. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال عمودياً من أعلى كل عمود إلى أسفله.
 4. حلّل طريقتك في ترتيب العينات، وفسّر أي نمط آخر تجده في الجدول.
- استقصاء** صمّم جدولاً دورياً للمشروبات الغازية على النحو نفسه الذي ورد في التجربة. ما الخواص التي استخدمتها؟



3-1

الأهداف

- تتبع مراحل تطور الجدول الدوري.
- تعرف الملامح الرئيسة في الجدول الدوري.

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

- التدرج في الخواص
- المجموعات
- الدورات
- العناصر المثلثة
- العناصر الانتقالية
- الفلزات
- الفلزات القلوية
- الفلزات القلوية الأرضية
- الفلزات الانتقالية
- الفلزات الانتقالية الداخلية
- سلسلة اللانثانيدات
- سلسلة الأكتينيدات
- اللافلزات
- الهالوجينات
- الغازات النبيلة
- أشباه الفلزات

تطور الجدول الدوري الحديث

Development of the Modern Periodic Table

الفكرة الرئيسية لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجياً مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

الربط مع الحياة كيف تبدو عملية التسوق إذا أردت شراء بعض الفاكهة وقد اختلط التفاح بالكمثرى بالبرتقال بالخوخ في سلة واحدة؟! لذا، من هنا تتضح أهمية تصنيف الأشياء حسب خواصها. لذا يصنف العلماء العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

تطور الجدول الدوري

Development of the Periodic Table

قام العالم الفرنسي أنتوني لافوازييه Lavoisier في أواخر القرن الثامن عشر (1743-1794م) بتجميع العناصر المختلفة المعروفة آنذاك في قائمة واحدة. وتحتوي هذه القائمة المتضمنة في الجدول 3-1 على 33 عنصراً موزعة على 4 فئات.

جون نيولاندز John Newlands اقترح الكيميائي الإنجليزي جون نيولاندز عام 1864م مخططاً تنظيمياً للعناصر؛ فقد لاحظ أن الخواص تتكرر عند ترتيبها تصاعدياً وفق تسلسل الكتل الذرية لكل ثمانية عناصر. ويسمى هذا النمط بالدورية؛ لأنه يتكرر بالنمط نفسه. ولقد قام نيولاندز بتسمية هذه العلاقة الدورية بقانون الثمانية. ويوضح الشكل 3-1 طريقة نيولاندز في ترتيب 14 عنصراً كانت معروفة في أواسط عام 1860م. وقد واجه قانون الثمانية معارضة؛ لأنه لا يمكن تطبيقه على العناصر المعروفة جميعها آنذاك. كما أن العلماء لم يتقبلوا كلمة الثمانية. وعلى الرغم من أن القانون لم يحظ بموافقة الجميع، إلا أنه مع مرور بعض السنوات بدا جلياً أن نيولاندز كان على صواب؛ إذ تتكرر خواص العناصر بشكل دوري كل ثمانية عناصر.

الجدول 3-1	جدول لافوازييه للمواد البسيطة
الغازات	الضوء، الحرارة، الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين.
الفلزات	الأنتيمون، الفضة، الزرنيخ، البزموت، الكوبلت، النحاس، القصدير، الحديد، المنجنيز، الزئبق، الموليبيدوم، النيكل، الذهب، البلاينيوم، الرصاص، التنجستون، الخارصين (الزئبق).
اللافلزات	الكبريت، الفوسفور، الكربون، حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروفلوريك، حمض البوريك.
العناصر الأرضية	الطباشير، الماغنيسيا (أكسيد الماغنسيوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).

العناصر ذات الخواص المشابهة تقع في الصف نفسه

A	H	1	A	F	8	... الخ →
B	Li	2	B	Na	9	→
C	G	3	C	Mg	10	→
D	Bo	4	D	Al	11	→
E	C	5	E	Si	12	→
F	N	6	F	P	13	→
G	O	7	G	S	14	→

مجموعة واحدة

الشكل 1-3 لاحظ جون نيولاندز أن خواص العناصر تتكرر كل 8 عناصر.

ماير ومندليف Meyer and Mendeleev في عام 1869م قام كل من الكيميائي الألماني لوثر ماير (1830 - 1895م) والكيميائي الروسي ديمتري مندليف (1834 - 1907م) بتقديم الدليل على العلاقة بين العدد الكتلي للعناصر وخواصها. وقد حظي مندليف بسمعة أكثر من ماير؛ حيث قام بنشر دراسته أولاً. لاحظ مندليف - كما لاحظ نيولاندز قبل عدة سنوات - أنه عند ترتيب العناصر تصاعدياً وفق كتلتها الذرية فإن خواصها تتكرر وفق نمط دوري، فقام بتشكيل الجدول الدوري بترتيب العناصر تصاعدياً وفق كتلتها الذرية في أعمدة تحوي العناصر المشابهة في خواصها.

وقد لاقى جدول مندليف - كما في الشكل 2-3 - قبولاً واسعاً؛ حيث أمكنه توقع وجود عناصر لم تُكتشف بعد وحدد خواصها، كما ترك مندليف أماكن شاغرة في الجدول للعناصر التي اعتقد أنها لم تُكتشف بعد. وقد تمكن مندليف من خلال ملاحظة أنماط التغير في خواص العناصر المعروفة من توقع خواص العناصر التي سيتم اكتشافها، ومنها السكندنيوم، والجاليوم، والجيرومانيوم.

موزلي Moseley لم يكن جدول مندليف صحيحاً تماماً؛ فبعد اكتشاف العديد من العناصر الجديدة، وتحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة بدقة أكثر، بدا واضحاً أن بعض العناصر لم توضع في مكانها الصحيح في الجدول. إذ إن ترتيب العناصر وفق كتلتها الذرية أدى إلى وضع بعض العناصر في مجموعات لعناصر ذات خواص مختلفة عنها. فقام الكيميائي الإنجليزي هنري موزلي (1887 - 1915م) في عام 1913م بتحديد سبب هذه المشكلة؛ إذ اكتشف أن ذرات كل عنصر تحتوي على عدد محدد وفريد من البروتونات في أنويتها - وبناءً على ذلك رُتبت العناصر في الجدول الدوري تصاعدياً وفق أعدادها الذرية. وقد نتج عن ترتيب موزلي للعناصر وفق عددها الذري أنماط أكثر وضوحاً في تدرج خواصها. ويُعرف تكرار الخواص الكيميائية والفيزيائية عند ترتيب العناصر تصاعدياً وفق أعدادها الذرية بـ **تدرج الخواص**.

ماذا قرأت؟ قارن بين طريقة كل من مندليف وموزلي في ترتيب العناصر.

الشكل 2-3 قام مندليف في النسخته الأولى للجدول الذي نشره في عام 1869م بترتيب العناصر ذات الخواص الكيميائية المشابهة أفقياً. وقد ترك أماكن فارغة للعناصر التي لم تكن قد اكتشفت في ذلك الوقت.

Typische Elemente									
H = 1	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	-	-	-	-
Be = 9,4	Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	-	-	-	-
B = 11	B = 11	Al = 27,3	-	Y = 88?	Y = 88?	La = 138?	Er = 176?	-	-
C = 12	C = 12	Si = 28	Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	Pr = 180?	Th = 231	-	-
N = 14	N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 94	-	Ta = 182	-	-	-
O = 16	O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 96	-	W = 184	U = 240	-	-
F = 19	F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	-	-	-	-	-	-
			Fe = 56	Ru = 104	-	Os = 196?	-	-	-
			Cu = 63	Rh = 104	-	Ir = 197	-	-	-
			Ni = 59	Pd = 106	-	Pt = 198?	-	-	-
			Zn = 65	Ag = 108	-	Au = 199?	-	-	-
			-	Cd = 112	-	Hg = 200	-	-	-
			-	In = 113	-	Tl = 204	-	-	-
			-	Sb = 118	-	Pb = 207	-	-	-
			As = 75	Bi = 127	-	Bi = 208	-	-	-
			Se = 78	-	-	-	-	-	-
			Br = 80	J = 127	-	-	-	-	-

المفردات

أصل الكلمة

الدورية Periodic

جاءت الكلمة periodos من أصل لاتيني وتعني الطريق الدائري.

يلخص الجدول 2-3 مساهمات كل من نيولاندرز وماير ومنديليف وموزلي في تطوير الجدول الدوري. وأصبح هذا الجدول من أهم الأدوات التي يستخدمها الكيميائيون. ويعد الجدول الدوري مرجعاً مهماً لفهم خواص العناصر، والتنبؤ بها وتنظيم المعلومات المتعلقة بالتركيب الذري.

المساهمات في تصنيف العناصر	الجدول 2-3
	جون نيولاندرز 1837-1898م • رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية. • لاحظ تكرار خواص العناصر لكل ثمانية عناصر. • وضع قانون الثمانية.
	لوثر ماير 1830-1895م • أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية.
	ديمتري مندليف 1834-1907م • أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية. • تنبأ بوجود عناصر غير مكتشفة، وحدد خواصها.
	هنري موزلي 1887-1915م • اكتشف أن العناصر تحتوي على عدد فريد من البروتونات ساء العدد الذري. • رتب العناصر تصاعدياً وفق العدد الذري، مما نتج عنه نموذج لدورية خواص العناصر.

الجدول الدوري الحديث

The Modern Periodic Table

يتكون الجدول الدوري الحديث من مجموعة مربعات، يحتوي كل مربع على اسم العنصر ورمزه وعدده الذري وكتلته الذرية. ويوضح الشكل 3-3 أحد هذه المربعات. وقد رتبت المربعات تصاعدياً وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة الرأسية تُعرف بالمجموعات أو العائلات، وفي صفوف أفقية تُعرف بالدورات. ويوضح الشكل 3-5 الجدول الدوري للعناصر.

ماذا قرأت؟ عرّف المجموعات والدورات.

اسم العنصر	أكسجين
الحالة	8
العدد الذري	O
الرمز	15.999
الكتلة الذرية المتوسطة	

الشكل 3-3 يحتوي المربعات في الجدول الدوري على اسم العنصر والرمز الكيميائي والعدد الذري والكتلة الذرية وحالة المادة.

يحتوي الجدول الدوري الحديث على سبع دورات بدءاً من الهيدروجين في الدورة الأولى. وقد رُفقت المجموعات من 1 إلى 18. فمثلاً، تحتوي الدورة الرابعة على البوتاسيوم والكالسيوم، في حين يوجد السكنديووم Sc في العمود الثالث من اليسار، أي في المجموعة الثالثة. ويوجد الأكسجين في المجموعة 16. وكما أن لعناصر المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 الكثير جداً من الخواص الفيزيائية والكيميائية، لذلك يشار إليها بعناصر المجموعات الرئيسة أو **العناصر الممثلة**. ويُشار إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 **بالعناصر الانتقالية**. كما تُصنّف العناصر إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات.

الفلزات تُسمى العناصر التي تكون ملساء ولامعة وصلبة في درجة حرارة الغرفة وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء **بالفلزات**. ويمتاز معظمها بأنه قابل للطرق والسحب؛ إذ يمكن تحويلها إلى صفائح رقيقة، وسحبها إلى أسلاك رفيعة. ومعظم العناصر الممثلة والعناصر الانتقالية فلزات. وإذا نظرت إلى عنصر البورون B في العمود 13، تشاهد خطأً متعرجاً يصل إلى الأستاتين At في أسفل المجموعة 17. ويفصل هذا الخط بين الفلزات واللافلزات في الجدول الدوري. وقد مُثلت الفلزات بالمرعبات ذات اللون الأزرق في الشكل 5-3.

الفلزات القلوية العناصر عن يسار الجدول جميعها فلزات إلا الهيدروجين، وتُسمى عناصر المجموعة 1 (ما عدا الهيدروجين) **الفلزات القلوية**. ونظراً إلى شدة نشاطها فهي غالباً ما تكون موجودة في الطبيعة على هيئة مركبات مع عناصر أخرى. ومن الفلزات القلوية الشائعة الصوديوم Na وهو أحد مكونات ملح الطعام، والليثيوم Li المستخدم في البطاريات.

الفلزات القلوية الأرضية توجد **الفلزات القلوية الأرضية** في المجموعة 2، وهي أيضاً سريعة التفاعل. ويُعد عنصر الكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg من الفلزات المفيدة لصحة الجسم، وهما من الفلزات القلوية الأرضية. والماغنسيوم صلب، ووزنه خفيف نسبياً، لذا يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية، ومنها الحواسيب المحمولة، كما في الشكل 4-3.

الشكل 4-3 لأن الماغنسيوم خفيف وقوي يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية. فمثلاً الإطار الخارجي لهذا الحاسب الآلي الممول مصنوع من الماغنسيوم.



الجدول الدوري للعناصر الشكل 3-5

			13			14		15		16		17		18							
			فلز			شبه فلز		لا فلز													
			يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزاً أو شبه فلز أو لا فلز.																		
			10			11		12													
			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 (269)			Roentgenium 111 Rg (272)		Copernicium 112 Cn 285.177		Nihonium 113 Nh 286.183		Flerovium 114 Fl 289.191		Moscovium 115 Mc 290.196		Livermorium 116 Lv 293.205		Tennessine 117 Ts 294.211		Oganesson 118 Og 294.214	

			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 تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.

1	Hydrogen 1 H 1.008	2							
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305	3	4	5	6	7	8	9
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)



حالة المادة

العنصر
العدد الذري
الرمز
الكتلة الذرية

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً للمكان.

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في خواص العناصر

عنصر الفرانسيوم: هل هو صلب أم سائل أم غاز؟ اكتشف الفرانسيوم في عام 1939م إلا أن مندليف تنبأ بوجوده عام 1870م. ويُعد الفرانسيوم أقل العناصر الـ 101 الأولى استقراراً؛ فعمر النصف لنظيره الأكثر استقراراً 22 دقيقة. في ضوء ما تعرفه عن خواص الفلزات القلوية الأخرى تنبأ بخواص عنصر الفرانسيوم.

التحليل

اعتماداً على طريقة دميري مندليف في توقع خواص العناصر غير المكتشفة، استخدم المعلومات الخاصة بخواص الفلزات القلوية لاستنباط طريقة لتحديد خواص عنصر الفرانسيوم.

التفكير الناقد

بيانات الفلزات القلوية			
العنصر	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C	نصف القطر (pm)
الليثيوم	180.5	1347	152
الصوديوم	97.8	897	186
البوتاسيوم	63.3	766	227
الروبيديوم	39.31	688	248
السيوم	28.4	674.8	248
الفرانسيوم	؟	؟	؟

3. **استدل** أي عمود من أعمدة البيانات يظهر أكثر احتمالاً للخطأ في التوقع؟ اشرح ذلك.

4. **وضح** لماذا لا يكفي إنتاج مليون ذرة من عنصر الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات؛ مثل قياس الكثافة ودرجة الانصهار؟

1. **استنبط** نمط التغير في كل خاصية وارده في الجدول،

بحيث يمكنك استقراء القيم الخاصة بعنصر الفرانسيوم، مسترشداً بقانون تدرج الخواص.

2. **توقع** ما إذا كان عنصر الفرانسيوم صلباً أم سائلاً أم غازاً. وكيف يمكن دعم هذا التوقع؟

الفلزات الانتقالية والفلزات الانتقالية الداخلية تُقسم العناصر الانتقالية إلى فلزات انتقالية وفلزات انتقالية داخلية. وتعرف الفلزات الانتقالية الداخلية بسلسلتي اللانتانيدات والأكتنيدات وتقعان أسفل الجدول الدوري. وتوجد العناصر الانتقالية في المجموعات 3 - 12.

الربط مع علم الأحياء اللافلزات توجد اللافلزات في الجزء العلوي الأيمن من الجدول الدوري. وقد تم تمثيلها بالمرعبات الصفراء، كما في الشكل 5-3، وغالباً ما تكون اللافلزات غازات أو مواد صلبة هشة ذات لون داكن، وتعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. أمّا البروم Br فهو اللافلز الوحيد السائل عند درجة حرارة الغرفة. ويعد الأكسجين أكثر العناصر وفرة في جسم الإنسان، حيث يشكل 65% من كتلته. وتتألف المجموعة 17 من عناصر شديدة التفاعل تعرف باسم الهالوجينات. وتكون الهالوجينات عادة في صورة مركبات - كما في المجموعتين 1 و 2 - وتضاف المركبات التي تحتوي على الفلور إلى معجون الأسنان وماء الشرب لحماية الأسنان من التسوس. وتسمى عناصر المجموعة 18 الحاملة جداً الغازات النبيلة، وتستخدم في المصابيح الكهربائية وإشارات (لوحات) النيون.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع

الموصلات

الاستعمال العلمي: مواد تستطيع نقل الكهرباء، أو الحرارة، أو الصوت.

النحاس موصل جيد للحرارة

الاستعمال الشائع: ما يوصل به الحبل...

الشكل 6-3 قام العلماء المهتمون

بتطوير تقنيات الغواصات بصنع غواصة آلية على صورة سمكة، قادرة مثلها على السباحة. وصنع جسم الغواصة الآلية من راتنج السليكون الذي يصبح ليناً في الماء.



أشباه الفلزات تُعرف العناصر في المربعات الخضراء على جانبي الخط المتعرج في الشكل 5-3 بأشباه الفلزات. ولأشباه الفلزات خواص فيزيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات معاً. فالسليكون Si والجرمانيوم Ge من أشباه الفلزات المهمة المستخدمة بكثرة في صناعة رقائق الحاسوب والخلايا الشمسية، كما يستخدم السليكون في الجراحة التجميلية والتطبيقات التي تحاكي الواقع، كما في الشكل 6-3. ويمكنك الرجوع إلى دليل العناصر الكيميائية في نهاية هذا الكتاب لمعرفة المزيد عن مختلف مجموعات العناصر.

التقويم 3-1 الخلاصة

1. **الفكرة الرئيسية** صف التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كل من لافوازييه، ونيولاندرز، ومنديليف، وماير، وموزلي في ذلك.
 2. ارسم مخططاً مبسطاً للجدول الدوري، وأشر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
 3. صف الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.
 4. حدّد: أي العناصر الآتية عناصر ممثلة، وأيها عناصر انتقالية؟
a. ليثيوم Li b. بلاتين Pt
c. بروميثيوم Pm d. كربون C
 5. قارن اسمي عنصرين لهما خصائص مشابهة لكل من:
a. اليود I b. الباريوم Ba c. الحديد Fe
 6. قارن استناداً إلى الجدول الدوري الحديث، ما العنصران اللذان تكون قيمة الكتلة الذرية لكل منهما أقل من ضعف عدده الذري؟
 7. تفسير البيانات تخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، مما يتطلب استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقل من كتلة الكاديوم Cd. استخدم الجدول الدوري لتحديد العنصر الذي يمكن أن تستخدمه الشركة.
- تم ترتيب العناصر قديماً في الجدول الدوري وفق كتلتها الذرية تصاعدياً مما نجم عنه وضع بعض العناصر في غير أماكنها وقد تم ترتيبها لاحقاً وفقاً لتزايد أعدادها الذرية.
 - تتدرج الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر عند ترتيبها تصاعدياً حسب 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.

- تفسّر سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة.
- تحدّد فئات الجدول الدوري الأربعة استناداً إلى التوزيع الإلكتروني.

مراجعة المفردات

إلكترونات التكافؤ؛ إلكترونات موجودة في مستوى الطاقة الأخير للذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لها.

تصنيف العناصر

Classification of the Elements

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

الربط مع الحياة إذا أردت توصيل رسالة إلى شخص ما فلا يكفي أن تعرف رقم بيته فقط، بل يجب أن تعرف عنوان البيت كاملاً: في أي شارع هو؟ وأي مدينة؟ وأي منطقة؟ وبالطريقة نفسها يتم تعريف العناصر من خلال توزيعها الإلكتروني.

ترتيب العناصر وفق التوزيع الإلكتروني

Organizing the Elements by Electron Configuration

يحدّد التوزيع الإلكتروني الخواص الكيميائية للعنصر. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح الجدول 3-3 التوزيع الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، حيث يوجد إلكترون واحد في مستوى الطاقة الأخير لكل عنصر فيها.

إلكترونات التكافؤ يوجد لكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخير. لذا تتشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي على العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني s^1 . ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنين من إلكترونات التكافؤ توزيعهما الإلكتروني s^2 ، وللمجموعتين 1 و 2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

إلكترونات التكافؤ والدورة يحدّد رقم مستوى الطاقة الأخير الذي يحتوي إلكترونات التكافؤ رقم الدورة التي يوجد فيها العنصر في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، يوجد إلكترون التكافؤ لعنصر الليثيوم في مستوى الطاقة الثاني، لذا يكون عنصر الليثيوم في الدورة الثانية. أما عنصر الجاليوم ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^1$ فإن إلكترونات تكافئه تقع في مستوى الطاقة الرابع، لذا يكون عنصر الجاليوم في الدورة الرابعة.

التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة 1			الجدول 3-3
$1s^1$	$1s^1$	H الهيدروجين	الدورة 1
$[He] 2s^1$	$1s^2 2s^1$	Li الليثيوم	الدورة 2
$[Ne] 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	Na الصوديوم	الدورة 3
$[Ar] 4s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	K البوتاسيوم	الدورة 4



الشكل 7-3 يوضح الشكل التمثيل النقطي

لإلكترونات التكافؤ لمعظم العناصر الممثلة.

لاحظ كيف يتغير عدد إلكترونات

التكافؤ من مجموعة إلى أخرى، وكيف

يتغير ضمن المجموعة الواحدة؟

1	2	13	14	15	16	17	18	
1	H.						He:	
2	Li.	Be.	.B.	.C.	.N.	.O.	.F.	.Ne:
3	Na.	Mg.	.Al.	.Si.	.P.	.S.	.Cl.	.Ar:
4	K.	Ca.	.Ga.	.Ge.	.As.	.Se.	.Br.	.Kr:
5	Rb.	Sr.	.In.	.Sn.	.Sb.	.Te.	.I.	.Xe:
6	Cs.	Ba.	.Tl.	.Pb.	.Bi.	.Po.		.Rn:

إلكترونات تكافؤ العناصر الممثلة عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن لعناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأما عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونات تكافؤ فقط. يبين الشكل 7-3 كيف يساعد التمثيل النقطي للإلكترونات على الربط بين رقم المجموعة وعدد إلكترونات التكافؤ. لاحظ أن عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعات من 13 إلى 18 يساوي رقم الأحاد فيها.

عناصر الفئات s, p, d, f

يحتوي الجدول الدوري أعمدةً وصفوفاً ذات أحجام متفاوتة. ويعود السبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الثانوية للذرة، والتي تحتوي على إلكترونات التكافؤ. ولوجود أربعة مستويات طاقة ثانوية (s, p, d, f) فقد تم تقسيم الجدول الدوري إلى أربع فئات مختلفة كما في الشكل 8-3.

الشكل 8-3 ينقسم الجدول الدوري إلى أربع

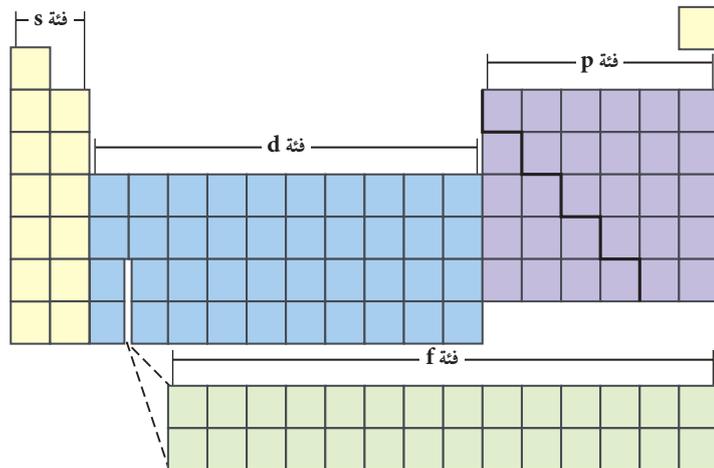
فئات هي s, p, d, f.

حلل ما العلاقة بين الحد الأقصى لعدد

الإلكترونات التي يمكن أن توجد في

مستوى الطاقة الفرعي وحجم الفئة في

الشكل؟



التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة			الجدول 3-4
التوزيع الإلكتروني	العنصر	مستوى الطاقة الرئيس	الدورة
1s ²	الهيليوم	n = 1	1
[He] 2s ² 2p ⁶	النيون	n = 2	2
[Ne] 3s ² 3p ⁶	الأرجون	n = 3	3
[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶	الكريبتون	n = 4	4

عناصر الفئة - s تتكون من عناصر المجموعتين الأولى والثانية وعنصر الهيليوم. حيث تحتوي عناصر المجموعة الأولى على مستويات s شبه ممتلئة بالكاترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني s¹. في حين تحتوي عناصر المجموعة الثانية على مستويات s ممتلئة باثنين من إلكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني s². ولأن مستويات s تتسع لإلكترونين على الأكثر فإن فئة s تشمل على مجموعتين فقط.

عناصر الفئة - p وبعد امتلاء المستوى الثانوي s بالكاترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئة المستوى الثانوي p. وتشمل مجموعات العناصر 13 - 18، في الجدول الدوري، التي لها مستويات p الفرعية الممتلئة كلياً أو جزئياً بالكاترونات التكافؤ. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الثانوية لا توجد في مستوى الطاقة الرئيس الأول n=1. والبورون B هو العنصر الأول في فئة p، ويوجد في الدورة الثانية. وتمتد فئة p على مدى ست مجموعات؛ لأن مستويات p الفرعية الثلاثة تتسع لـ 6 إلكترونات على الأكثر. وعناصر المجموعة 18 (الغازات النبيلة) عناصر فريدة في فئة p؛ وذلك لأن ذرات عناصرها مستقرة لدرجة أنها تقريباً لا تتفاعل كيميائياً. ويوضح الجدول 3-4 التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الأربعة الأولى. إن مستويات الطاقة الفرعية s و p في مستويات الطاقة الخارجية لها ممتلئة تماماً بالإلكترونات. وينتج عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار بنائها الذري.

المفردات

الاستعمال العلمي

البنية: Structure

شيء ما يتم عمله من عناصر أو أجزاء مترابطة بعضها ببعض.

اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

الشكل 3-9 تاريخ الجدول الدوري

الجدول الدوري الحديث نتاج عمل عدة علماء على مدى قرون، والذين درسوا العناصر واكتشفوا التدرج في خواصها.

1894-1900م أصبحت الغازات النبيلة - ومنها الأرجون والهيليوم والكريبتون والنيون والزينون والرادون - مجموعة جديدة في الجدول الدوري.

1828م بدأ العلماء في اتخاذ الحروف رموزاً للعناصر الكيميائية.

1913م حدّد هنري موزلي العدد الذري للعناصر المعروفة، وأثبت أنّ خواص العناصر تتغير بشكل دوري مع العدد الذري.

1869م طوّر كل من لوثر ماير وديمتري مندليف - كل منهما على حدة - جداول للعناصر، تستند إلى خواصها، وتوقّعا خواص عناصر أخرى غير معروفة.

1789م عرّف أنتوني لافوازييه العنصر، وأعد قائمة بالعناصر المعروفة وميّز بين الفلزات واللافلزات.

مهن في الكيمياء

الباحث الكيميائي يتخصص بعض الكيميائيين النوويين في دراسة أحدث العناصر وأقلها. ولإنتاج عناصر ثقيلة يعمل الكيميائي في المجال النووي مع فريق كبير يشمل فيزيائيين، ومهندسين وفنيين. تنتج العناصر الثقيلة بالتصادمات التي تتم في مسرعات الجسيمات. ويقوم الكيميائي النووي بتحليل نتائج هذه التصادمات لتعرف العناصر وفهم خواصها.

عناصر الفئة - d تحتوي على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d تتميز بامتلاء كلي للمستوى الفرعي s من مستوى الطاقة الرئيس n، وبامتلاء جزئي أو كلي لمستويات d الفرعية من مستوى الطاقة n-1. وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بتعبئة المستوى d. فعلى سبيل المثال، الإسكانديوم Sc أول عناصر الفئة d، له التوزيع الإلكتروني $[Ar] 4s^2 3d^1$. أما عنصر التيتانيوم - وهو العنصر الثاني في الجدول - فله التوزيع الإلكتروني $[Ar] 4s^2 3d^2$. لاحظ أن المستوى الخارجي s الممتلئ في عنصر التيتانيوم يكون في المستوى الرئيس $n=4$ ، في حين أن المستوى d شبه الممتلئ يكون في المستوى الرئيس $n=3$. ينص مبدأ أوفباو aufbau على أن المستوى 4s له طاقة أقل من طاقة المستوى 3d. لذا فإن المستوى 4s يمتلئ قبل المستوى 3d. ولأن مستويات d الفرعية الخمسة تتسع لـ 10 إلكترونات لذا فإن العناصر فئة d تمتد على مدى 10 مجموعات في الجدول الدوري.

عناصر الفئة - f تشتمل على الفلزات الانتقالية الداخلية، وتتميز عناصرها بامتلاء مستوى s الخارجي، وامتلاء أو شبه امتلاء مستويات 4f و 5f. ولوجود 7 مستويات فرعية في المستوى الثاني f فإنه يتسع لـ 14 إلكترونًا بحد أقصى، وبذلك تمتد العناصر فئة f على مدى 14 عمودًا في الجدول الدوري.

لذا تحدد الفئات s و p و d و f شكل الجدول الدوري. وكلما انتقلت إلى أسفل في الجدول الدوري يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة، كما يزداد عدد المستويات الفرعية التي تحتوي على الإلكترونات. لاحظ أن الدورة رقم 1 تحتوي على عناصر الفئة s فقط، في حين تحتوي الدوران الثانية والثالثة على عناصر من الفئتين s، p، أما الدوران الرابعة والخامسة فتحتويان على عناصر من فئات s، p، d، كما تحتوي الدوران السادسة والسابعة على عناصر من فئات s، p، d، f.

لقد استغرق تطوير الجدول الدوري سنين عديدة، وما زالت عملية التطوير جارية؛ حيث يتم تحضير العناصر بطريقة صناعية باستمرار. ارجع إلى الشكل 9-3 لمزيد من المعلومات عن تاريخ الجدول ومساهمات العديد من العلماء في تطويره.

ماذا قرأت؟ لخص كيف يمكن تعريف كل فئة من الجدول الدوري؟

<p>2004م أعلن علماء من روسيا عن اكتشاف العنصرين 113 و 115.</p>	<table border="1"> <tr> <td>Ununtrium 113 Uut (284)</td> <td>Ununpentium 115 Uup (288)</td> </tr> </table>	Ununtrium 113 Uut (284)	Ununpentium 115 Uup (288)	<p>1985م تبني الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحتة والتطبيقية الجدول الدوري الحالي المستخدم في أنحاء العالم.</p>	<p>1940م تم ضم العناصر المحضرة صناعياً التي لها عدد ذري أكبر من 92 إلى فئة جديدة في الجدول تُسمى الأكتينيدات.</p>
Ununtrium 113 Uut (284)	Ununpentium 115 Uup (288)				
<p>1999م أعلن بعض الباحثين اكتشاف العنصر 114، وسمي أونوكواديوم (الذي أطلق عليه - لاحقاً - الفليروفيوم). ويعتقد العلماء أن هذا العنصر ربما يكون أول العناصر ذات الاستقرار النسبي ضمن العناصر المحضرة صناعياً.</p>	<p>1969م قام الباحثون في جامعة بيركلي بتحضير أول العناصر الصناعية الأثقل من الأكتينيدات، وفترة عمر النصف له 4.7s وسمي رذرفورديوم.</p>				

التوزيع الإلكتروني والجدول الدوري لعنصر الإسترانشيوم الذي يستخدم في إضفاء اللون الأحمر على الألعاب النارية، التوزيع الإلكتروني $[Kr] 5s^2$. حدد المجموعة والدورة والفئة التي ينتمي إليها عنصر الإسترانشيوم دون استخدام الجدول الدوري.

1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

المعطيات

التوزيع الإلكتروني $[Kr] 5s^2$

المطلوب

المجموعة = ؟
الدورة = ؟
الفئة = ؟

2 حساب المطلوب

يشير عدد إلكترونات التكافؤ إلى رقم مجموعة العناصر الممتلئة.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

يشير s^2 إلى أن إلكترونات تكافؤ الإسترانشيوم تملأ المستوى الثانوي (s)، لذا يوجد عنصر الإسترانشيوم في **الفئة s والمجموعة 2** ويشير رقم 5 في $5s^2$ إلى أن عنصر الإسترانشيوم يقع في **الدورة 5**

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري بطريقة صحيحة.

مسائل تدريبية

- حدّد، دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:
a. $[Ne] 3s^2$ b. $[He] 2s^2$ c. $[Kr] 5s^2$ d. $[Xe] 6s^2$
- بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية لإلكترونات تكافؤها:
a. $s^2 d^1$ b. $s^2 p^3$ c. $s^2 p^6$ d. $s^2 d^5$
- تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:
a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4
b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4
c. غاز نبيل في الدورة 5
d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2

التقويم 3-2

الخلاصة

- الفكرة الرئيسية** فسر ما الذي يحدد فئات الجدول الدوري؟
 - حدّد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافؤها على النحو الآتي:
a. $s^2 p^4$ b. s^1 c. $s^2 d^1$ d. $s^2 p^1$
f, d, p, s
 - توقع عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويستخدم في المصابيح الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلزات أو أشباه الفلزات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.
 - فسر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟
 - نمذج ارسم مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وبين فئات s, p, d, f.
- يحتوي الجدول الدوري على 4 فئات هي
 - لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
 - عناصر المجموعتين 1 و 2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
 - يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.

- تقارن بين أنماط التغيير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والمجموعات.
- تربط التدرج في أنصاف أقطار الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها، وطاقة تأينها، وسالبيتها الكهربائية.

مراجعة المفردات

مستوى الطاقة الأساسي: هو مستوى الطاقة الرئيس للذرة.

المفردات الجديدة

الأيون

طاقة التأين

الكهروسالبية

القاعدة الثانية

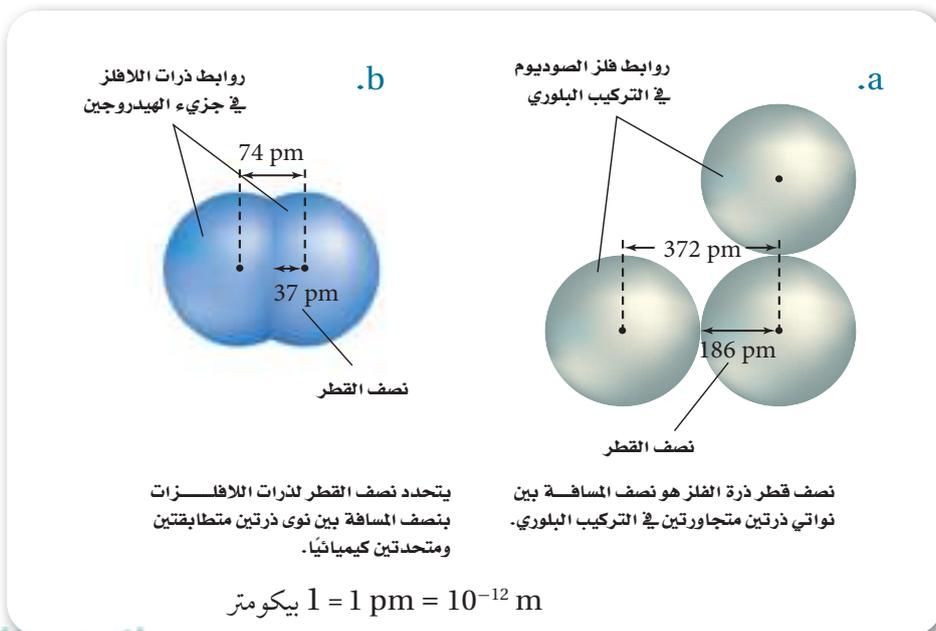
تدرج خواص العناصر Periodic Trends

الفكرة الرئيسية يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان إلكترونات أو اكتسابها.

الربط مع الحياة يساعد التقويم على تتبع النشاطات في حياتنا؛ حيث يتكرر نمط الأسبوع من السبت إلى الجمعة. فإذا دونت بعض النشاطات اليومية سلفاً استطعت توقع ما يحدث في هذا اليوم من ذلك الأسبوع. وكذلك يتيح لنا ترتيب العناصر في الجدول الدوري تعرّف خواص العديد من هذه العناصر.

نصف قطر الذرة Atomic Radius

يتغير الكثير من خواص العناصر بشكل متوقع، ويعرف ذلك التغيير بالنمط، وهذا ما يحدث عند الانتقال عبر الدورة، أو المجموعة. إن حجم الذرة من الخواص الدورية الذي يتأثر بالتوزيع الإلكتروني. ويعرف الحجم الذري بمقدار اقتراب ذرة من ذرة أخرى مجاورة لها. ولأن طبيعة الذرة المجاورة تختلف من مادة إلى أخرى، لذا فإن حجم الذرة يتغير من مادة إلى مادة أخرى. يعرف نصف قطر الذرة للفلزات - ومنها الصوديوم - بنصف المسافة بين نواتين متجاورتين في التركيب البلوري للعنصر، كما في الشكل 10a-3. أما بالنسبة للعناصر التي توجد على شكل جزيئات - ومنها اللافلزات - فيعرف نصف قطر الذرة بنصف المسافة بين نوى الذرات المتطابقة والمتحدة كيميائياً بروابط فيما بينها. ويوضح الشكل 10b-3 نصف قطر جزيء ثنائي الذرة مثل الهيدروجين H_2 .



الشكل 10-3 تعتمد أنصاف أقطار الذرات على نوع الروابط التي تكوّنها الذرات.

1	H 37							He 31
2	Li 152	Be 112	B 85	C 77	N 75	O 73	F 72	Ne 71
3	Na 186	Mg 160	Al 143	Si 118	P 110	S 103	Cl 100	Ar 98
4	K 227	Ca 197	Ga 135	Ge 122	As 120	Se 119	Br 114	Kr 112
5	Rb 248	Sr 215	In 167	Sn 140	Sb 140	Te 142	I 133	Xe 131
6	Cs 265	Ba 222	Tl 170	Pb 146	Bi 150	Po 168	At 140	Rn 140

الرمز الكيميائي
نصف قطر الذرة
الحجم النسبي

الشكل 3-11 تتغير أنصاف أقطار العناصر الممثلة والمحسوبة بالبيكوميتر ($10^{-12}m$) عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وإلى أسفل المجموعة.

استنتج لماذا يزداد نصف القطر كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة؟

تدرج نصف القطر الذري عبر الدورات يتناقص في الغالب نصف القطر عند الانتقال من يسار الدورة إلى يمينها. وسبب هذا التغير - كما في الشكل 3-11 - هو زيادة الشحنة الموجبة في النواة مع بقاء مستويات الطاقة الرئيسة في الدورة ثابتاً؛ حيث يزداد - بالانتقال من اليسار إلى اليمين في الدورة - عدد البروتونات (شحنة موجبة) في نواة ذرة العنصر بروتوناً عن ذرة العنصر الذي قبله، بينما يبقى عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية ثابتاً، ويزداد عدد إلكترونات التكافؤ واحداً أيضاً. وحيث لا يزداد حجب إلكترونات التكافؤ عند الزيادة في شحنة النواة، فإن شحنة النواة تجذب إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لتصبح أقرب إلى النواة.

المطويات

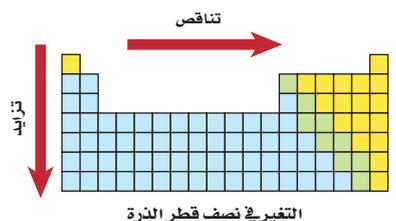
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

ماذا قرأت؟ ناقش كيف يفسر نقصان نصف القطر عبر الدورة في الجدول الدوري، مع بقاء مستوى الطاقة الرئيس دون تغير؟

تدرج نصف القطر الذري عبر المجموعات يزداد في الغالب نصف قطر الذرة عند الانتقال إلى أسفل المجموعة؛ فعند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة تقابل الزيادة في الشحنة الموجبة في النواة زيادة في عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية؛ أي أن شحنة النواة المؤثرة في إلكترونات مستوى الطاقة الأخير تبقى ثابتة تقريباً لعناصر المجموعة الواحدة. وفي المقابل يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة (قيمة عدد الكم الرئيس n) مما يجعل إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أبعد عن النواة، ويقلل ازدياد هذه المسافة من تأثير الجذب الناتج عن زيادة شحنة النواة. كما تقوم مستويات الطاقة الإضافية بين النواة والإلكترونات الخارجية بحجب هذه الإلكترونات عن النواة. ويخلص الشكل 3-12 هذه التغيرات عبر الدورة والمجموعة.

الشكل 3-12

ينتقص نصف القطر عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، ويزداد كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة.



فسر التدرج في نصف قطر الذرة أي الذرات الآتية لها أكبر نصف قطر: الكربون C، أو الفلور F، أو البيريليوم Be، أو الليثيوم Li؟

أجب عن السؤال دون الرجوع إلى الشكل 11-3، وفسر إجابتك حسب اتجاه التغير في أنصاف الأقطار.

1 تحليل المسألة

إذا كان لديك 4 عناصر فحدد أولاً رقم كل من المجموعة والدورة التي يشغلها كل عنصر، ثم استخدم نمط التغير العام لنصف القطر لتحديد أي العناصر نصف قطر ذرته أكبر.

2 حساب المطلوب

حدّد الدورات

بالرجوع إلى الجدول الدوري تجدد أن العناصر جميعها موجودة في الدورة الثانية.

وبترتيب العناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورة يظهر التسلسل الآتي: Li، و Be، و C، و F.

طبّق اتجاه تناقص نصف القطر عبر الدورة إن أول عنصر في الدورة الثانية هو الليثيوم Li، لذا فلذرته أكبر نصف قطر.

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق اتجاه نمط التغير في مقدار نصف القطر عبر الدورة بشكل صحيح.

وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في الشكل 11-3 نتحقق من الإجابة.

مسائل تدريبية

استعن بمعرفتك بأنماط التغير في نصف قطر الذرة عبر الدورة والمجموعة؛ للإجابة عن الأسئلة الآتية، دون استخدام قيم نصف قطر الذرة في الشكل 11-3.

16. أي العناصر له أكبر نصف قطر: الماغنسيوم Mg، أو السليكون Si، أو الكبريت S،

أو الصوديوم Na، وأيها له أصغر نصف قطر؟

17. يبين الشكل المجاور عناصر الهيليوم، والكريتون والرادون. أيها يمثل عنصر

الكريتون؟ وكيف يمكن الاستدلال على ذلك؟

18. هل يمكن تحديد أيّ العنصرين المجهولين له أكبر نصف قطر إذا علمت فقط أن

العدد الذري لأحدهما أكبر 20 مرة من العدد الذري للآخر؟ فسّر إجابتك.

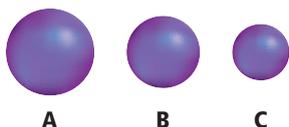
19. تحفيز حدّد أيّ العنصرين في كل زوج مما يأتي له نصف قطر أكبر:

a. عنصر في الدورة 2 والمجموعة 1، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 18

b. عنصر في الدورة 5 والمجموعة 2، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 16

c. عنصر في الدورة 3 والمجموعة 14، أو عنصر في الدورة 6 والمجموعة 15

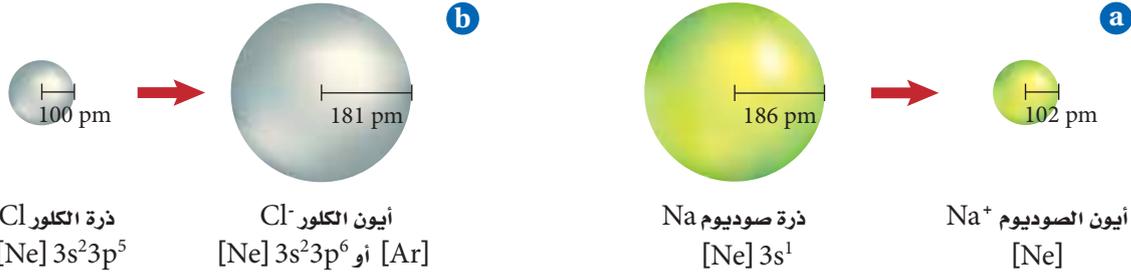
d. عنصر في الدورة 4، والمجموعة 18، أو عنصر في الدورة 2، والمجموعة 16



A

B

C



الشكل 3-13

a. الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من ذراتها المتعادلة.
b. الأيونات السالبة أكبر حجمًا من ذراتها المتعادلة.

نصف قطر الأيون Ionic Radius

تستطيع الذرات فقد أو اكتساب إلكترون أو أكثر لتكوين الأيونات. ولأن الإلكترونات سالبة الشحنة فإن الذرات تصبح مشحونةً عندما تكتسب الإلكترونات أو تفقدها. لذا فالأيون ذرة أو مجموعة ذرية لها شحنة موجبة أو سالبة.

عندما تفقد الذرة الإلكترونات وتكون أيونًا موجبًا يصغر حجمها. ويُعزى ذلك إلى عاملين: أولهما أن الإلكترون الذي تفقده الذرة غالبًا ما يكون إلكترون تكافؤ. وقد ينتج عن فقدانه فراغ المدار الخارجي، مما يسبب نقصان نصف القطر. ثانيًا: يقل التنافر بين ما تبقى من الإلكترونات، بالإضافة إلى زيادة التجاذب بينها وبين النواة ذات الشحنة الموجبة، مما يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة.

عندما تكتسب الذرات إلكترونات وتكون أيونات سالبة يزداد حجمها؛ لأن إضافة إلكترون إلى الذرة يولد تنافرًا أكبر مع إلكترونات المستوى الخارجي، ويدفعها بقوة نحو الخارج. وينتج عن زيادة المسافة بين الإلكترونات الخارجية زيادة في مقدار نصف القطر مما لا يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة. ويوضح الشكل 3-13a كيف يقل نصف قطر ذرة الصوديوم عندما تكون أيونًا موجبًا، كما يوضح الشكل 3-13b كيف يزيد نصف قطر ذرة الكلور عندما تكون أيونًا سالبًا.

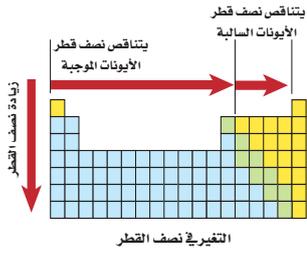
المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الذرات	1	2	13	14	15	16	17
2	Li 76 1+	Be 31 2+	B 20 3+	C 15 4+	N 146 3-	O 140 2-	F 133 1-
3	Na 102 1+	Mg 72 2+	Al 54 3+	Si 41 4+	P 212 3-	S 184 2-	Cl 181 1-
4	K 138 1+	Ca 100 2+	Ga 62 3+	Ge 53 4+	As 222 3-	Se 198 2-	Br 195 1-
5	Rb 152 1+	Sr 118 2+	In 81 3+	Sn 71 4+	Sb 62 5+	Te 221 2-	I 220 1-
6	Cs 167 1+	Ba 135 2+	Tl 95 3+	Pb 84 4+	Bi 74 5+		

نصف قطر الأيون
الرمز الكيميائي
الشحنة
الحجم النسبي

الشكل 3-14 يوضح نصف القطر الأيوني للعناصر الممثلة مقيسًا بوحدة pm (10^{-12}m).
فسر لماذا يزيد نصف قطر الأيون الموجب والأيون السالب عند الانتقال إلى أسفل المجموعة في معظم المجموعات؟



الشكل 3-15 يلخص الشكل التغير العام في نصف قطر الأيون.

تدرج نصف قطر الأيون عبر الدورات يوضح الشكل 14-3 أنصاف أقطار أيونات معظم العناصر المثلثة. لاحظ أن العناصر التي في الجهة اليسرى من الجدول تكون أيونات موجبة أصغر حجماً، في حين تكون العناصر التي في الجهة اليمنى من الجدول أيونات سالبة أكبر حجماً. وفي الغالب، كلما تحركت من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تناقص حجم الأيون الموجب. وعند بداية المجموعة 15 أو 16 يتناقص حجم الأيون السالب أيضاً تدريجياً.

تدرج نصف قطر الأيون عبر المجموعات عندما تنتقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل فإن إلكترونات المستويات الخارجية في الأيون تكون في مستويات طاقة أعلى؛ مما ينتج عنه زيادة في حجم الأيون. لذا يزداد نصف قطر كل من الأيونات الموجبة والسالبة عند الانتقال إلى أسفل خلال المجموعة. ويخلص الشكل 15-3 اتجاه التغير في نصف قطر الأيونات عبر المجموعات والدورات.

طاقة التأين Ionization Energy

يتطلب تكوين أيون موجب انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة. ويحتاج هذا العمل إلى طاقة للتغلب على قوة التجاذب بين شحنة النواة الموجبة والشحنة السالبة للإلكترون. وتعرف **طاقة التأين** بالطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من ذرة العنصر في الحالة الغازية. فمثلاً نحتاج إلى $8.64 \times 10^{-19} \text{ J}$ لانتزاع إلكترون من ذرة الليثيوم في الحالة الغازية. وتسمى الطاقة اللازمة لانتزاع أول إلكترون من الذرة المتعادلة طاقة التأين الأولى. لذا فطاقة التأين الأولى لليثيوم هي $8.64 \times 10^{-19} \text{ J}$. كما ينتج عن فقدان الإلكترون تكوين أيون Li^+ . ويبين الشكل 16-3 طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات من 1 إلى 5.

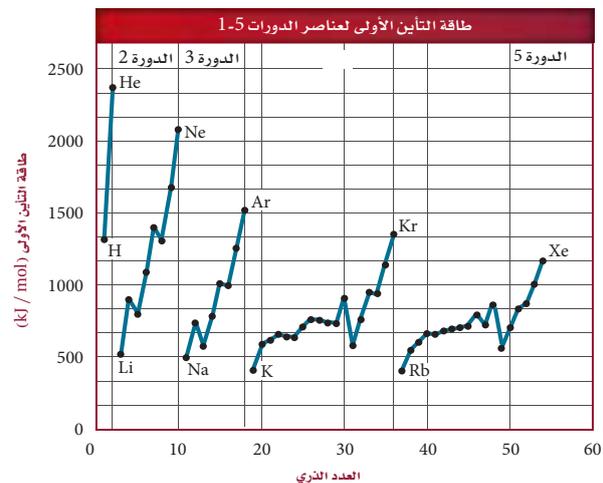
ماذا قرأت؟ عرف طاقة التأين.

فكر في طاقة التأين على أنها إشارة إلى مدى قوة تمسك نواة الذرة بالإلكترونات تكافئها. لذا تشير طاقة التأين الكبيرة إلى أن القوة التي تمسك النواة بهذه الإلكترونات كبيرة أيضاً. ولذا تميل الذرات التي قيم طاقة تأينها كبيرة إلى تكوين الأيونات السالبة. فعلى سبيل المثال، لطاقة تأين الليثيوم المنخفضة أهمية في صنع بطاريات الحاسوب؛ فسهولة خسارة الإلكترونات يساعد البطارية على إنتاج قدرة كهربائية أكبر.

الشكل 16-3 يوضح طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات 1-5 مقارنةً بالعدد الذري لها.

اختبار الرسم البياني

صف اتجاه التغير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.



طاقات التأين لعناصر الدورة 2									الجدول 3-5	
طاقة التأين (kJ/mol)									إلكترونات التكافؤ	رمز العنصر
9 th	8 th	7 th	6 th	5 th	4 th	3 rd	2 nd	1 st		
							7300	520	1	Li
						14,850	1760	900	2	Be
					25,020	3660	2430	800	3	B
				37,830	6220	4620	2350	1090	4	C
			53,270	9440	7480	4580	2860	1400	5	N
		71,330	13,330	10,980	7470	5300	3390	1310	6	O
	92,040	17,870	15,160	11,020	8410	6050	3370	1680	7	F
115,380	23,070	20,000	15,240	12,180	9370	6120	3950	2080	8	Ne

تمثل كل مجموعة من النقاط المتصلة في الرسم الموضح في الشكل 16-3 العناصر الموجودة في دورة واحدة. وتكون طاقة تأين فلزات المجموعة 1 منخفضة، لذا تميل إلى تكوين أيونات موجبة. أما طاقة تأين عناصر المجموعة 18 فهي عالية جداً، لذلك لا تكون أيونات في أغلب الأحيان؛ حيث إن التوزيع الإلكتروني المستقر لهذه العناصر يجد من نشاطها الكيميائي.

انتزاع أكثر من إلكترون قد تنتزع إلكترونات أخرى بعد انتزاع الإلكترون الأول من الذرة. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثانٍ من أيون أحادي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثانية. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثالث من أيون ثنائي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثالثة، كما هو موضح في الجدول 3-5.

تلاحظ عند الانتقال في الجدول من اليمين إلى اليسار أن طاقة التأين في تزايد دائم، ولكن ليس بشكل منتظم؛ حيث إن هناك حالات تكون فيها الزيادة في طاقة التأين كبيرة جداً. فمثلاً، طاقة التأين الثانية لليثيوم (7300 kJ/mol) أكبر كثيراً من طاقة التأين الأولى (520 kJ/mol). وهذا يعني أن ذرة الليثيوم غالباً ما تفقد إلكترونًا واحدًا، ومن غير المتوقع أن تخسر إلكترونًا ثانيًا.

ماذا قرأت؟ استنتج ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن تخسرها ذرة الكربون؟ إذا تفحصت الجدول فستلاحظ أن الزيادة الكبيرة في طاقة التأين مرتبطة مع عدد الإلكترونات التكافؤ. لعنصر الليثيوم إلكترون تكافؤ واحد، لذا تحدث مثل هذه الزيادة بعد طاقة التأين الأولى. ويشكل عنصر الليثيوم أيون Li^+ بسهولة، ولكن من الصعوبة تشكيل أيون Li^{2+} . لذا تشير الزيادة في طاقة التأين هذه إلى أن القوة التي تمسك بها الذرة إلكتروناتها الداخلية أكبر كثيراً من تلك التي تمسك بها الذرة إلكترونات التكافؤ.

تدرج طاقة التأين عبر الدورات يتبين من الشكل 16-3 والقيم في الجدول 3-5، أن طاقة التأين الأولى تزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتنتج الزيادة في شحنة نواة كل عنصر زيادة في قوة جذبها للإلكترونات التكافؤ.

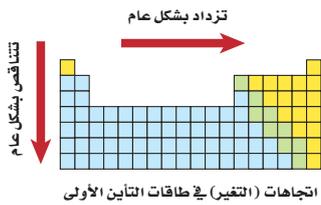
الكيمياء في واقع الحياة

طاقة التأين

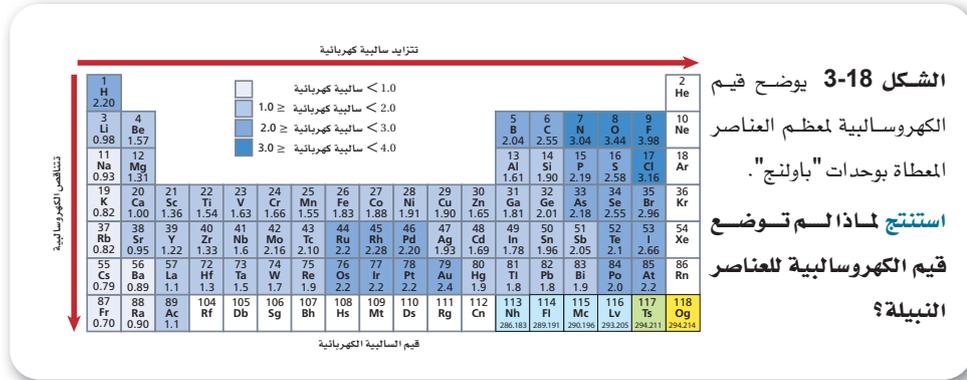


الغوص إن الزيادة في الضغط الذي يتعرض له الغواصون تحت سطح الماء يتسبب في دخول كمية أكبر من الأكسجين إلى الدم، مما يسبب الإرباك والغثيان. ولتجنب ذلك يلجأ الغواصون إلى استخدام خليط هليوكس - أكسجين مخفف بالهيليوم. إن طاقة تأين الهيليوم العالية لا تسمح بتفاعله كيميائياً مع الدم.

تدرج طاقة التأيين عبر المجموعات تقل طاقة التأيين الأولى عند الانتقال من أعلى إلى أسفل المجموعة. ويعود ذلك إلى زيادة حجم الذرة، والحاجة إلى طاقة أقل لانتزاع الإلكترون كلما ابتعد الإلكترون عن النواة، كما هو موضح في الشكل 17-3.



الشكل 17-3 تزداد طاقة التأيين عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص عند الانتقال إلى أسفل المجموعة.



الكهروسالبية (السالبية الكهربائية) Electronegativity

تعرف الكهروسالبية على أنها مدى قابلية ذرات العنصر على جذب الإلكترونات في الرابطة الكيميائية. ويبين الشكل 18-3 أن الكهروسالبية غالبًا تقل عند الانتقال إلى أسفل المجموعة، وتزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة. وتتراوح قيم الكهروسالبية للعناصر بين 0.7 و 3.98 و وحدتها بولنج؛ نسبة إلى العالم الأمريكي باولنج Pauling (1901-1994م) فالفلور F مثلاً أكثر العناصر كهروسالبية بقيمة 3.98، في حين أن السيزيوم والفرانسيوم أقل العناصر كهروسالبية بقيم 0.79 و 0.7 على الترتيب. ويكون للذرة ذات الكهروسالبية الكبرى قوة جذب أكبر للإلكترونات الرابطة. ولذا لم تُعين قيم الكهروسالبية للغازات النبيلة؛ لأنها تشكل عددًا قليلاً من المركبات.

تجربة

رتب العناصر كيف تتدرج الخواص الخطوات

3. صف التدرج في الكتلة عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعدته، وفسر موقع أي عنصر لا ينسجم مع النمط.
4. توقع أين يمكن وضع عنصر غازي جديد اسمه ph في الجدول الذي أعدته؟ وما مقدار كتلة ph؟
5. توقع خواص العنصر الذي سيحتل الفراغ الأخير في الجدول.

اللون	الحالة	الكتلة (g)	الرمز
برتقالي	صلب / سائل	52.9	Ad
أزرق باهت	صلب قابل للطرق	108.7	Ax
أحمر	غاز	69.3	Bp
أخضر باهت	صلب هش	112.0	Cx
أزرق	صلب قابل للطرق	98.7	Lq
أخضر	صلب هش	83.4	Pd
أزرق غامق	صلب قابل للطرق	68.2	Qa
أصفر	سائل	106.9	Px
أخضر	صلب هش	64.1	Tu
بنفسجي	غاز	45.0	Xn

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل بطاقة تعريف لكل عنصر من واقع المعلومات في الجدول المقابل.
3. اعمل جدولاً في هيئة مصفوفة (4 أعمدة × 3 صفوف).
4. رتب بطاقات العناصر تصاعدياً حسب كتلتها.
5. ابدأ بوضع البطاقات في الجدول مراعيًا تسلسل كتل العناصر وخصائصها، واترك مربعات فارغة عند الضرورة.

التحليل

1. اعمل جدولاً تبين فيه التنظيم في صورته النهائية.
2. صف التدرج في اللون عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعدته.

تدرج خواص العناصر في
الجدول الدوري

تجربة
عملية

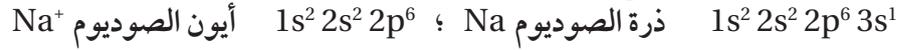
ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



المطويات

أدخل معلومات من هذا
القسم في مطوبتك.

القاعدة الثمانية عندما تخسر ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ الوحيد لديها لتنتج أيون صوديوم +1 يتغير التوزيع الإلكتروني لها على النحو الآتي:



لاحظ أن التوزيع الإلكتروني لأيون Na^+ مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وتؤدي هذه الملاحظة إلى أحد أهم المبادئ الكيميائية، وهو القاعدة الثمانية. تنص **القاعدة الثمانية** على أن الذرة تكتسب الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها، لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى طاقتها الأخير. وتعزز هذه المعرفة ما تعلمناه من قبل من أن التوزيع الإلكتروني لمستويات s و p الفرعية لنفس مستوى الطاقة الممتلئة بالإلكترونات يكون أكثر استقرارًا. كما يجب أن تلاحظ أن هذه القاعدة لا تشمل عناصر الدورة الأولى؛ لأنها تحتاج إلى إلكترونين فقط. تكمن فائدة هذه القاعدة في تحديد نوع الأيون الذي ينتجه العنصر. فالعناصر التي تقع على الجانب الأيمن من الجدول الدوري تكتسب عادة الإلكترونات لتحصل على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا السبب تنتج هذه العناصر أيونات سالبة، إلا أنه - بطريقة مشابهة - تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

التقويم 3-3 الخلاصة

- 20.** **الفكرة الرئيسية** فسر العلاقة بين التدرج في نصف قطر الذرة عبر الدورات والمجموعات في الجدول الدوري والتوزيع الإلكتروني.
- 21.** بين أيهما له أكبر قيمة لكل مما يأتي: الفلور أم البروم؟
- a. الكهروسالبية c. نصف قطر الذرة
b. نصف قطر الأيون d. طاقة التأين
- 22.** فسر لماذا يحتاج انتزاع الإلكترون الثاني من ذرة الليثيوم إلى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الرابع من ذرة الكربون؟
- 23.** احسب فرق الكهروسالبية، ونصف قطر الأيون، ونصف قطر الذرة، وطاقة التأين الأولى بين الأكسجين والبيريليوم.
- 24.** عمل الرسوم البيانية واستخدامها مثل بيانيًا أنصاف أقطار العناصر الممثلة في الدورات 2، 3، 4 مقابل أعدادها الذرية. على أن تحصل على ثلاثة منحنيات منفصلة (منحنى لكل دورة). ثم لخص نمط التغير (التدرج) في نصف قطر الذرة عبر الدورة في ضوء الرسم الذي عملته. فسر إجابتك.

- يتناقص نصف قطر الأيون أو الذرة من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، ويزداد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تزداد طاقة التأين غالبًا من اليسار إلى اليمين عبر الدورات وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تزداد الكهروسالبية غالبًا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

الكيمياء والصحة

العناصر في جسم الإنسان



الشكل 2 تغطي العضلات معظم جسم الإنسان.

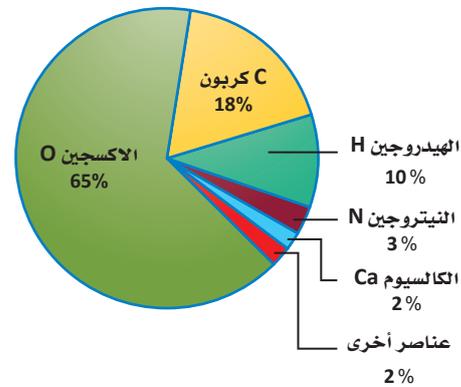
كلما أكل الإنسان أو تنفس أخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. ولهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتماداً على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح الشكل I النسبة المئوية الكتلية للعناصر في خلايا جسم الإنسان.

الأكسجين يوجد في جسم الإنسان البالغ ما يزيد على 14 بليون بليون ذرة من الأكسجين. وقد يموت الإنسان خلال دقائق معدودة، إذا لم يُزود الدم بالأكسجين.

الكربون يكون روابط قوية بين ذراته وذرات العناصر الأخرى، كما يكون سلاسل طويلة تعد الهيكل العظمي الضروري للمركبات العضوية، ومنها الكربوهيدرات، والبروتينات والدهون. كما يعتمد جزيء DNA الذي يحدد الصفات الشكلية أو المظهرية للشخص على مقدرة الكربون على الارتباط مع العديد من العناصر بسهولة.

الهيدروجين يحتوي الجسم على عدد من ذرات الهيدروجين يزيد على عدد ذرات العناصر الأخرى جميعها معاً، على الرغم من أنه يمثل 10% من كتلة الجسم؛ لأن كتلة ذرته صغيرة جداً. ولا يحتاج جسم الإنسان إلى الهيدروجين في صورة عنصر فقط، ولكن من خلال العديد من المركبات الضرورية ومنها الماء. ويعد الهيدروجين - بالإضافة إلى الأكسجين والكربون - جزءاً مهماً في تركيب الكربوهيدرات والمركبات العضوية التي يحتاج إليها الجسم للحصول على الطاقة.

نسبة كتل العناصر الموجودة في جسم الإنسان



الشكل I يتكون جسم الإنسان من الكثير من العناصر المختلفة.

النيتروجين تغطي العضلات معظم جسم الإنسان. ويوجد النيتروجين في المركبات التي تصنع البروتينات التي يحتاج إليها الجسم لبناء العضلات، هذا ما يوضحه الشكل 2.

العناصر الأخرى في الجسم الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين هي العناصر الأكثر توافراً في الجسم، ولكن هناك بعض العناصر الأخرى التي يحتاج إليها الجسم للعيش والنمو. إن مقداراً ضئيلاً من هذه العناصر - والتي تكون في مجملها 2% من كتلة الجسم - يُعد ضرورياً للجسم. فمثلاً، لا تستطيع العظام والأسنان النمو دون التزود المستمر بالكالسيوم. وعلى الرغم من أن الكبريت يكون أقل من 1% من كتلة الجسم إلا أنه عنصر ضروري ويوجد في البروتينات، كما في الأظافر على سبيل المثال. كما أن الصوديوم والبوتاسيوم ضروريان لنقل الإشارات الكهربائية في الدماغ.

الكتابة في الكيمياء هل تستطيع الحصول على

العناصر ذات المقدار الضئيل في الجسم من أكل المواد الغذائية المعلبة فقط؟ ما أهمية هذه العناصر رغم وجودها بكميات قليلة؟ ناقش هذه القضية مع زملائك في الصف.

مختبر الكيمياء

الكيمياء الوصفية (النوعية)

واعلم أن تكوّن الفقاعات يعدّ دليلاً على التفاعل بين الحمض والعنصر، ثم سجل ملاحظاتك.

ملاحظة العناصر	
التصنيف	الخواص
الفلزات	<ul style="list-style-type: none"> • قابله للطرق. • موصلة جيدة للكهرباء. • ذات لمعان. • لها لون فضي أو أبيض. • يتفاعل معظمها مع الأحماض.
اللافلزات	<ul style="list-style-type: none"> • توجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. • غير موصلة للكهرباء. • لا تتفاعل مع الأحماض. • غالباً ما تكون هشّة في الحالة الصلبة.
أشباه الفلزات	<ul style="list-style-type: none"> • تجمع بين خواص الفلزات واللافلزات.

الخلفية: يمكنك ملاحظة العديد من العناصر المثلثة، ثم تصنيفها والمقارنة بين خواصها. تسمى عملية تعرف خواص العناصر بالكيمياء الوصفية.

سؤال: كيف تتدرج خواص العناصر المثلثة؟

المواد والأدوات اللازمة

6 أنابيب اختبار	أنابيب قابلة للإغلاق
حامل أنابيب اختبار	سدادات أنابيب اختبار وأوعية
مخبر مدرج 10 mL	بلاستيكية تحوي كميات قليلة من العناصر
ملعقة صغيرة	جهاز التوصيل الكهربائي
قلم للكتابة على الزجاج	حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 M
قلم رصاص	

إجراءات السلامة



تحذير لا تفحص المواد الكيميائية بتذوقها. وحمض الهيدروكلوريك ذو التركيز 1 M ضار بالعين والملابس.

خطوات العمل

7. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص من المواد جميعها حسب تعليمات المعلم.

حلل واستنتج

1. فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.

2. فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لللافلزات.

3. فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشباه الفلزات.

4. اعمل نموذجاً ارسم مخططاً للجدول الدوري وحدد مواقع العناصر المثلثة من المجموعة 1 إلى 17. بالاعتماد على الجدول الدوري الوارد في هذا الفصل والنتائج التي حصلت عليها من التجربة، سجّل رموز العناصر التي درستها في التجربة في مخطط الجدول الدوري الذي أعددت.

5. استنتج كيف تتدرج خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. لاحظ ثم دوّن المظهر (الحالة الفيزيائية، اللون، اللعان) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.

3. خذ عينة صغيرة من كل عنصر في الوعاء البلاستيكي، وضعها على سطح صلب، واطرقها برفق. سيصبح العنصر مسطحاً إذا كان قابلاً للطرق. أما إذا كان هشاً فسوف يتكسر إلى قطع صغيرة، ثم دوّن ملاحظاتك.

4. حدد أي العناصر موصل للكهرباء باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي، ثم نظف الأقطاب بالماء، وجففها قبل فحص كل عنصر.

5. عنون كل أنبوب اختبار برمز أحد العناصر في الأوعية البلاستيكية، ثم أضف 5 mL من الماء إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبر المدرج.

6. أضف كمية صغيرة من كل عنصر إلى أنبوب الاختبار الخاص به. ثم أضف 5 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl إلى كل أنبوب اختبار، وراقب كل أنبوب مدة دقيقة،

الفكرة (النامة) يتيح لنا التدرج في خواص العناصر التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

1-3 تطور الجدول الدوري الحديث

المفاهيم الرئيسية

- رُتبت العناصر في البداية تصاعدياً حسب الكتل الذرية، مما نتج عنه بعض التناقض، ثم رُتبت لاحقاً وفق الأعداد الذرية تصاعدياً.
- يعني التدرج في خواص العناصر أن صفاتها الكيميائية والفيزيائية تتكرر عند ترتيبها تصاعدياً حسب أعدادها الذرية.
- يرتب الجدول الدوري العناصر في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتكون العناصر ذات الخواص المتشابهة في المجموعة نفسها.
- تُصنف العناصر إلى فلزات ولا فلزات وأشبه فلزات.

اسم العنصر	أكسجين
الحالة	
العدد الذري	8
الرمز	O
الكتلة الذرية المتوسطة	15.999

الفكرة الرئيسية لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجياً مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

المفردات

- التدرج في خواص العناصر
- الفلزات الانتقالية
- المجموعات الداخلية
- الدورات
- العناصر الممثلة
- العناصر الانتقالية
- الفلزات الهالوجينات
- الفلزات القلوية
- الفلزات القلوية
- الأرضية
- الفلزات الانتقالية
- سلسلة اللانثانيدات
- سلسلة الأكتينيدات
- اللافلزات
- الغازات النبيلة
- أشباه الفلزات

2-3 تصنيف العناصر

المفاهيم الرئيسية

- يحتوي الجدول الدوري على أربع فئات هي f, d, p, s.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- عناصر المجموعتين 1 و2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
- يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

3-3 تدرج خواص العناصر

المفاهيم الرئيسية

- تتناقص قيم نصف قطر الذرة والأيون من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزيد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تزايد طاقة التأين غالباً من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات، أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على مجموعة من ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- غالباً ما تزايد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.

الفكرة الرئيسية يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات أو اكتسابها.

المفردات

- الأيون
- طاقة التأين
- الكهروسالبية
- القاعدة الثمانية

3-1

إتقان المفاهيم

Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49
Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)

الشكل 19-3

34. وضح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف الشكل 19-3.

35. ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية؟

- فلز يستخدم في مقياس الحرارة.
- غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، وهو غاز نبيل له أكبر كتلة ذرية مقارنةً بعناصر مجموعته.
- يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، وهو فلز له أقل كتلة ذرية في المجموعة 14.
- عنصر انتقالي يستخدم في صناعة الحزائن، ويقع في المجموعة 12 في الجدول الدوري.

36. إذا اكتشف عنصر جديد من الهالوجينات وآخر من الغازات النبيلة فما العدد الذري لكل منهما؟

إتقان حل المسائل

37. لو رتبنا العناصر وفق كتلتها الذرية فأبي العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفاً عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

38. عنصر ثقيل جديد لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتونًا، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليها؟ وهل يكون فلزًا أو لا فلزًا أو شبه فلز؟

25. ما النقص في الجدول الدوري مندليف؟

26. وضح كيف ساهمت قاعدة الثمانية لنيولاندز في تطور الجدول الدوري؟

27. أعد كل من لوثر ماير وديمتري مندليف جداول دورية متشابهة في عام 1869م. فلماذا حظي مندليف بسمعة أكبر بالجدول الدوري الذي أعده؟

28. ما المقصود بتدرج خواص العناصر؟

29. صف الخواص العامة للفلزات.

30. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟

31. صنّف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات.

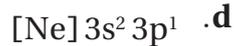
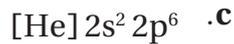
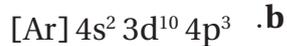
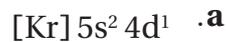
- الأكسجين O
- الباريوم Ba
- الجرمانيوم Ge
- الحديد Fe

32. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

- العناصر القلوية
 - الهالوجينات
 - العناصر القلوية الأرضية
 - الغازات النبيلة
- المجموعة 18
 - المجموعة 1
 - المجموعة 2
 - المجموعة 17
 - المجموعة 15

33. ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وحدد عليه مواقع كل من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية والغازات النبيلة والهالوجينات، باستخدام الملصقات.

47. حدّد كلاً من المجموعة، والدورة والفئة لكل عنصر مما يأتي:



48. عنصران في المجموعة نفسها، فهل يكون نصف قطر ذرة العنصر الذي له عدد ذري أكبر، أصغر أم أكبر من نصف قطر ذرة العنصر الآخر؟

49. يوضّح الجدول 3-6 عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسّر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 3-6 عدد العناصر في الدورات من 1 إلى 5					
الدورة	1	2	3	4	5
عدد العناصر	2	8	8	18	18

50. النقود تسمى إحدى مجموعات العناصر الانتقالية بمجموعة النقود؛ لأن معظم قطع النقود المعدنية تصنع من عناصر هذه المجموعة. ما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تنتمي إليها؟ وهل ما زالت مستخدمة في صناعة النقود حتى الآن؟

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ جميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

52. أضواء الإشارة الخضراء. يُكسب فلز الباريوم الإشارة الخضراء اللون الأخضر. اكتب التوزيع الإلكتروني للباريوم وصف موقعه من حيث المجموعة والدورة والفئة في الجدول الدوري.

53. الساعات تستخدم المغناطيس المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة الساعات؛ لأنها قوية وخفيفة. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر، وأين يقع في الجدول الدوري؟

54. علب الصودا التوزيع الإلكتروني للفلز المستخدم في صناعة علب الصودا هو $[Ne] 3s^2 3p^1$. ما اسم هذا الفلز؟ حدّد رقم مجموعته. ودورته، وفئته في الجدول الدوري.

39. ما الرمز الكيميائي للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي؟

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

b. عنصر في المجموعة 13 والدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفاز.

c. عنصر يستخدم فتيلاً في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

3-2

إتقان المفاهيم

40. المنتجات المنزلية ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يستخدم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسّر إجابتك.

41. ما علاقة رقم مستوى طاقة إلكترون التكافؤ برقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

42. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر من الغازات النبيلة؟

43. ما الفئات الأربع الرئيسة في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً؟

45. فسّر كيف يمكن أن يحدد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري؟

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي:

a. عنصر في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءًا من مركبات مساحيق التجميل.

b. هالوجين في الدورة 3، يدخل في تركيب منظفات الملابس، ويستخدم في صناعة الورق.

c. فلز انتقالي سائل عند درجة حرارة الغرفة، ويستخدم أحياناً في مقياس درجة الحرارة.

55. املاً الفراغ في الجدول 3-7.

الجدول 3-7 التوزيع الإلكتروني			
الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	[Ne]3s ²
4	14	Ge	
	12	Cd	Kr]5s ² 4d ¹⁰
2	1		[He]2s ¹

3-3

إتقان المفاهيم

56. ما المقصود بطاقة التأين؟

57. يشكل عنصر ما أيوناً سالباً عند التأين. فأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.

58. أيّ العناصر الآتية: الماغنسيوم أم الكالسيوم أم الباريوم، نصف قطر أيونه أكبر؟ وأيها نصف قطر أيونه أصغر؟ وما نمط التغير الذي يفسر ذلك؟

59. فسر لماذا تزداد طاقة تأين العناصر المتتالية في الجدول الدوري عبر الدورة؟

60. كيف يمكن مقارنة نصف قطر أيون اللافلز بنصف قطر الذرة؟ فسر ذلك.

61. فسر لماذا يقل نصف قطر الذرة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟

62. حدّد أي العنصرين له أكبر طاقة تأين في كل من الأزواج الآتية؟

a. Li و N . b. Ne و Kr . c. Li و Cs

63. ما المقصود بالقاعدة الثمانية؟ ولماذا لا يتبع غازا الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟

64. استخدم الشكل 3-20 للإجابة عن الأسئلة الآتية، فسر إجابتك.



الشكل 3-20

a. إذا كانت A تمثل أيوناً، و B تمثل ذرة للعنصر نفسه.

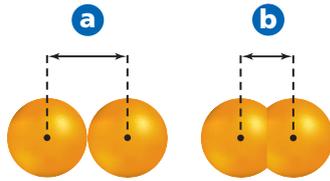
فهل يكون الأيون موجباً أم سالباً؟

b. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري ذرتي عنصرين في

الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟

c. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري أيونين لعنصرين

في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟



الشكل 3-21

65. يمثل الشكل 3-21 طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون.

صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منهما؟

66. الكلور التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو $[Ne] 3s^2 3p^5$

وعندما يكتسب إلكترونًا يصبح توزيعه الإلكتروني $[Ne] 3s^2 3p^6$ ، وهو التوزيع الإلكتروني للأرجون. فهل

تغيرت ذرة الكلور إلى ذرة أرجون؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

67. تصنع بعض العبوات من مادة اللكسان Lexan، وهي مادة بلاستيكية يدخل في تركيبها مركب مكوّن من الكلور والكربون والأكسجين. رتب هذه العناصر تنازلياً حسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

68. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معاً. اعمل جدولاً يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كل من ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثم اشرح أي الذرات تصبح أكبر، وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

76. فسر لماذا تمتد الفئة s من الجدول الدوري على هيئة مجموعتين، والفئة p على هيئة 6 مجموعات، والفئة d على هيئة 10 مجموعات؟

77. لماذا تختلف معظم قيم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية؟

78. رتب العناصر - الأكسجين والكبريت والتيلوريوم والسليسيوم - تصاعدياً حسب نصف قطر الذرة. وهل يعد ترتيبك مثلاً على تدرج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟

79. الحليب يعدّ العنصر ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar] 4s^2$ من أهم الفلزات الموجودة في الحليب. حدد مجموعة ودورة وفئة هذا العنصر في الجدول الدوري.

80. لماذا لا توجد عناصر من الفئة p في الدورة الأولى؟

81. المجوهرات ما الفلزان الانتقاليان المستخدمان في صناعة المجوهرات، واللذان يقعان في المجموعة 11، ولهما أقل كتلة ذرية؟

82. أيهما له طاقة تأين أكبر: البلاتين المستخدم في عمل تاج الضروس، أم الكوبلت الذي يُكسب الفخار ضوءه الأزرق الساطع؟

التفكير الناقد

83. طبق يكوّن الصوديوم Na أيوناً موجباً $+1$ ؛ في حين يكوّن الفلور F أيوناً سالباً -1 . اكتب التوزيع الإلكتروني لكل أيون منهما. وفسّر لماذا لا يشكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

84. اعمل رسماً بيانياً واستخدمه استعن بالبيانات الواردة في الجدول 3-8. ومثّل بيانياً الكثافة مقابل العدد الذري، واذكر أي نمط تغير يمكن أن تلاحظه.

69. المُحلّي الصناعي يحتوي بعض المشروبات الغازية التي تجنّب زيادة الوزن على المحلي الصناعي أسبارتيم، وهو مركب يحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين وذرات أخرى. اعمل جدولاً يوضح أنصاف أقطار الذرات والأيونات للكربون والنيتروجين والأكسجين. افترض حالة التأين الموضحة في الشكل 3-14 واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

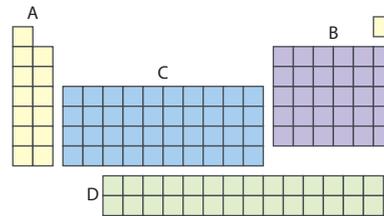
مراجعة عامة

70. عرّف الأيون.

71. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟

72. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءاً من مركب يستعمل لإزالة عسر الماء؟

73. أيهما أكثر كهروسالبية: عنصر السيزيوم في المجموعة 1 المستخدم في مصابيح الأشعة تحت الحمراء، أم البروم وهو الهالوجين المستخدم في مركبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟



الشكل 22-3

74. يوضح الشكل 22-3 فئات الجدول الدوري. سمّ كل فئة من الجدول الدوري، وشرح الخواص المشتركة بين عناصر كل فئة.

75. أي عنصر في الأزواج الآتية له كهروسالبية أعلى:

a. As أو K

b. Sb أو N

c. Be أو Sr

87. تعرّف أحد العناصر المثلثة في الدورة 3 جزء من المواد الخشنة التي تستعمل على سطوح علب الثقاب. والجدول 3-9 يوضح طاقات التأين لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول لاستنتاج نوع العنصر.

الجدول 3-9 طاقات التأين بوحدة kJ/mol						
العدد	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
طاقة التأين	1010	1905	2910	4957	6265	21238

مسألة تحفيز

88. يعبر عن طاقات التأين بوحدة (kJ/mol)، إلا أنه يعبر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجدول (J). استخدم القيم في الجدول 3-5 لحساب الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الأول بوحدة الجول من ذرة كل من B، و Be، و Li، و C، ثم استخدم العلاقة $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ لتحويل القيم إلى الإلكترون فولت.

مراجعة تراكمية

89. عرّف المادة، وحدّد ما إذا كان كل مما يأتي مادة أم لا.

- a. موجات الميكروويف d. السرعة
- b. الهيليوم داخل بالون e. ذرة من الغبار
- c. حرارة الشمس f. اللون الأزرق

90. حوّل كلّاً من وحدات القياس الآتية إلى ما هو مبين:

- a. 1.1 cm إلى m
- b. 76.2 pm إلى mm
- c. 11 mg إلى kg
- d. 7.23 mg إلى kg

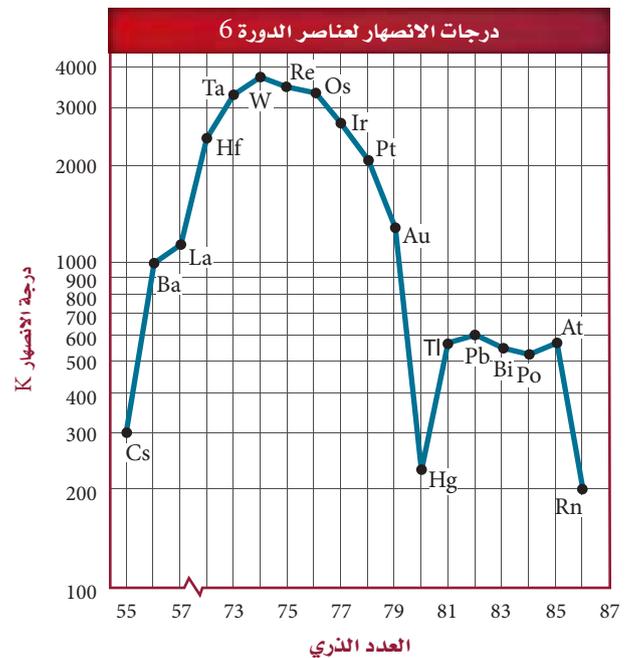
91. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني $[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$ وهو في حالة الاستقرار؟

الجدول 3-8 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm^3)
النتروجين	7	1.25×10^{-3}
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
الأنثيمون	51	6.70
البيزموت	83	9.78

85. فسّر البيانات رسمت درجات انصهار عناصر الدورة 6 مقابل العدد الذري كما في الشكل 3-23. حدّد نمط التغير في درجات الانصهار والتوزيع الإلكتروني للعناصر. ثم ضع فرضية لتفسير هذا النمط.



الشكل 3-23

86. التعميم يعبر الرمز ns^1 عن التوزيع الإلكتروني للمستوى الخارجي لعناصر المجموعة الأولى، حيث n هو رقم دورة العنصر ومستوى طاقته الرئيس. اكتب رمزاً مشابهاً لكل مجموعات العناصر المثلثة.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبرنر، واكتب تقريراً حولها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟
94. الميل الإلكتروني خاصية دورية أخرى. اكتب تقريراً عن الميل الإلكتروني، وصف تدرجه عبر المجموعة وعبر الدورة.

أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي مندليف جديراً بالملاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه، لذلك فهو يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول مندليف الموضح في الجدول 3-10 والجدول الدوري الحديث الموضح في الشكل 5-3.

التسلسل	الجدول 3-10 مجموعات العناصر								
	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	—	—

95. وضع مندليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يعد وضع هذه العناصر في نهاية الجدول - كما في الجدول الدوري الحديث - (المجموعة 18) منطقياً أكثر؟
96. أي أجزاء جدول مندليف يعد أكثر تشابهاً مع موقعه الحالي، وأيها كان أبعد عن موقعه الحالي في الجدول الحديث؟ ولماذا؟
97. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. عناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوري لها نفس:

- a. عدد إلكترونات التكافؤ.
- b. الخواص الفيزيائية.
- c. عدد الإلكترونات.
- d. التوزيع الإلكتروني.

2. أيّ العبارات الآتية غير صحيحة؟

- a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنسيوم Mg.
- b. قيمة الكهروسالبية للكربون C أكبر من قيمة الكهروسالبية للبرون B.
- c. نصف قطر الأيون Br^- أكبر من نصف قطر ذرة Br.
- d. طاقة التأين الأولى لعنصر K أكبر من طاقة التأين الأولى لعنصر Rb.

3. التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر هو $[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^4$. ما المجموعة والدورة والفئة التي يقع ضمنها هذا العنصر في الجدول الدوري؟

- a. مجموعة 14، دورة 4، فئة d
- b. مجموعة 16، دورة 3، فئة p
- c. مجموعة 14، دورة 4، فئة p
- d. مجموعة 16، دورة 4، فئة p

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و 5:

خواص العناصر		
العنصر	الفئة	الخواص
X	s	صلب، يتفاعل بسرعة مع الأكسجين
Y	p	غاز عند درجة حرارة الغرفة، يكون الأملاح
Z	—	غاز نبيل

4. أيّ مجموعة في الجدول الدوري يقع فيها العنصر X؟

- a. 1
- b. 17
- c. 18
- d. 4

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

- a. s
- b. p
- c. d
- d. f

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7:

الجدول الدوري

1	2																		18	
Y	Z																			W
Y	Y																			W
Y	Y	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z									W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z									W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z									W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z									W

x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

6. أيّ العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

- a. W
- b. X
- c. Y
- d. Z

7. أيّ مستويات الطاقة الثانوية الآتية توجد فيها إلكترونات العنصر المصنفة (W)؟

- a. s
- b. p
- c. d
- d. f

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

- a. الفئة d
- b. المجموعات 13 إلى 17
- c. الفئة f
- d. المجموعتين 1 و 2

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللافلزات فقط؟

- a. 1
- b. 13
- c. 15
- d. 18

10. يمكن توقع أن العنصر 118 له خواص تشبه:

- a. الفلزات القلوية الأرضية
- b. الهالوجين
- c. أشباه الفلزات
- d. الغاز النبيل

أسئلة الإجابات القصيرة

ادرس التوزيع الإلكتروني الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



- 11. في أي دورة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟
- 12. في أي مجموعة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟
- 13. ما اسم هذا العنصر؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 14 و15.

طاقات التأين لعناصر مختارة من الدورة 2 بوحدة kJ/mol				
C	B	Be	Li	العنصر
4	3	2	1	إلكترونات التكافؤ
1090	800	900	520	طاقة التأين الأولى
2350	2430	1760	7300	طاقة التأين الثانية
4620	3660	14,850		طاقة التأين الثالثة
6220	25,020			طاقة التأين الرابعة
37,830				طاقة التأين الخامسة

- 14. بين العلاقة التي تربط بين التغير الكبير جداً في طاقة التأين وعدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة.
- 15. توقع أي طاقات التأين سوف تُظهر أكبر تغير لعنصر الماغنسيوم؟ فسر إجابتك.

المركبات الأيونية و الفلزات

Ionic compounds and Metals

4

الفصل

الفكرة العامة ترتبط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

1-4 تكون الأيون

الفكرة الرئيسية تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثاني الأكثر استقراراً.

2-4 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسية تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوّن مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

3-4 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

الفكرة الرئيسية عند تسمية المركبات الأيونية يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

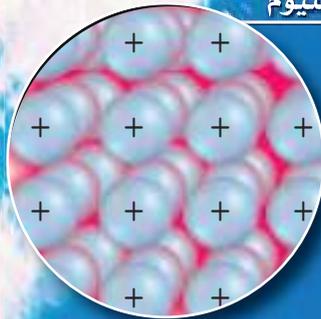
4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسية تُكوّن الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "بحر" من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

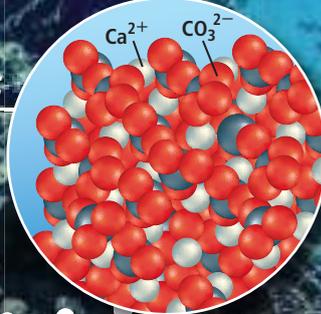
حقائق كيميائية

- يغوص الغواصون عادة على عمق 40 m، أما أكبر عمق وصل إليه غواص محترف فقد زاد على 300 m قليلاً.
- يحمل الغواصون الأكسجين والنتروجين في أسطوانات معدة لهذه الغاية، لذا عليهم اتباع إجراءات خاصة لتجنب التسمم بالأكسجين، والتخدير النتروجيني.

فلز الألومنيوم



كربونات الكالسيوم (CaCO3)



نشاطات تمهيدية

المركبات الأيونية تعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات الخاصة بالمركبات الأيونية.

المطويات

منظمات الأفكار

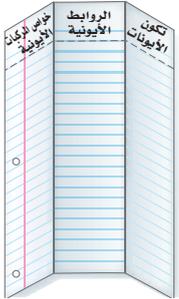


خطوة 1 اطو الورقة طويلاً لتعمل ثلاثة أقسام متساوية.

خطوة 2 اطو الجزء العلوي من الورقة نحو الأسفل بمقدار 2 cm تقريباً.



خطوة 3 ارسم خطوطاً على طول الثنيات، ثم عنون الأعمدة على النحو الآتي: تكوين الأيونات، الروابط الأيونية، خواص المركبات الأيونية.



المطويات استخدم هذه المطوية في القسمين 1-4 و 2-4. وبعد قراءتها دوّن المعلومات الخاصة بالمركبات الأيونية في الأعمدة المناسبة لذلك في المطوية.

تجربة استهلاكية

ما أنواع المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي؟

لكي توصل المادة التيار الكهربائي يجب أن تحتوي على جسيمات مشحونة قادرة على الحركة بسهولة. ويعد التوصيل الكهربائي من خواص المواد التي تزودنا ببعض المعلومات عن الروابط بين الذرات.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. املاً إحدى فجوات طبق التفاعلات البلاستيكي بملح الطعام الصلب NaCl.
4. استخدم الماصة لنقل 1mL من محلول ملح الطعام NaCl المعد باستخدام ماء الصنبور إلى فجوة أخرى في الطبق نفسه.
5. اغمس أقطاب جهاز التوصيل الكهربائي داخل ملح الطعام الصلب، فإذا توهج المصباح الكهربائي فإن ذلك يعني أن ملح الطعام الصلب موصل للكهرباء. كرر الخطوة نفسها مع محلول ملح الطعام.
6. كرر الخطوات 3-5 مستخدماً السكر $C_{12}H_{22}O_{11}$ بدلاً من ملح الطعام.
7. أعد الخطوات 3-5 مستخدماً الماء المقطر بدلاً من ماء الصنبور.

التحليل

1. اعمل جدولاً ودوّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
 2. فسر النتائج التي حصلت عليها.
- استقصاء** صمّم نموذجاً يوضح الاختلاف بين المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركبات التي لا توصل محاليلها التيار الكهربائي.



4-1

الأهداف

- تعرف الرابطة الكيميائية.
- تصف تكوين الأيونات الموجبة والسالبة.
- تربط بين تكوّن الأيون وتوزيعه الإلكتروني.

مراجعة المفردات

القاعدة الثمانية: تميل الذرات إلى اكتساب الإلكترونات أو فقدانها أو مشاركتها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

المفردات الجديدة

الرابطة الكيميائية
الكاتيون
الأنيون

تكون الأيون Ion Formation

الفكرة الرئيسية تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات

التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

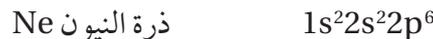
الربط مع الحياة تخيل أنك ذاهب ومجموعة من الأصدقاء لتلعبوا كرة القدم، فوجدتم هناك مجموعة أخرى أكثر عددًا يريدون اللعب أيضًا، فاتفقتم على تشكيل فريقين متساويين مما يؤدي إلى أن تفقد إحدى المجموعتين بعض لاعبيها لينضموا إلى المجموعة الأخرى. وهكذا بطريقة مشابهة يكون سلوك الذرات أحياناً عند تكوين المركبات.

الرابطة الكيميائية Chemical bond

تحتوي الذرة كما تعلم على إلكترونات سالبة الشحنة تحيط بنواة تتضمن بروتونات موجبة الشحنة، بالإضافة إلى النيوترونات المتعادلة الشحنة. وتكون الذرة متعادلة الشحنة لأن عدد الإلكترونات السالبة فيها مساوٍ لعدد البروتونات الموجبة. وتميل جميع الذرات إلى الوصول لحالة من الاستقرار بحيث تكون طاقتها أقل ما يمكن، وذلك بامتلاك مستوى طاقة أخير ممتلئ بالإلكترونات. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال **الرابطة الكيميائية**؛ وهي عبارة عن قوة تجاذب تنشأ بين ذرتين أو أكثر من خلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسابها أو المساهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

تكوين الأيون الموجب Positive Ion Formation

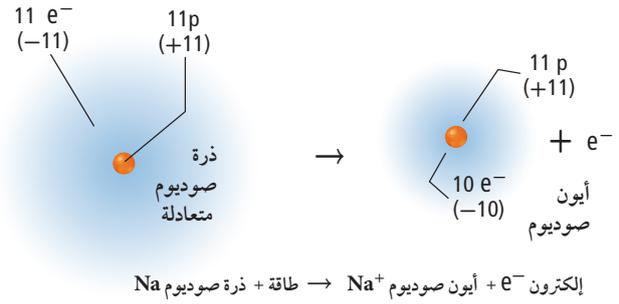
يتكون الأيون الموجب عندما تفقد الذرة إلكترون تكافؤ واحدًا أو أكثر لتحصل على التوزيع الإلكتروني المشابه للتوزيع الإلكتروني لأقرب غاز نبيل. ويُسمى الأيون الموجب **الكاتيون**. ولفهم تكوين الأيون الموجب قارن بين التوزيع الإلكتروني لغاز النيون النبيل (العدد الذري يساوي 10) والتوزيع الإلكتروني لفلز الصوديوم القلوي (العدد الذري يساوي 11).



لذرة الصوديوم إلكترون تكافؤ واحد في المستوى 3s، ولذا فهي تختلف عن ذرة غاز النيون النبيل بهذا الإلكترون الإضافي. وعندما تفقد ذرة الصوديوم هذا الإلكترون، تحصل على توزيع إلكتروني مستقر مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون. ويوضح الشكل 4-1 كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.

الشكل 1-4 يتكون الأيون الموجب عند فقد الذرة المتعادلة واحدًا أو أكثر من إلكترونات التكافؤ. تحتوي الذرة المتعادلة كهربائيًا على أعداد متساوية من البروتونات والإلكترونات، في حين يحتوي الأيون الموجب على عدد من البروتونات أكبر من عدد الإلكترونات.

حلل هل يحتاج انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة إلى امتصاص الطاقة أم انبعاثها؟



المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

ومن الضروري معرفة أنه رغم حصول ذرة الصوديوم على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون إلا أنها لم تتحول إلى ذرة نيون، بل تحولت إلى أيون صوديوم أحادي الشحنة الموجبة، وأن عدد البروتونات (11) الذي يميز ذرة الصوديوم ما زال ثابتًا داخل النواة لم يتغير.

ماذا قرأت؟ ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لذرة مستقرة؟

أيونات الفلزات إن ذرات الفلزات نشيطة كيميائيًا؛ لأنها تفقد إلكترونات تكافؤها بسهولة. وفلزات المجموعتين الأولى والثانية أكثر الفلزات نشاطًا في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، تُكوّن فلزات البوتاسيوم والماغنسيوم الموجودة في المجموعتين 1 و 2 على الترتيب، الأيونات K^+ و Mg^{2+} ، كما تُكوّن بعض ذرات عناصر المجموعة 13 أيونات موجبة أيضًا. ويلخص الجدول 1-4 الأيونات التي تُكوّنها ذرات فلزات المجموعات 1 و 2 و 13.

الجدول 1-4	أيونات المجموعات 1 و 2 و 13	المجموعة
1	ns^1 [غاز نبيل]	شحنة الأيون المتكون (+ 1) عند فقد إلكترون s^1
2	ns^2 [غاز نبيل]	(+ 2) عند فقد إلكترون s^2
13	ns^2np^1 [غاز نبيل]	(+ 3) عند فقد إلكترونات s^2p^1

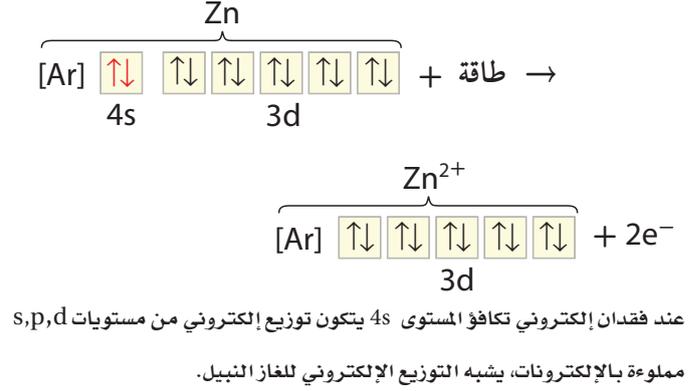
أيونات الفلزات الانتقالية

تذكر أن مستوى الطاقة الخارجي للفلزات الانتقالية هو ns^2 . وعند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تقوم ذرة كل عنصر بإضافة إلكترون إلى المستوى الثانوي d . وعادة ما تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونين من إلكترونات التكافؤ، لتكوّن أيونات موجبة ثنائية الشحنة $+2$. وقد تفقد أيضًا إلكترونات من المستوى d . لذا تُكوّن الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثية الشحنة $+3$ أو أكثر حسب عدد إلكترونات المستوى d ، ولكن من الصعب التنبؤ بعدد الإلكترونات التي يمكن فقدانها. فعلى سبيل المثال، يُكوّن الحديد أيونات Fe^{2+} وأيونات Fe^{3+} . ولكن يمكننا القول إن من المؤكد أنّ هذه الفلزات تُكوّن أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثية الشحنة.

على الرغم من أن توزيع الإلكترونات الثماني هو التوزيع الإلكتروني للذرة المستقرة، إلا أنه يوجد توزيعات أخرى للإلكترونات تزودها ببعض الاستقرار.

الشكل 2-4 عندما يتفاعل

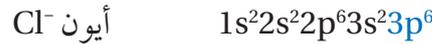
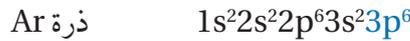
الخاصين مع اليود فإن حرارة التفاعل تجعل اليود الصلب يتسامى إلى بخار بنفسجي اللون. ويتكون أسفل الأنبوب ZnI_2 الذي يحتوي على أيون Zn^{2+} الذي توزيعه الإلكتروني شبيهه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.



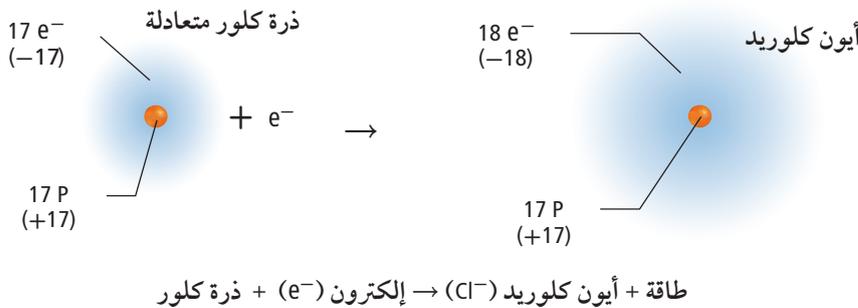
فعلى سبيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14-11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجياً ذا مستويات ثانوية (هي s, p, d) مملوءة بالإلكترونات. ويبين الشكل 2-4 التوزيع الإلكتروني لذرة الخارصين: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. وعندما تكوّن ذرة الخارصين الأيون الثنائي الموجب تفقد إلكترونين من المستوى 4s وينتج التوزيع الإلكتروني المستقر: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$. ويُشار إلى هذا التوزيع الإلكتروني المستقر نسبياً بالتوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل.

تكوين الأيون السالب Negative Ion Formation

تميل عناصر اللافلزات الموجودة يمين الجدول الدوري إلى اكتساب إلكترونات بسهولة لتحصل على توزيع إلكتروني خارجي مستقر، كما في الشكل 3-4. وللحصول على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل تكتسب ذرة الكلور إلكترونات لتكون أيوناً شحنته -1، ويصبح التوزيع الإلكتروني لأيون الكلوريد بعد اكتساب الإلكترون مثل التوزيع الإلكتروني للأرجون:



ويسمى الأيون السالب بالأيون. ولتسمية الأيونات السالبة يضاف المقطع (يد) إلى نهاية اسم العنصر، فتصبح ذرة الكلور أيون كلوريد. فما اسم أيون النيتروجين؟



الشكل 3-4 في أثناء تكوّن أيون الكلوريد السالب تكتسب ذرة الكلور المتعادلة إلكترونات، وينتج عن هذه العملية انبعاث 349 kJ/mol من الطاقة. **قارن** كيف تختلف الطاقة المصاحبة لتكوين أيون موجب، عن الطاقة المصاحبة لتكوين أيون سالب؟

أيونات اللافلزات تكتسب بعض اللافلزات عددًا من الإلكترونات، وعندما تُضاف إلى إلكترونات تكافئها تصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرارًا. فعلى سبيل المثال، لذرة الفوسفور خمسة إلكترونات تكافؤ، وحتى تحصل على التوزيع الإلكتروني الثماني المستقر تكتسب ثلاثة إلكترونات، وتكوّن أيون الفوسفيد الذي شحنته 3- . وبالمثل ذرة الأكسجين التي لها ستة إلكترونات تكافؤ تكتسب إلكترونين وتكوّن أيون الأكسيد الذي شحنته 2- .

وقد تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعدادًا من الإلكترونات للوصول إلى حالة التركيب الثماني المستقر. فمثلًا، بالإضافة إلى مقدرة ذرة الفوسفور على اكتساب ثلاثة إلكترونات فإنها تستطيع أن تخسر خمسة إلكترونات، وفي الغالب تكتسب ذرات عناصر المجموعة 15 ثلاثة إلكترونات، وتكتسب ذرات عناصر المجموعة 16 إلكترونين، وتكتسب ذرات عناصر المجموعة 17 إلكترونًا واحدًا للوصول إلى حالة الثمانية وبين الجدول 2-4 أيونات المجموعات 15 و16 و17.

أيونات المجموعات من 15 إلى 17		الجدول 2-4
شحنة الأيون المتكون	التوزيع الإلكتروني	المجموعة
(-3) عند اكتساب ثلاثة إلكترونات	$ns^2 np^3$ [غاز نبيل]	15
(-2) عند اكتساب إلكترونين	$ns^2 np^4$ [غاز نبيل]	16
(-1) عند اكتساب إلكترون واحد	$ns^2 np^5$ [غاز نبيل]	17

التقويم 4-1

الخلاصة

- 1. الفكرة الرئيسية: قارن بين استقرار ذرة الليثيوم وأيون الليثيوم Li^+ .
 - 2. صف سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.
 - 3. طبق لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًا، في حين تُعد عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟
 - 4. طبق اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات الآتية، ثم توقع التغير الذي ينبغي حدوثه لتصل كل ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.
 - 5. نموذج ارسم نموذجين يمثلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.
- تكوّن بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوءًا بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
 - تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
 - يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتًا عند تكوين الأيون.



4-2

الأهداف

- تصف تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- تربط بين الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- توضيح العلاقة بين تكون المركب الأيوني والطاقة.

مراجعة المفردات

المركب: اتحاد كيميائي بين عنصرين مختلفين أو أكثر.

المفردات الجديدة

الرابطة الأيونية
المركبات الأيونية
الشبكة البلورية
الإلكتروليت
طاقة الشبكة البلورية

الروابط الأيونية والمركبات الأيونية Ionic Bonds and Ionic Compounds

الفكرة الرئيسية تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوّن مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

الربط مع الحياة هل حاولت يوماً فصل كيس التغليف البلاستيكي بعضه عن بعض؟ تعود صعوبة فصل هذه المواد إلى تجاذب بعضها إلى بعض بسبب وجود أسطح مختلفة الشحنة.

تكوين الروابط الأيونية Formation of Ionic Bonds

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهرين في الشكل 4-4؟ تتفاعل العناصر معاً في كلتا الحالتين لتكوين مركب كيميائي. ويبين الشكل 4-4a التفاعل بين عنصري الصوديوم والكلور، وينتقل في أثناء هذا التفاعل إلكترون تكافؤ من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور، فتصبح ذرة الصوديوم أيوناً موجباً. وتستقبل ذرة الكلور هذا الإلكترون في مستوى الطاقة الخارجي لتصبح ذرة الكلور أيوناً سالباً. ويبين الشكل 4-4b التفاعل بين عنصري الماغنسيوم والأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم MgO.

وعندما تتجاذب الشحنات المختلفة بين أيوني الصوديوم والكلوريد يتكون مركب كلوريد الصوديوم. وتسمى القوة الكهروستاتيكية التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات الأيونية **الرابطة الأيونية**. كما تسمى المركبات التي تحتوي على روابط أيونية **المركبات الأيونية**.

المركبات الأيونية الثنائية تحتوي الآلاف من المركبات على روابط أيونية تسمى المركبات الأيونية، وهي مركبات ثنائية، أي أنها تتكون من عنصرين مختلفين. وتحتوي هذه المركبات الأيونية الثنائية على أيون فلزي موجب وأيوني لافلزي سالب؛ فكلوريد الصوديوم مثلاً مركب أيوني ثنائي؛ لأنه يتكون من أيونين مختلفين هما أيونا الصوديوم والكلور، وأكسيد الماغنسيوم MgO الناتج عن التفاعل الظاهر في الشكل 4-4b، مركب أيوني ثنائي أيضاً.

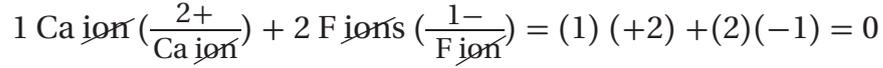


الشكل 4-4 يُنتج كل من هذين التفاعلين الكيميائيين طاقة كبيرة في أثناء تكوين المركبات الأيونية

a. ينتج عن التفاعل بين عنصر الصوديوم وغاز الكلور بلورات صلبة بيضاء اللون.

b. ينتج عن اشتعال شريط فلز الماغنسيوم في الهواء مركب أيوني يسمى أكسيد الماغنسيوم.

الشحنات وتكوين المركبات الأيونية ما الدور الذي تقوم به شحنة الأيون في تكوين المركبات الأيونية؟ للإجابة عن هذا السؤال تفحص طريقة تكوين مركب فلوريد الكالسيوم. إن التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم هو $[Ar] 4s^2$ ، لذا فإنها تحتاج أن تفقد إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون. أما التوزيع الإلكتروني لذرة الفلور فهو $[He] 2s^2 2p^5$ ، ويجب أن تكتسب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة النيون. ولأن عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يجب أن يكون متساويًا فإننا نحتاج إلى ذرتين من الفلور لتكسبا الإلكترونين اللذين فقدتهما ذرة الكالسيوم. وبذلك تكون الشحنة النهائية في مركب فلوريد الكالسيوم CaF_2 صفرًا.



وبلخص الجدول 3-4 طرائق عدة تمثل تكوين المركبات الأيونية، ومنها كلوريد الصوديوم.

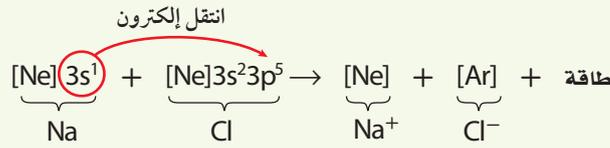
الجدول 3-4

تكوين كلوريد الصوديوم

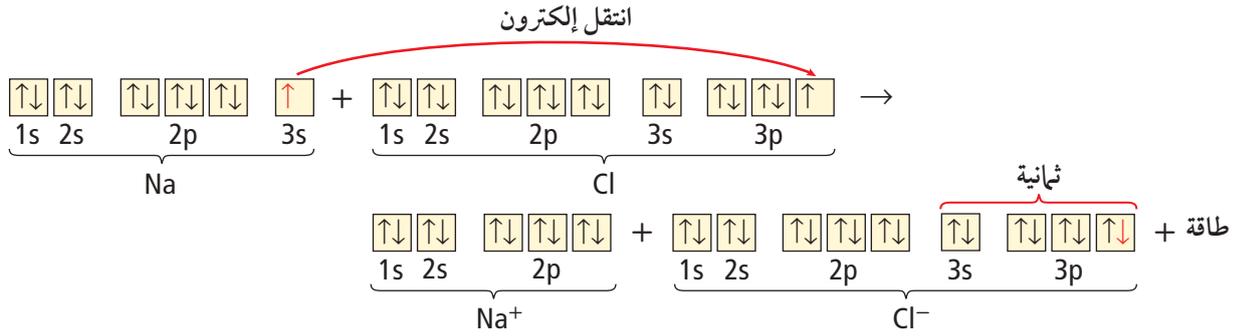
المعادلة الكيميائية



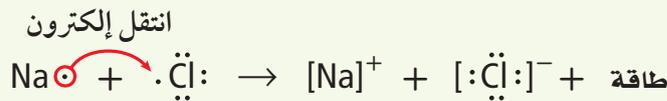
التوزيع الإلكتروني



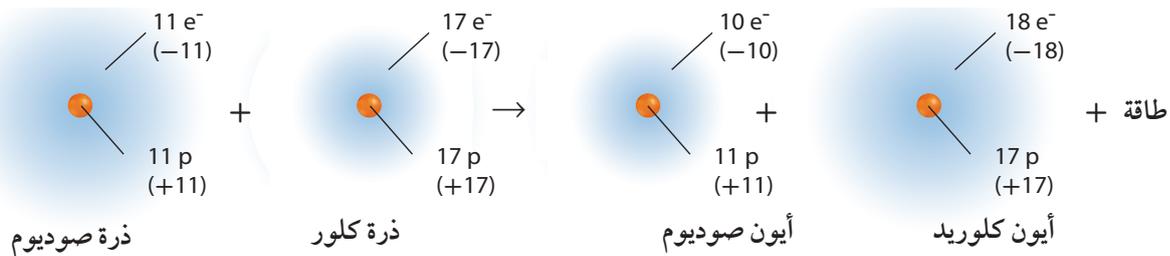
التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات المستويات



التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)



النماذج الذرية



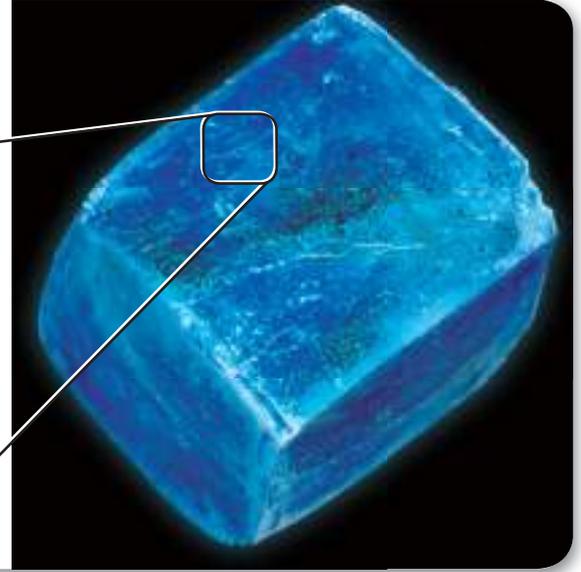
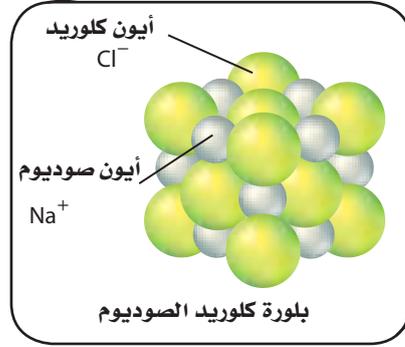
الشكل 4-6 يظهر المجهر

الإلكتروني الماسح شكل بلورة

كلوريد الصوديوم المكعبة.

فسر ما نسبة أيونات الصوديوم

إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟



تجربة
عملية

تكون الملح

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



البناء الفيزيائي يحتوي البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية على عدد كبير من الأيونات الموجبة والسالبة، ويتحدد عددها بنسبة عدد الإلكترونات التي تنتقل من ذرات الفلز إلى ذرات اللافلز. وتترتب هذه الأيونات بنمط متكرر يحفظ التوازن بين قوى التجاذب والتنافر بينها.

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظهر في الشكل 4-6، ولاحظ التنظيم الدقيق لشكل البلورة الأيونية، حيث المسافات ثابتة بين الأيونات، والنمط المنظم الذي تترتب فيه. وعلى الرغم من أن أحجام الأيونات غير متساوية إلا أن كل أيون صوديوم محاط بستة أيونات كلوريد، وكذلك كل أيون كلوريد محاط بستة أيونات صوديوم. فما الشكل الذي تتوقعه لبلورة كبيرة من هذا المركب؟ كما يبين الشكل 4-6، فإن نسبة 1:1 من أيونات الصوديوم والكلوريد تكوّن بلورة مرتبة مكعبة الشكل. وكما هو الحال مع أي مركب أيوني كما في $NaCl$ لا تتكون وحدة بناء البلورة من أيون صوديوم وأيون كلوريد، بل من عدد كبير من أيونات الصوديوم والكلوريد التي توجد معًا. ترى، ما شكل بلورات ملح الطعام إذا فحصتها بعدسة مكبرة؟ **ماذا قرأت؟** فسر ما الذي يحدّد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الكيميائي؟

2004م طوّر العلماء سبيكة من النيكل والجادولينيوم لها القدرة على امتصاص النيوترونات المنبعثة من المخلفات النووية، وتستخدم عند نقل الوقود النووي الشديد الإشعاع.

1962م تم اكتشاف سبيكة النيكل والتيتانيوم التي لها القدرة على استعادة شكلها بعد تشكيلها "ذاكرة الشكل"، وتستخدم كثيرًا في تقويم الأسنان.



1981م أتاح اكتشاف المجهر الماسح الأنيوبي للباحثين دراسة صور على المستوى الذري بالأبعاد الثلاثة.





البييرل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$



الباريت $BaSO_4$



الأراجونيت $CaCO_3$

الشكل 4-7 تعد مركبات الأراجونيت $CaCO_3$ والباريت $BaSO_4$ والبييرل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ أمثلة على خامات المركبات الأيونية. وتتظم الأيونات التي تتكون منها هذه المركبات في شبكة بلورية. ويؤدي الاختلاف في حجم الأيونات وشحناتها إلى تكون بلورات مختلفة الأشكال.

تتكون الشبكة البلورية نتيجة لقوة الجذب الكبيرة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة. الشبكة البلورية ترتيب هندسي للجسيمات ثلاثي الأبعاد. يحاط فيها الأيون الموجب بالأيونات السالبة، كما يحاط الأيون السالب بالأيونات الموجبة. وتختلف البلورات الأيونية في شكلها بسبب حجم الأيونات وأعدادها المترابطة كما في الشكل 4-7.

الربط مع علم الأرض المعادن الموضحة في الشكل 4-7 هي بعض الأنواع القليلة التي يدرسها علماء المعادن. ويستفيد العلماء من مخططات التصنيف لتنظيم الآلاف من المعادن المعروفة. وتُصنف هذه المعادن حسب اللون والشكل البلوري والصلابة، والخواص الكيميائية، والمغناطيسية والكهربائية، والعديد من الخواص الأخرى. كما يمكن تعرّفها أيضًا من خلال أنواع الأيونات السالبة المتوافرة فيها. فعلى سبيل المثال، تكوّن السليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السليكات السالبة SiO_3^{2-} الناتجة عن اتحاد السليكون مع الأكسجين. وتحتوي الهاليدات على أيونات الفلوريد، والكلوريد، والبروميد، واليوديد. وتحتوي أنواع أخرى من المعادن على البورون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة معروفة باسم البورات، وكذلك على الكربون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة أيضًا تسمى الكربونات.

ماذا قرأت؟ حدد أي المعادن في الشكل 4-7 سليكات، وأيها كربونات؟

الخواص الفيزيائية يعد كل من درجة الغليان والانصهار والصلابة من الخواص الفيزيائية للمادة التي تعتمد على مدى قوة جذب الجسيمات المكونة للمادة بعضها لبعض. وتعتمد المقدرة على التوصيل الكهربائي - وهي خاصية فيزيائية أخرى - على توافر جسيمات مشحونة حرة الحركة. فالأيونات جسيمات مشحونة فإذا كانت حرة الحركة فإنها تجعل المركب الكيميائي يوصل الكهرباء. ولأن الأيونات مقيدة الحركة في حالة المادة الصلبة بسبب قوى الجذب الكبيرة، لذا لا تستطيع المواد الأيونية الصلبة توصيل الكهرباء.

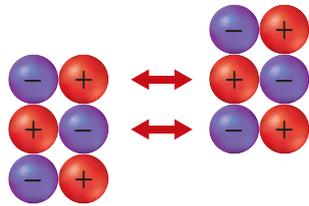
درجات انصهار وجليان بعض المركبات الأيونية		الجدول 4-4
درجة الغليان (°C)	درجة الانصهار (°C)	المركب
1304	660	NaI
1435	734	KBr
1390	747	NaBr
>1600	782	CaCl ₂
1413	801	NaCl
3600	2852	MgO

عندما ينصهر المركب الأيوني الصلب ويصبح سائلاً أو عند ذوبانه في المحلول، تصبح الأيونات التي كانت مقيدة في أماكنها قادرة الآن على الحركة بحرية، ولها القدرة على توصيل التيار الكهربائي. لذا تكون المركبات الأيونية جيدة التوصيل الكهربائي عندما تكون في صورة محلول أو سائل. ويسمى المركب الأيوني الذي يوصل محلوله التيار الكهربائي باسم **الإلكتروليت**.

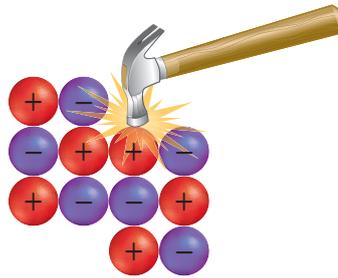
ولأن الروابط الأيونية قوية نسبياً، لذا تحتاج البلورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وجليانها مرتفعة، كما يبين الجدول 4-4. وتمتاز الكثير من البلورات - ومنها الأحجار الكريمة - بألوانها الزاهية؛ بسبب وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

وتمتاز البلورات الأيونية أيضاً بالقوة والصلابة والمهاشة؛ بسبب قوة التجاذب التي تُثبت الأيونات في أماكنها. وعندما تؤثر قوة خارجية على الأيونات التي تشتمل عليها البلورة، وتكون هذه القوة قادرة على التغلب على قوى التجاذب بين الأيونات فإن البلورة تشقق أو تنفتت إلى أجزاء كما في الشكل 8-4؛ لأن القوة الخارجية تحرك الأيونات ذات الشحنات المتشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التنافر تفتت البلورة إلى أجزاء.

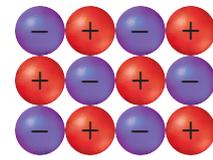
الشكل 8-4 تنجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب التغلب عليها قوة أكبر.



تؤدي قوة التنافر إلى كسر البلورة
تؤدي قوة التنافر بين الأيونات ذات
الشحنات المتشابهة إلى كسر البلورة.



تؤدي القوة الخارجية إلى إعادة ترتيب
الجسيمات
إذا كانت القوة المؤثرة كبيرة بقدر كافٍ
فإنها تحرك الأيونات من أماكنها.



بلورة أيونية منتظمة
للبلورة نمط منتظم للأيونات
قبل تأثير القوة الخارجية فيها.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال

الشائع لكلمة (التوصيل)

الاستعمال العلمي: القدرة على

تمرير الضوء والحرارة والصوت
والكهرباء.

لا يوصل الماء المقطر الكهرباء
جيداً.

الاستعمال الشائع:

وصّل الشيء إليه أي أنهأه إليه
وأبلغه إياه.



الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

تُمتص الطاقة أو تنطلق أثناء التفاعل الكيميائي، فإذا امتصت الطاقة في أثناء التفاعل وُصف التفاعل بأنه ماص للطاقة، أما إذا انطلقت الطاقة في أثناء التفاعل فيوصف بأنه طارد للطاقة. تكوّن المركبات الأيونية من الأيونات الموجبة والسالبة يوصف دائماً بأنه طارد للطاقة. فعندما تتجاذب الأيونات الموجبة والسالبة يتقارب بعضها من بعض لتكون نظاماً أكثر استقراراً، طاقته أقل من طاقة الأيونات المنفردة. إذا امتص مقدار الطاقة نفسه الذي تم إطلاقه خلال تكوّن الرابطة فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الروابط التي تربط الأيونات الموجبة والسالبة.

طاقة الشبكة البلورية تسمى الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1 mol من المركب الأيوني **طاقة الشبكة البلورية**. وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة ممتصة، وتشير إلى قوة تجاذب الأيونات التي تعمل على تثبيتها في أماكنها، حيث تزداد طاقة الشبكة البلورية بزيادة قوة التجاذب. ويمكن النظر إلى طاقة الشبكة البلورية على أنها الطاقة المنبعثة عند اتحاد أيونات 1 mol من المركب الأيوني، وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة منبعثة. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الطاقة الممتصة تكون موجبة، في حين تكون قيمة الطاقة المنبعثة سالبة. تتأثر طاقة الشبكة البلورية بمقدار شحنة الأيون؛ إذ عادة ما تكون طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات كبيرة الشحنة أكبر من طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات صغيرة الشحنة. لذا تكون طاقة MgO أكبر أربع مرات تقريباً من طاقة NaF؛ لأن شحنة الأيونات في MgO أكبر من شحنة الأيونات في NaF. كما أن طاقة الشبكة البلورية SrCl₂ تقع بين طاقة الشبكة البلورية MgO والشبكة البلورية NaF، لأن الشبكة البلورية SrCl₂ تحتوي على أيونات ذات شحنة موجبة عالية وأيونات ذات شحنة سالبة منخفضة معاً.

ترتبط طاقة الشبكة البلورية بصورة مباشرة بحجم الأيونات المرتبطة معاً. فالأيونات الصغيرة الحجم تكون مركبات أيوناتها مترابطة؛ أي لا يوجد بينها فراغات. ولأن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة تزداد كلما قلت المسافة بينها فإن الأيونات الصغيرة تكوّن قوى تجاذب كبيرة وطاقة شبكة بلورية كبيرة. فعلى سبيل المثال، طاقة الشبكة البلورية لمركب الليثيوم أكبر من طاقة الشبكة البلورية لمركب البوتاسيوم الذي يحتوي على الأيون السالب نفسه. ويعود السبب في ذلك؛ إلى أن حجم أيون الليثيوم أصغر من حجم أيون البوتاسيوم.

يُظهر الجدول 4-5 طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية. فعند تفحص طاقات الشبكات البلورية لكل من RbF و KF تجد أن طاقة الشبكة البلورية KF أكبر من طاقة الشبكة البلورية RbF؛ لأن نصف قطر K⁺ أصغر من نصف قطر Rb⁺. وهذا ما يؤكد أن طاقة الشبكة البلورية مرتبطة مع حجم الأيون. والآن، تفحص طاقة الشبكة البلورية لكل من SrCl₂ و AgCl. كيف توضح هذه القيم العلاقة بين طاقة الشبكة البلورية ومقدار شحنة الأيون؟

طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية			الجدول 4-5
طاقة الشبكة البلورية kJ/mol	المركب	طاقة الشبكة البلورية kJ/mol	المركب
808	KF	632	KI
910	AgCl	671	KBr
910	NaF	774	RbF
1030	LiF	682	NaI
2142	SrCl ₂	732	NaBr
3795	MgO	769	NaCl

التقويم 4-2

الخلاصة

- الرابطة الكيميائية قوة تجاذب تربط بين ذرتين أو أكثر.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.
- **11. الفكرة الرئيسية** لخص تكوين الرابطة الأيونية من خلال وضع المصطلحات الآتية في صورة أزواج صحيحة: الكاتيون، الأنيون، اكتساب الإلكترونات، فقد الإلكترونات.
- **12. وضح** كيف يمكن لمركب أيوني يتكون من جسيمات مشحونة أن يكون متعادلاً كهربائياً؟
- **13. صف** التغيرات في الطاقة المصاحبة لتكوين الرابطة الأيونية، وعلاقة ذلك باستقرار المركبات الأيونية؟
- **14. حدّد** ثلاث خواص فيزيائية للمركبات الأيونية تعتمد على الرابطة الأيونية، وبيّن علاقتها بقوة الرابطة.
- **15. فسّر** كيف تكون الأيونات الروابط؟ وصف بناء المركب الناتج.
- **16. اربط** بين طاقة الشبكة البلورية وقوة الرابطة الأيونية.
- **17. طبّق** باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات المستويات والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركب الأيوني من فلز الإسترانشيوم ولافلز الكلور.
- **18. صمّم** خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطة الأيونية والخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية، وطاقة الشبكة البلورية واستقرارها.



4-3

الأهداف

صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

Names and Formulas for Ionic compounds

الفكرة الرئيسية عند تسمية المركبات الأيونية يذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

الربط مع الحياة لكل إنسان اسم خاص به، بالإضافة إلى اسم عائلته. وكذلك تشابه أسماء المركبات الأيونية في أنها تتكون من مقطعين أيضاً.

Formulas for Ionic Compounds

صيغ المركبات الأيونية

طوّر العلماء بعض القواعد لتسمية المركبات؛ تسهياً للتفاهم فيما بينهم؛ حيث يسهل عليك عند استخدام هذه القواعد كتابة صيغة المركب الأيوني، ويمكنك كذلك تسمية المركب من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تذكر أن المركب الأيوني يتكون من أيونات مرتبة بنمط متكرر. وتسمى الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني وحدة الصيغة الكيميائية وهي تمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب وهي وحدة واحدة فقط من الشبكة البلورية. فمثلاً، وحدة الصيغة الكيميائية لكلوريد المغنسيوم هي $MgCl_2$ ؛ لأن نسبة أيونات $Mg^{2+} : Cl^-$ هي 1:2، والشحنة الكلية في وحدة الصيغة الكيميائية هي صفر؛ لأنها تمثل البلورة بكاملها، والتي تكون متعادلة كهربائياً.

الأيونات الأحادية الذرة تتكون المركبات الأيونية الثنائية من أيونات موجبة أحادية الذرة (من الفلز) وأيونات سالبة أحادية الذرة (من اللافلز). ويتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة عنصر واحدة مشحونة مثل Mg^{2+} أو Br^- ، ويبين الجدول 4-6 شحنة بعض الأيونات الشائعة الأحادية الذرة حسب موقعها في الجدول الدوري. ما صيغة كل من أيون البريليوم، وأيون اليوديد، وأيون النيتريد؟ لا يتضمن الجدول 4-6 الفلزات الانتقالية التي تقع في المجموعات 3-12 أو فلزات المجموعتين 13 و 14؛ بسبب تعدد الشحنات الأيونية لذرات هذه المجموعات. وتكون معظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين 13 و 14 أيونات موجبة مختلفة ومتعددة.

أيونات أحادية الذرة		الجدول 4-6
شحنة الأيون	الذرات التي تكوّن الأيونات	المجموعة
+1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	1
+2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	2
-3	N, P, As	15
-2	O, S, Se, Te	16
-1	F, Cl, Br, I	17

- تربط وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.
- تكتب صيغ المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.
- تطبق طريقة التسمية على المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

مراجعة المفردات

اللافلز: عنصر صلب وهش، وريء التوصيل للكهرباء والحرارة.

المفردات الجديدة

وحدة الصيغة الكيميائية الأيون الأحادي الذرة عدد التأكسد أيون عديد الذرات أيون أكسجيني سالب

مهمن في الكيمياء

علماء التغذية هل فكرت يوماً في علاقة العلم بالطعام الذي تتناوله؟ يهتم علماء التغذية بدراسة تأثير طرائق تحضير الطعام في مظهره ورائحته ومذاقه والفيتامينات والمعادن المتوافرة فيه. كما أنهم يقومون بتطوير صناعة الأطعمة والعصائر ويحسّنونها.

أيونات فلزية أحادية الذرة	الجدول 4-7
الأيونات الشائعة	المجموعة
Sc ³⁺ , Y ³⁺ , La ³⁺	3
Ti ²⁺ , Ti ³⁺	4
V ²⁺ , V ³⁺	5
Cr ²⁺ , Cr ³⁺	6
Mn ²⁺ , Mn ³⁺ , Tc ²⁺	7
Fe ²⁺ , Fe ³⁺	8
Co ²⁺ , Co ³⁺	9
Ni ²⁺ , Pd ²⁺ , Pt ²⁺ , Pt ⁴⁺	10
Cu ⁺ , Cu ²⁺ , Ag ⁺ , Au ⁺ , Au ³⁺	11
Zn ²⁺ , Cd ²⁺ , Hg ₂ ²⁺	12
Al ³⁺ , Ga ²⁺ , Ga ³⁺ , In ⁺ , In ²⁺ , In ³⁺ , Tl ⁺ , Tl ³⁺	13
Sn ²⁺ , Sn ⁴⁺ , Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺	14

أعداد التأكسد تُعرّف شحنة الأيون الأحادي الذرة **بعدد التأكسد**، أو حالة الأكسدة. وكما يبين الجدول 4-7، فإن لمعظم الفلزات الانتقالية، وفلزات المجموعتين 13 و 14 أكثر من عدد تأكسد محتمل. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أعداد التأكسد الظاهرة في الجدول 4-7 ليست الوحيدة المحتملة ولكنها الأكثر شيوعاً.

وعدد التأكسد لأي عنصر في المركب الأيوني يساوي عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها الذرة في أثناء التفاعل الكيميائي. فمثلاً، تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا واحدًا لينتقل إلى ذرة الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم، مما ينتج عنه توكون Na^+ و Cl^- . لذا فإن عدد تأكسد الصوديوم في المركب +1، حيث انتقل إلكترون واحد منها. أما عدد تأكسد ذرة الكلور -1 لأن إلكترونًا واحدًا قد انتقل إليها.

الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية الثنائية عند كتابة الصيغة الكيميائية لأي مركب أيوني يكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يكتب رمز الأيون السالب، وتوضع أرقام صغيرة أسفل اليمين الرمز للتعبير عن عدد أيونات العنصر في المركب الأيوني. وإذا لم يكتب رقم صغير إلى جوار الرمز فإننا نعتبر أن عدد الأيونات هو 1. ويمكن استعمال أعداد التأكسد لكتابة صيغ المركبات الأيونية بناءً على ذلك. تذكر أن المركبات الأيونية لا تحمل شحنة كهربائية. لذا عند جمع حاصل ضرب أعداد التأكسد لكل أيون في عدد أيوناته الموجودة في وحدة الصيغة الكيميائية، يجب أن يكون الناتج صفرًا.

افترض أنك تريد معرفة صيغة المركب المكون من أيونات الصوديوم والفلور، ابدأ بكتابة رمز وشحنة كلا العنصرين Na^+ , F^- ، على أن تبين نسبة الأيونات في وحدة الصيغة أن عدد الإلكترونات التي يفقدها الفلز يساوي عدد الإلكترونات التي يكتسبها اللافلز. ويحدث هذا عندما يفقد أيون الصوديوم إلكترونًا واحدًا، وينتقل إلى أيون الفلور، فتصبح وحدة الصيغة الكيميائية NaF .

ماذا قرأت؟ حدّد العلاقة بين شحنة الأيون وعدد تأكسده.

المفردات

الانتقال

التغير في موضع الشيء.

اضطر أحمد إلى الانتقال إلى

مدرسة أخرى عند انتقال

والديه إلى منطقة أخرى.

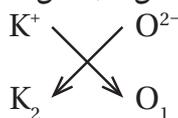
صيغة المركب الأيوني أو جد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكوّن من البوتاسيوم والأكسجين.

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 يكون أيوناً $+1$ ، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكون أيوناً ثنائيًا سالب الشحنة -2 .



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



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

محصول الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا.

$$2 K_{ion} \left(\frac{1+}{K_{ion}} \right) + 1 O_{ions} \left(\frac{2-}{O_{ion}} \right) = 2(+1) + 1(-2) = 0$$

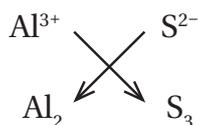
صيغة المركب الأيوني أو جد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

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، يكون أيوناً موجباً ثلاثي الشحنة $+3$ ، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيوناً سالباً ثنائي الشحنة -2 .



تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين. على أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساوياً لعدد الإلكترونات المكتسبة ويتم ذلك بطريقة التبادل.



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 ، وهي توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات كبريت.

3 تقويم الإجابة

محصول الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا.

$$2 Al_{ion} \left(\frac{3+}{Al_{ion}} \right) + 3 S_{ions} \left(\frac{2-}{S_{ion}} \right) = 2(+3) + 3(-2) = 0$$

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

19. اليوديد والبوتاسيوم

20. البروميد والألمونيوم

21. الكلوريد والمغنسيوم

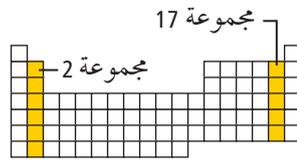
22. النيتريد والسيزيوم

23. تحفيز اكتب الصيغة العامة للمركب الأيوني الذي

يتكون من عنصري المجموعتين المبيتين في الجدول

المقابل استخدم الرمز X ليمثل عنصراً في المجموعة 2،

والرمز Y ليمثل عنصراً في المجموعة 17.



صيغ المركبات الأيونية العديدة الذرات تحتوي العديد من المركبات الأيونية على أيونات

عديدة الذرات، أي الأيونات المكونة من أكثر من ذرة واحدة. يبين الجدول 4-8 والشكل

4-9 قائمة بالصيغ والشحنات الكهربائية للأيونات الشائعة العديدة الذرات. ويسلك

الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة في المركبات، وشحنته الكهربائية تساوي مجموع

شحنات الذرات كلها معاً. لذا تتبع صيغة الأيونات المكونة من مجموعة من الذرات قواعد

كتابة صيغ المركبات الثنائية نفسها.

ونظراً إلى وجود الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة، فلا يجوز تغيير الأرقام

الموجودة أسفل يمين رموز الذرات في الأيون. وإذا دعت الحاجة إلى وجود أكثر من أيون

متعدد الذرات، نضع رمز الأيون داخل قوسين، ثم نشير إلى العدد المطلوب بوضع الرقم

أسفل يمين القوس من الخارج. ومن ذلك المركب المكون من أيون الأمونيوم NH_4^+ وأيون

الأكسجين O^{2-} . يحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى أيونين من الأمونيوم لكل أيون من

الأكسجين، أي أن الصيغة الصحيحة هي $(\text{NH}_4)_2\text{O}$.

الشكل 4-9 أيونات الأمونيوم

والفوسفات أيونات متعددة الذرات،

بمعنى أنها تتكون من أكثر من ذرة.

وتتفاعل الأيونات المتعددة الذرات معاً

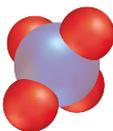
بوصفها وحدة واحدة ذات شحنة محددة.

حدد ما شحنة أيون الأمونيوم وأيون

الفوسفات على الترتيب؟



أيون الأمونيوم
 NH_4^+



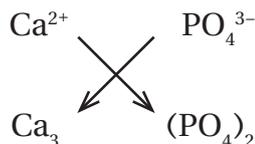
أيون الفوسفات
 PO_4^{3-}

الأيونات العديدة الذرات		الجدول 4-8	
الأيون	الاسم	الأيون	الاسم
IO_4^-	البيرايودات	NH_4^+	الأمونيوم
CH_3COO^-	الأسيتات (الخلات)	NO_2^-	النيتريت
H_2PO_4^-	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	NO_3^-	النترات
CO_3^{2-}	الكربونات	OH^-	الهيدروكسيد
SO_3^{2-}	الكبريتيت	CN^-	السيانيد
SO_4^{2-}	الكبريتات	MnO_4^-	البرمنجنات
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	الثيوكبريتات	HCO_3^-	البيكربونات
O_2^{2-}	البيروكسيد	ClO^-	الهيبوكلورايت
CrO_4^{2-}	الكرومات	ClO_2^-	الكلورايت
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	ثنائي الكرومات	ClO_3^-	الكلورات
HPO_4^{2-}	الفوسفات الهيدروجينية	ClO_4^-	البيركلورات
PO_4^{3-}	الفوسفات	BrO_3^-	البرومات
AsO_4^{3-}	الزرنيخات	IO_3^-	الأيودات

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

1 تحليل المسألة

تعلم أن أيونات الكالسيوم والفوسفات تكوّن مركباً أيونياً وصيغة هذا المركب مجهولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرفقاً بشحنته الكهربائية. ولأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكون أيوناً موجباً ثنائي الشحنة +2، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية -3.



2 حساب المطلوب

القاسم المشترك هو العدد الذي يقبل القسمة على مقدار شحنات الأيونات 2 و 3 وهو 6، لذا يتم نقل 6 إلكترونات. فيكون عدد الشحنات السالبة على أيونين من أيونات الفوسفات مساوياً 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: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية في وحدة الصيغة لفوسفات الكالسيوم تساوي صفراً.

$$3 \text{ Ca ion } \left(\frac{2+}{\text{Ca ion}} \right) + 2 \text{ PO}_4 \text{ ions } \left(\frac{3-}{\text{PO}_4 \text{ ion}} \right) = 3(+2) + 2(-3) = 0$$

مسائل تدريبية

- اكتب صيغ المركبات الأيونية المكونة من الأيونات الآتية:
24. الصوديوم والنترات 25. الكالسيوم والكلورات 26. الألومنيوم والكربونات
27. تحفيز اكتب صيغة المركب الأيوني المكون من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكوّن من الكربون والأكسجين فقط.

أسماء الأيونات والمركبات الأيونية Names for Ions and Ionic Compounds

يستخدم العلماء طرائق منظمة عند تسمية المركبات الأيونية، وبسبب احتواء المركبات الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة، يأخذ النظام تسمية هذه الأيونات بعين الاعتبار.

تسمية الأيون الأكسجيني السالب الأيون الأكسجيني السالب أيون عديد الذرات، يتكون غالباً من عنصر لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين، وبعض اللافلزات لها أكثر من أيون أكسجيني، ومنها النيتروجين والكبريت. وتسمى هذه الأيونات باستخدام القواعد المبينة في الجدول 4-9.

تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين				الجدول 4-9
• عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره.				
• عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (يت) إلى آخره.				
NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	SO_3^{2-}	
نترات	نيتريت	كبريتات	كبريتيت	

طرائق تسمية
الأيونات
الأكسجينية التي
يكونها الكلور

الجدول
4-10

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين بإضافة مقطع (بير) عند بداية الاسم، وإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرة واحدة بإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرتين بإضافة مقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل من ثلاث ذرات بإضافة مقطع (هيبو)، ثم المقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.



كلورات بيركلورات



هيبوكلوريت كلوريت

يبين الجدول 10-4 كيف يكون الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الهالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في تسمية أيونات الكلور. فعلى سبيل المثال، يكون البروم أيون البرومات BrO_3^- ، ويكون اليود أيون البيرويدات IO_4^- وأيون أيودات IO_3^- .

تسمية المركبات الأيونية تُسمى المركبات بطريقة منهجية، ولأنه أصبح الآن لديك معرفة بالصيغ الكيميائية، لذا يمكنك استعمال القواعد الخمس الآتية لتسمية المركبات الأيونية:

1. نذكر اسم الأيون السالب أولاً متبوعاً باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية يُكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يليه الأيون السالب.
2. استخدم اسم العنصر نفسه في تسمية أيونه الموجب الأحادي الذرة.
3. في حالة الأيونات السالبة الأحادية الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافاً إليه مقطع (يد).

4. في حالة وجود أكثر من عدد تأكسد لعنصر واحد يجب أن تشير الصيغة الكيميائية إلى عدد تأكسد الأيون الموجب. ويكتب عدد التأكسد بالأرقام الرومانية بين قوسين بعد اسم الأيون الموجب.

ملاحظة: تنطبق هذه القاعدة على الفلزات الانتقالية والفلزات في الجهة اليمنى من الجدول الدوري، انظر الجدول 7-4. ولا تنطبق هذه القاعدة على أيونات المجموعتين 1 و 2 الموجبة لأن لها عدد تأكسد واحداً.

أمثلة:

- يكون أيون Fe^{2+} وأيون O^{2-} المركب FeO ، والمعروف باسم أكسيد الحديد II.
ويكون أيون Fe^{3+} وأيون O^{2-} المركب Fe_2O_3 ، والمعروف باسم أكسيد الحديد III.
5. عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسمية الأيون السالب أولاً، ثم تسمية الأيون الموجب.

أمثلة:

تسمية NaOH هيدروكسيد الصوديوم

تسمية $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ كبريتيد الأمونيوم.

مسائل تدريبية

سمِّ المركبات الآتية:



33. تحفيز يُعد المركب الأيوني NH_4ClO_4 من أهم المواد المتفاعلة الصلبة المستخدمة في وقود إطلاق مركبات الفضاء، ومنها تلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركب؟

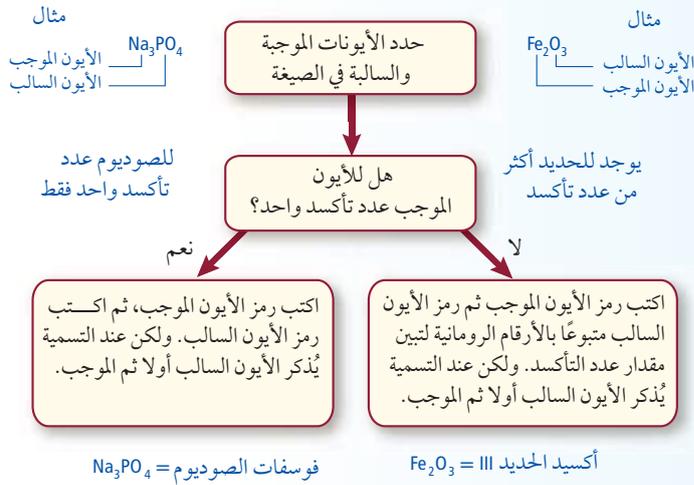
استراتيجيات حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المقابل.

طبق الاستراتيجية

سمّ المركبين Ag_2CrO_4 و KOH باستخدام المخطط.



توضّح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو المحلول. اشرح كيف يمكن أن تغير المخطط السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني؟

التقويم 4-3

الخلاصة

- 34. **الفترة الرئيسية** صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم، وعند ذكر اسمه.
 - 35. صف الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثلاً على كل منهما.
 - 36. طبق شحنة الأيون X هي +2 وشحنة الأيون Y هي -1. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.
 - 37. اذكر اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.
 - 38. اكتب اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.
 - 39. حلّل ما الأرقام السفلية المصغرة التي ستستعملها 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.
- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
 - يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
 - تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة تأكسد.
 - تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة ذرات.
 - تستخدم الأقواس حول الأيون وتوضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.



4-4

الأهداف

تصف الرابطة الفلزية.

تربط نموذج بحر الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.

تعرف السبائك، وتذكر خواصها.

مراجعة المفردات

الخاصية الفيزيائية؛ خاصية المادة التي يمكن مشاهدتها وقياسها دون تغيير تركيب المادة.

المفردات الجديدة

نموذج بحر الإلكترونات

الإلكترونات الحرة

الرابطة الفلزية

السيبكة

الروابط الفلزية وخواص الفلزات

Metallic Bonds and the Properties of Metals

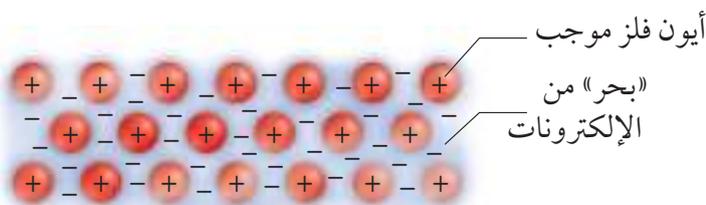
الفكرة الرئيسية تكون الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

الربط مع الحياة تخيل سفينة عائمة تتمايل في المحيط وهي محاطة بالماء من كل جانب. وعلى الرغم من بقاء السفينة عائمة في مكانها إلا أن الماء يتحرك بحرية من أسفلها. يمكن تطبيق هذا الوصف على ذرات الفلزات وإلكتروناتها بطريقة مشابهة نوعاً ما.

الروابط الفلزية Metallic Bonds

على الرغم من أن الفلزات ليست مركبات أيونية إلا أنها تشترك مع المركبات الأيونية في عدة خواص؛ فالروابط في الفلزات والمركبات الأيونية تعتمد على التجاذب بين الجسيمات ذات الشحنات المختلفة. وفي العادة تكون الفلزات شبكات بلورية في الحالة الصلبة شبيهة بالشبكة البلورية الأيونية التي سبق ذكرها. وفي هذه الحالة تكون كل ذرة عنصر محاطة بـ 8-12 ذرة أخرى.

بحر من الإلكترونات رغم أن لذرات الفلزات إلكترون تكافؤ على الأقل، إلا أنها لا تشترك في إلكترونات التكافؤ مع الذرات المجاورة، ولا تفقدها. وبدلاً من ذلك تتداخل مستويات الطاقة الخارجية بعضها في بعض. ويعرف هذا التداخل **بنموذج بحر الإلكترونات**، حيث يفترض هذا النموذج أن ذرات الفلزات جميعها في الحالة الصلبة تساهم في تكوين بحر الإلكترونات الذي يحيط بأيونات الفلز الموجبة في الشبكة الفلزية. لا ترتبط الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية في الذرات الفلزية بأي ذرة محددة، ويمكنها الانتقال بسهولة من ذرة إلى أخرى. وتعرف هذه الإلكترونات الحرة **بالإلكترونات الحرة**. وعندما تتحرك الإلكترونات الخارجية بحرية في الفلز، وهو في الحالة الصلبة، تتكون الأيونات الفلزية الموجبة. ترتبط هذه الأيونات مع الأيونات الفلزية الموجبة المجاورة جميعها من خلال بحر من إلكترونات التكافؤ، كما يبين الشكل 4-10. **والرابطة الفلزية** هي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرة في الشبكة الفلزية.



الشكل 4-10 تتوزع إلكترونات التكافؤ للفلزات (التي تبدو كسحابة زرقاء ذات إشارات سالبة) بانتظام حول الأيونات الفلزية الموجبة (التي تبدو باللون الأحمر). وتؤدي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة وبحر الشحنات السالبة إلى ربط ذرات الفلز بعضها مع بعض في الشبكة الفلزية.

فسر لماذا نعرف إلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

خواص الفلزات يفسر الترابط الفلزي الخواص الفيزيائية للفلزات، والتي تظهر قوة الروابط الفلزية.

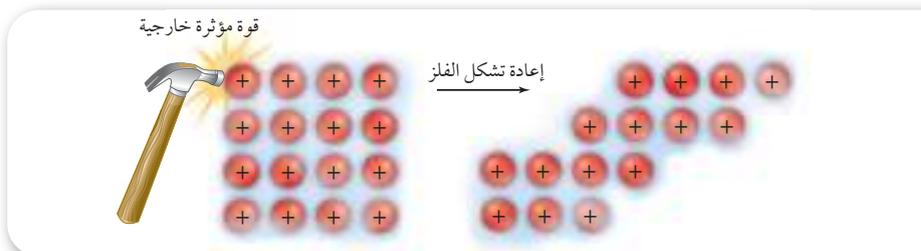
درجات الغليان والانصهار تختلف درجات انصهار الفلزات على نحو كبير. فالزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة، مما يجعله يستخدم في بعض الأجهزة العلمية، ومنها مقاييس درجات الحرارة وأجهزة قياس الضغط الجوي. وفي المقابل، فإن درجة انصهار التنجستن W هي 3422°C ، ولذلك يُصنع منه فتيل المصباح الكهربائي، وبعض أجزاء السفن الفضائية. وتكون درجات انصهار وغليان الفلزات في العادة عالية كما بينها الجدول 4-11، إلا أن درجات الانصهار ليست مرتفعة جداً كدرجات الغليان؛ لأن الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الحركة في الفلز ليست بحاجة إلى طاقة كبيرة جداً لجعلها تتحرك بعضها فوق بعض. إلا أنه في أثناء الغليان يجب فصل الذرات عن مجموعة الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الأخرى، مما يتطلب طاقة كبيرة جداً.

قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أي أنها تتحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضاً قابلة للسحب، أي يمكن تحويلها إلى أسلاك. ويوضح الشكل 4-11 كيف تتحرك الجسيمات الموجودة في الترابط الفلزي بواسطة الدفع أو الشد، بعضها عبر بعض. وتكون الفلزات عادة متينة للغاية. وعلى الرغم من حركة الأيونات الموجبة في الفلز إلا أنها ترتبط مع الإلكترونات المحيطة بها بصورة قوية، ولا يمكن فصلها بسهولة عن الفلز. توصيل الحرارة والكهرباء تجعل حركة الإلكترونات حول أيونات الفلزات الموجبة- الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء؛ حيث تقوم الإلكترونات الحرة بنقل الحرارة من مكان إلى آخر بسرعة أكبر من توصيل المواد التي لا تحتوي على إلكترونات حرة. تتحرك الإلكترونات الحرة بسهولة بوصفها جزءاً من التيار الكهربائي عند حدوث فرق جهد عبر الفلز. وتتفاعل هذه الإلكترونات الحرة مع الضوء من خلال امتصاصه وإطلاق الفوتونات مما ينتج عنه خاصية البريق واللمعان.

الصلابة والقوة لا تقتصر الإلكترونات الحرة الحركة في الفلزات الانتقالية على الإلكترونين الخارجيين في المستوى s ، وإنما تشمل أيضاً الإلكترونات الداخلية في المستوى d . وكلما زادت أعداد الإلكترونات الحرة الحركة زادت خواص الصلابة والقوة.

فعلى سبيل المثال، توجد الروابط الفلزية القوية في الفلزات الانتقالية، ومنها الكروم والحديد والنيكل، في حين أن الفلزات القلوية لينة؛ لأن لها إلكترونات واحداً حر الحركة في المستوى ns .

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين ما يحدث عند طرق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالمطرقة؟



درجات الانصهار والغليان		الجدول 4-11
درجة الغليان ($^{\circ}\text{C}$)	درجة الانصهار ($^{\circ}\text{C}$)	العنصر
1347	180	الليثيوم
2623	232	القصدير
2467	660	الألومنيوم
1850	727	الباريوم
2155	961	الفضة
2570	1083	النحاس

الشكل 4-11 تؤدي القوة المؤثرة الخارجية (كالمطرقة مثلاً) إلى جعل الأيونات تتحرك عبر الإلكترونات الحرة، مما يجعل الفلز قابلاً للطرق والسحب.



الشكل 12-4 تُصنع أجزاء الدراجات الهوائية في بعض الأحيان من سبيكة التيتانيوم، التي تحتوي على 3% من الألومنيوم و2.5% من الفانديوم.

المفردات

أصل الكلمة
السبيكة Alloy

جاءت من الكلمة اللاتينية alligare والتي تعني يثني.

السبائك الفلزية Metal Alloys

نظرًا إلى طبيعة الرابطة الفلزية، يصبح من السهل إدخال عناصر مختلفة إلى الشبكة الفلزية لتكوين السبيكة. فالسبيكة خليط من العناصر ذات الخواص الفلزية الفريدة، لذا نجد لها الكثير من التطبيقات والاستخدامات التجارية. فالفولاذ والبرونز والحديد الزهر من السبائك الكثيرة المفيدة. كما تستعمل سبيكة التيتانيوم والفناديوم لبناء هياكل الدراجات الهوائية كالتالي تظهر في الشكل 12-4.

خواص السبائك تختلف خواص السبائك قليلاً عن خواص عناصرها المكونة لها. فالفولاذ مثلاً حديد مخلوط بعنصر آخر على الأقل. تبقى بعض خواص الحديد فيه، ولكن للفولاذ خواص إضافية أخرى منها أنه أكثر قوة. وتفاوت خواص بعض السبائك وتغير باختلاف طرائق تصنيعها. وفي حالة بعض الفلزات تنتج بعض الخواص المختلفة اعتماداً على طريقة التسخين والتبريد. ويبين الجدول 12-4 أسماء بعض السبائك المهمة واستعمالاتها المتنوعة.

الاسم الشائع	التركيب	الاستعمالات
النيكو	50% Fe, 20% Al, 20% Ni, 10% Co	المغناطيسات
البراس (النحاس الأصفر)	67-90% Cu, 10-33% Zn	السباكة، والأدوات العامة، والإضاءة
البرونز (النحاس الأحمر)	70-95% Cu, 1-25% Zn, 1-18% Sn	الأجراس، الميداليات
الحديد الصلب	96-97% Fe, 3-4% C	القبالب
الذهب - عيار 10 قراريط	42% Au, 12-20% Ag, 37.46% Cu	المجوهرات (الحلي الذهبية)
حبيبات الرصاص	99.8% Pb, 0.2% As	حبيبات الطلقات النارية
الفولاذ المقاوم للصدأ	73-79% Fe, 14-18% Cr, 7-9% Ni	المغاسل، والأدوات
فضة النقود	92.5% Ag, 7.5% Cu	أدوات المائدة، والحلي

التقويم 4-4

الخلاصة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.
- 40. **الفكرة الرئيسية** قارن بين تركيب المركبات الأيونية والفلزات.
- 41. اشرح كيف يمكن تفسير كل من التوصيل الكهربائي وارتفاع درجة غليان الفلزات بواسطة الرابطة الفلزية؟
- 42. قارن بين أسباب قوى التجاذب في الروابط الأيونية والروابط الفلزية.
- 43. صمّم تجربة للتمييز بين المواد الأيونية الصلبة والمواد الفلزية الصلبة. بحيث تشمل على الأقل طريقتين مختلفتين للمقارنة بين المواد الصلبة. فسّر إجابتك.
- 44. نموذج ارسم نموذجاً يوضح قابلية الفلزات للطرق، أو السحب إلى أسلاك، مستعيناً بنموذج بحر الإلكترونات كما في الشكل 10-4.

الكيمياء في واقع الحياة

الموضة القاتلة

السم المفيد كان للرصاص العديد من الاستخدامات قبل تعرف سميته العالية بخلاف ما هو مستخدم في صناعة الفخار والتمديدات الصحية. فقد استخدم الرصاص في صناعة الأصباغ والجازولين، حيث يقلل من احتمال احتراق الجازولين قبل الموعد المحدد في محرك السيارة.

عملية إزالة الرصاص Chelation الأطفال أكثر قابلية للتسمم بالرصاص؛ بسبب صغر أحجام أجسامهم ومعدلات نموهم المرتفعة. وفي الحالات الحرجة تصبح عملية إزالة الرصاص هي الطريقة الوحيدة لإنقاذ حياة الطفل. وفي هذه العملية يتم التخلص من أحد أهم التأثيرات السامة للرصاص، عن طريق إحلل الكالسيوم محل الرصاص السام في الجسم.

الكتابة في الكيمياء

الإحساس بالخطر تستطيع حاسة التذوق لدى الإنسان اكتشاف بعض السموم التي توجد بشكل طبيعي في النباتات. ابحث في السموم الحديثة الأخرى - ومنها الرصاص ومضاد التجمد (إيثلين جلايكول) - لمعرفة لماذا لا تُظهر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها؟

غالبًا ما تكون الحلي البراقة اللامعة والمزركشة الألوان رخيصة ومسلية. ولكن هل هي آمنة؟ الإجابة في العادة: نعم. ولكن قد تؤدي بعض الحلي السائدة - ولاسيما بعض الأنواع منخفضة الجودة مما لا تنطبق عليها مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، والتي تُصنع في بعض الدول كالصين والهند وهذا لا ينافي حقيقة أنها دول صناعية متقدمة في صناعات عدة - إلى مخاطر كثيرة لاحتوائها على عنصر الرصاص Pb السام بنسبة عالية.

السباكة السامة عندما يبتل الرصاص تذوب كمية محددة منه في الماء متحولاً إلى أيونات Pb^{2+} وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تحل محل أيونات الكالسيوم Ca^{2+} . ورغم تشابهها في الشحنات الكهربائية، فإن أيونات الرصاص أثقل كثيراً من أيونات الكالسيوم، مما قد يسبب الإعاقة في التعلم، والغبوبة، وقد يؤدي إلى الموت.

ومن المثير للدهشة أن الرومان قاموا باستخدام الرصاص في أنابيب المياه. وقد أخذ رمز الرصاص - Pb - في الحقيقة من الكلمة اللاتينية **plumbum** التي ما زالت تظهر في اللغة الإنجليزية كجذر لكلمة **Plumber**، وتعني السباك.

الفخار السام على الرغم من أن الرصاص لا يستخدم في التمديدات الصحية الحديثة، إلا أنه ما زال يستخدم في أمور أخرى. فالإناء الظاهر في الشكل 1 تم طلاؤه بالرصاص، ثم حرقه لإعطائه اللون الأسود المميز. وتولد مركبات الرصاص المستخدمة في الطلاء ألواناً زاهية عند حرقها في ظروف محددة.



الشكل 1 مركبات الرصاص المستخدمة في تلوين الفخار

تعطي الوعاء مظهره المتميز.

مختبر الكيمياء

تحضير مركب أيوني

10. التنظيف والتخلص من النفايات: تخلص من النفايات حسب تعليمات المعلم. نظف البوتقة بالماء، وأعد أدوات المختبر إلى أماكنها.



الخلفية: ستقوم بتحضير مركبين كيميائيين وفحصهما لتحديد بعض خواصهما. واستناداً إلى الاختبارات التي ستقوم بها تقرر ما إذا كانت النواتج مركبات أيونية أم لا.

سؤال: هل يمكن لخواص المركب الفيزيائية أن تدل على وجود روابط أيونية؟

المواد اللازمة

شريط من الماغنسيوم (25cm)	بوتقة
حامل الحلقة ومثبت	مثلث خزفي
لهب بنزن	قضيب للتحريك
ملقط بوتاق	ميزان يقيس 1/100g
كأس سعتها 100 mL	ماء مقطر
جهاز الموصلية الكهربائية	

حلل واستنتج

1. حلل البيانات: احسب كتلة الشريط والناتج، وسجل قيم الكتل في جدول البيانات.
2. صنّف أشكال الطاقة المنبعثة. ماذا تستنتج عن استقرار المواد الناتجة؟
3. استنتج: هل يتفاعل الماغنسيوم مع الهواء؟
4. توقع الصيغ الكيميائية للمادتين الناتجتين، واكتب اسميهما.
5. حلل واستنتج: لون ناتج تفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين أبيض، في حين أن لون ناتج تفاعل الماغنسيوم مع النيتروجين أصفر. أي هذين المركبين يشكل الجزء الأكبر من الناتج؟
6. حلل واستنتج: هل توصل محاليل مركبات الماغنسيوم التيار الكهربائي؟ وهل تؤكد النتائج أنّ المركبات أيونية؟
7. حلل مصادر الخطأ: إذا أظهرت النتائج أن الماغنسيوم فقد جزءاً من كتلته بدل أن يكتسب كتلة إضافية فاذكر الأسباب المحتملة لذلك.

إجراءات السلامة

تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الماغنسيوم المشتعل؛ لأن وهج الضوء يؤذي العين، وتجنب حمل المواد الساخنة حتى تبرد.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. دوّن القياسات كلها في جدول البيانات.
3. ضع الحلقة الدائرية على الحامل على ارتفاع 7cm فوق لهب بنزن، ثم ضع المثلث الخزفي عليها.
4. قس كتلة البوتقة بعد تنظيفها وتجفيفها.
5. لف 25cm من شريط الماغنسيوم على شكل كروي، ثم قس كتلة شريط الماغنسيوم والبوتقة معاً.
6. ضع البوتقة على المثلث، وسخنها بواسطة اللهب (يجب أن يكون رأس اللهب قرب البوتقة).
7. أغلق لهب بنزن عندما يبدأ الماغنسيوم في الاشتعال والاحتراق بشعلة بيضاء ساطعة، ثم دع البوتقة حتى تبرد، وقس كتلة نواتج احتراق الماغنسيوم والبوتقة.
8. ضع المكونات الصلبة الجافة في الكأس.
9. أضف 10 mL من الماء المقطر إلى الكأس وحرك الخليط جيداً، ثم افحص المخروط بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية.

الاستقصاء

صمّم تجربة إذا كانت محاليل مركبات الماغنسيوم موصلة للتيار الكهربائي فهل تستطيع التأثير في جودة توصيلها للكهرباء؟ وإذا لم تكن موصلة للتيار فكيف تجعلها قادرة على ذلك؟ صمّم تجربة لمعرفة ذلك.

الفكرة (النامة) ترتبط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

4-1 تَكُونُ الأيون

الفكرة الرئيسية تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

المفردات

الرابطة الكيميائية
الكاتيون
الأيون

المفاهيم الرئيسية

تكون بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوئاً بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.

تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها. يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتاً في أثناء عملية تكوين الأيون.

4-2 الروابط والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسية تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

المفردات

الرابطة الأيونية
الشبكة البلورية
طاقة الشبكة البلورية
المركبات الأيونية
الإلكتروليت

المفاهيم الرئيسية

• الرابطة الكيميائية قوة تربط بين ذرتين. تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات. تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تعرف بالشبكة البلورية. ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية. المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي. تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

الفكرة الرئيسية عند تسمية المركبات الأيونية يذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

المفردات

وحدة الصيغة الكيميائية • أيون عديد الذرات
الأيون الأحادي الذرة • أيون أكسجيني سالب
عدد التأكسد

المفاهيم الرئيسية

تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني. يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده. تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة تأكسد. تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة ذرات. تستخدم الأقواس حول الأيون وتوضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسية تكون الفلزات شبكات بلورية، ويمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

المفردات

نموذج بحر الإلكترونات • الرابطة الفلزية
الإلكترونات الحرة • السبيكة

المفاهيم الرئيسية

تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة. تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة. يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات. تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

إتقان حل المسائل

75. متى يستخدم الرقم السفلي في صيغ المركبات الأيونية؟

76. اشرح كيف تُسمى المركب الأيوني؟

77. اشرح باستخدام أعداد التأكسد، لماذا تكون الصيغة الكيميائية NaF_2 غير صحيحة؟

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

إتقان حل المسائل

79. اكتب صيغة كل من المركبات الأيونية الآتية:

a. يوديد الكالسيوم

b. بروميد الفضة I

c. كلوريد النحاس II

d. بيرأيودات البوتاسيوم

e. أسيتات الفضة I

80. سمِّ كلاً من المركبات الأيونية الآتية:

a. K_2O

b. CaCl_2

c. Mg_3N_2

d. NaClO

e. KNO_3

81. أكمل الجدول 4-13 بالبيانات الناقصة.

الجدول 4-13 تعرّف المركبات الأيونية			
الصيغة الكيميائية	الاسم	الأيون (الأيون السالب)	الكاتيون (الأيون الموجب)
	كبريتات الأمونيوم		
PbF_2			
	بروميد الليثيوم		
Na_2CO_3			
		PO_4^{3-}	Mg^{2+}

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

a. كلوريد البوتاسيوم، الذي يحل محل ملح الطعام.

b. فلوريد الكالسيوم، الذي يستخدم في صناعة الفولاذ.

c. أكسيد الكالسيوم، الذي يستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.

d. كلوريد الإسترانشيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

66. انظر الشكل 4-13، ثم صف المركب الأيوني الذي يكونه العنصران C و D.

67. وضح كيف تتكون الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين؟

68. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدماً رسم مربعات المستويات.

69. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. الموصلات: توصل المركبات الأيونية التيار الكهربائي في ظروف محددة. وضح هذه الظروف، وفسر لماذا لا توصل المركبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

71. أي المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه: Na_2S ، CaKr ، MgF ، BaCl_3 ؟ فسر إجابتك.

72. استخدم الجدول 4-5 لتحديد المركب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار: MgO ، KI ، AgCl ، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: CsCl أو CaO ، KCl أو K_2O ؟ فسر إجابتك.

4-3

إتقان المفاهيم

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

92. تبلغ درجة انصهار البريليوم 1287°C ، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم 180°C . اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.
93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم 3297°C ، في حين تبلغ درجة حرارة غليان النحاس 2570°C . اشرح سبب الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

مراجعة عامة

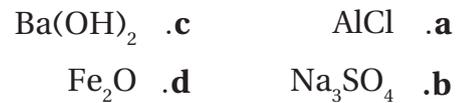
94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟
95. اشرح لماذا يكون الكالسيوم أيون Ca^{2+} وليس أيون Ca^{3+} ؟
96. أي المركبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: NaCl أو MgCl_2 أو KCl ؟ فسر إجابتك.
97. ما صيغ المركبات الأيونية الآتية؟
- كبريتيد الصوديوم
 - كلوريد الحديد III
 - كبريتات الصوديوم
 - فوسفات الكالسيوم
 - نترات الخارصين

98. يكون الكوبلت - وهو عنصر انتقالي - أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضاً. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون من كلا الأيونين.

99. أكمل الجدول 4-15

الجدول 4-15 بيانات العنصر والإلكترون والأيون		
الأيون الناتج	إلكترونات التكافؤ	العنصر
		السيلينيوم
		القصدير
		اليود
		الأرجون

82. الكروم عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي، ويكون الأيونات Cr^{2+} و Cr^{3+} . اكتب صيغ المركبات الأيونية الناتجة عن تفاعل هذه الأيونات مع أيونات الفلور والأكسجين.
83. أي الصيغ الأيونية الآتية صحيحة؟ وإذا كانت الصيغة غير صحيحة فاكتب الصيغة الصحيحة، فسر إجابتك:



84. اكتب صيغ المركبات الأيونية جميعها التي قد تنتج عن تفاعل كل من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة الموجودة في الجدول 4-14، واذكر اسم كل مركب ناتج.

الجدول 4-14 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة

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

4-4

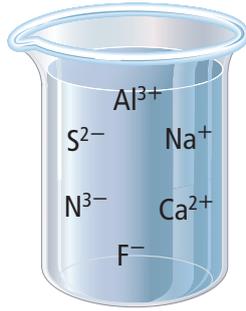
إتقان المفاهيم

85. صف الرابطة الفلزية.
86. اشرح باختصار لماذا تُصنَّع السبائك المعدنية؟
87. صف باختصار كيف تفسر الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟
88. فسر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

إتقان حل المسائل

89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟
90. الفضة اشرح باختصار لماذا يعد عنصر الفضة موصلاً جيداً للكهرباء؟
91. الفولاذ اشرح باختصار لماذا يستخدم الفولاذ - أحد سبائك الحديد - في دعائم هياكل العديد من المباني؟

- a. أسيتات النحاس b. أكسيد الصوديوم الشائي
c. Pb_2O_5 d. Mg_2O_2
e. Al_2SO_{43}



الشكل 16-4

110. طبق تفحص الأيونات في الشكل 16-4، وحدد مركبين يمكن أن يتكونا من الأيونات الموجودة، وشرح كيف يحدث ذلك؟

111. طبق البراسيوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتكون كلوريد البراسيوديميوم III. كما يتفاعل مع حمض النيتريك ليكون نترات البراسيوديميوم III. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسيوديميوم هو $[Xe] 4f^3 6s^2$

- a. فتفحص التوزيع الإلكتروني، وشرح كيف يكون البراسيوديميوم الأيون +3؟
b. واكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركبين اللذين يكونهما عنصر البراسيوديميوم.

112. كوّن فرضية تفحص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وصغ فرضية تشرح فيها لماذا تكون درجة انصهار الكالسيوم أعلى كثيراً من درجة انصهار البوتاسيوم؟

113. قوم اشرح لماذا يعد اصطلاح الإلكترونات الحرة مناسباً لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

114. طبق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكون بعض العناصر ومنها اليود والكبريت روابط فلزية؟

100. الذهب اشرح باختصار لماذا يستخدم الذهب في صناعة الحلي والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟
101. وضح كيف يتكون أيون النيكل الذي عدد تأكسده +2؟
102. ارسم نموذجاً يمثل الرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.

103. عندما يشتعل الماغنسيوم في الهواء يكون كلاً من أكسيد ونتريد الماغنسيوم. ناقش كيف يتكون أكسيد ونتريد الماغنسيوم عند تفاعل الماغنسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على الترتيب.

104. يتغير شكل الصوديوم إذا أثرت فيه قوة خارجية، في حين تفتت كلوريد الصوديوم عند طرقة بالقوة نفسها. ما سبب هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصلبتين؟

105. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية؟

- a. CaO b. $Ba(OH)_2$
c. BaS d. $Sr(NO_3)_2$
e. $AlPO_4$

التفكير الناقد

106. صمم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكل من المركبات الأيونية والمواد الفلزية الصلبة.

107. توقع: تفحص كلاً من الأزواج الآتية، ثم بين المادة الصلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسر إجابتك.

- a. NaCl أو CsCl
b. Ag أو Cu
c. MgO أو Na_2O

108. قارن بين الأيونين الموجب والسالب.

109. لاحظ ثم استنتج حدّ الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمم مخططاً توضيحياً لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. الجذور الحرة يعتقد الكثير من الباحثين أن الجذور الحرة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجذور الحرة وتأثيراتها، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لمنعها.

122. نمو البلورات يمكن تحضير بلورات المركبات الأيونية وزيادة حجمها في المختبر. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، وصمم تجربة لعمل ذلك في المختبر.

أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتعلقة بالأيونات كما في الجدول 16-4.

الجدول 16-4 الأيونات الاثنا عشر الأكثر شيوعاً في البحار		
الأيون	التركيز (mg/dm ³)	% النسبة المئوية بالكتلة (من إجمالي المواد الصلبة المذابة)
Cl ⁻	19,000	55.04
Na ⁺	10,500	30.42
SO ₄ ²⁻	2655	7.69
Mg ²⁺	1350	3.91
Ca ²⁺	400	1.16
K ⁺	380	1.10
CO ₃ ²⁻	140	0.41
Br ⁻	65	0.19
BO ₃ ³⁻	20	0.06
SiO ₃ ²⁻	8	0.02
Sr ²⁺	8	0.02
F ⁻	1	0.003

123. بين الأيونات الموجبة والسالبة الواردة في الجدول أعلاه.

124. مثل بيانياً بالأعمدة تركيز كل أيون، مبيناً صعوبات القيام بهذا العمل.

125. لا يعد كلوريد الصوديوم المركب الوحيد الذي يتم الحصول عليه من مياه البحار. تعرّف أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

115. حلّل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحفيز

116. المركبات الأيونية يعد الكريستوبيرل من المعادن الشفافة أو شبه الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متألئ اللون، ويتكون من أكسيد الألومنيوم والبريليوم BeAl₂O₄. حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا المركب، وشرح طريقة تكوّنه.

مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكربون؟

118. قارن بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، وشرح سبب هذا الاختلاف.

119. ما العناصر الانتقالية؟

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

a. هالوجين له ثاني أقل كتلة.

b. شبه فلز له أقل رقم دورة.

c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.

d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة.

e. لافلز في المجموعة 15 صلب عند درجة حرارة الغرفة.

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 - 12.

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

e. كلور

8. ما العنصر الذي ينتهي مداره الأخير بالمستوى الثانوي s؟

9. أي هذه العناصر له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

10. أيها يعد عنصراً انتقالياً؟

11. أي العناصر له التركيب الإلكتروني الآتي:

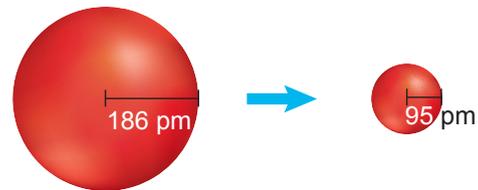


12. أيها غاز نبيل؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الذرة والتغير في البناء الذري عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري؟

استعن بالرسم أدناه للإجابة عن السؤال 14.

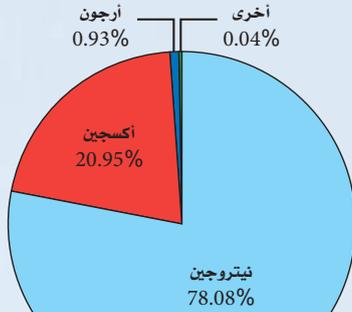


ذرة صوديوم Na
[Ne]3s¹

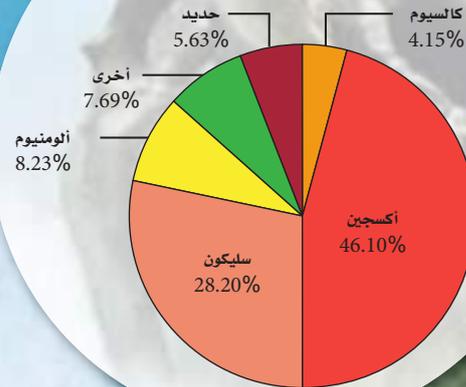
أيون صوديوم Na⁺
[Ne]

14. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الأيون والتغيرات التي تحدث عند تكوّن الأيون من ذرته المتعادلة عبر الجدول الدوري؟

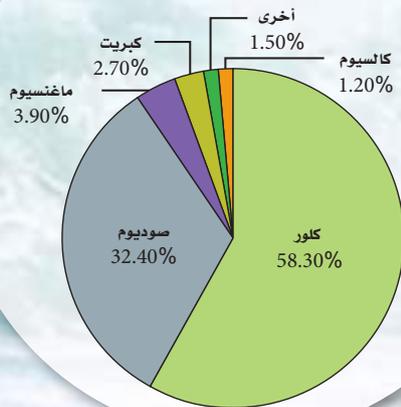
عناصر الغلاف الجوي



عناصر القشرة الأرضية



العناصر المذابة في محيطات الأرض

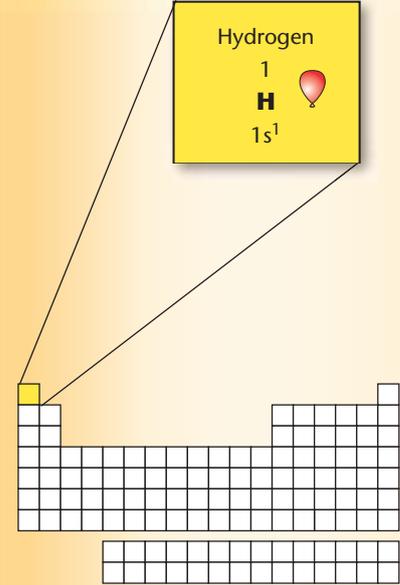


الخواص الفيزيائية والذرية

- لغاز الهيدروجين H_2 كثافة أقل من الغازات الأخرى عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- يمكن أن يوجد الهيدروجين في الحالة الصلبة عند تعرضه للضغط الشديد كما في باطن كوكب المشتري.
- يوضع الهيدروجين في المجموعة الأولى من الجدول الدوري؛ لاحتوائه على إلكترون تكافؤ واحد.
- يتشارك الهيدروجين مع فلزات المجموعة 1 في بعض الخواص؛ فهو يفقد إلكترونًا واحدًا لتكوين أيون الهيدروجين الموجب H^+ .
- يتشارك الهيدروجين في بعض الخواص أيضًا مع عناصر المجموعة 17 اللافلزية؛ فهو يستطيع اكتساب إلكترون واحد لتكوين أيون الهيدريد السالب H^- .
- للهيدروجين ثلاثة نظائر شائعة، هي: البروتيوم وهو الأكثر شيوعًا، حيث يحتوي بروتونًا واحدًا وإلكترونًا واحدًا، ولا يحتوي نيوترونات. والديوتيريوم الذي يدعى أيضًا الهيدروجين الثقيل حيث يحتوي بروتونًا واحدًا ونيوترونًا واحدًا، وإلكترونًا واحدًا.
- التريتيوم وهو مشع ويحتوي على نيوترونين وإلكترون واحد، وبروتون واحد.

الخواص الفيزيائية والذرية للهيدروجين

درجة الانصهار	$-259^{\circ}C$
درجة الغليان	$-253^{\circ}C$
الكثافة	$8.98 \times 10^{-5} \text{ g/ml}$
نصف القطر الذري	78 pm
طاقة التأين الأولى	1312 kJ/mol
الكهروسالبية	2.2



يمكن أن تكون المواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف المنازل حمضية أو قلوية حسب تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة، وكلما كان تركيزها أكبر كانت درجة الحموضة أقل.

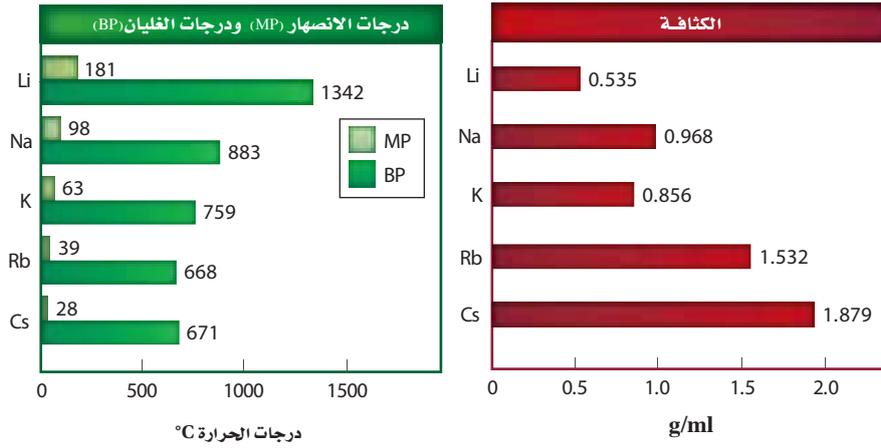
الاختبارات التحليلية

يعد الرقم الهيدروجيني pH مقياسًا لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في محلول مائي، فإذا عبّرنا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحدة mol/l فإن الرقم الهيدروجيني pH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين $-\log [H^+]$. فمثلاً: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين $1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ ، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

المجموعة 1: الفلزات القلوية Alkali Metals

الخواص الفيزيائية

- للفلزات القلوية مظهر فضي لامع.
- تكون الفلزات القلوية الصلبة لينة لدرجة يمكن قطعها بالسكين.
- لمعظم الفلزات القلوية كثافة منخفضة مقارنة بالعناصر الصلبة التابعة للمجموعات الأخرى. فعلى سبيل المثال، تكون كثافة كل من الصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم أقل من كثافة الماء.
- للفلزات القلوية درجات انصهار منخفضة، مقارنة بالفلزات الأخرى، ومنها الفضة والذهب.



Lithium

3

Li

[He]2s¹

Sodium

11

Na

[Ne]3s¹

Potassium

19

K

[Ar]4s¹

Rubidium

37

Rb

[Kr]5s¹

Cesium

55

Cs

[Xe]6s¹

Francium

87

Fr

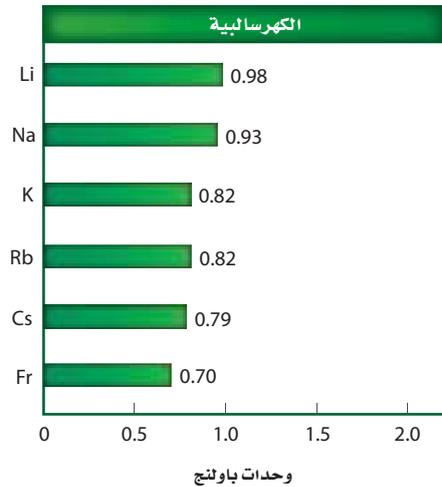
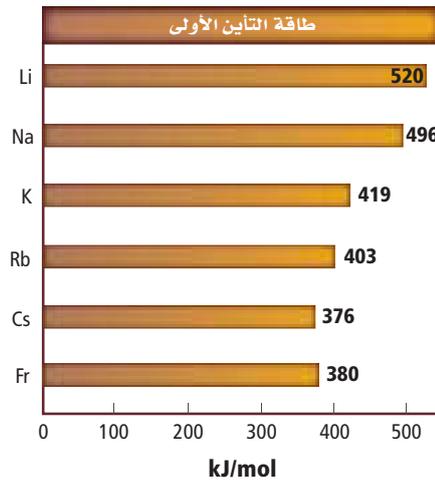
[Rn]7s¹

دليل العناصر الكيميائية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Li 152	Li ⁺ 76
Na 186	Na ⁺ 102
K 227	K ⁺ 138
Rb 248	Rb ⁺ 152
Cs 265	Cs ⁺ 167
Fr 270	

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 1 إلكترون تكافؤ واحد وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^1 .
- تفقد عناصر المجموعة 1 إلكترون التكافؤ الخاص بها لتكون أيوناً ذا شحنة موجبة +1.
- تزداد أنصاف أقطار الذرات وأنصاف أقطار الأيونات كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- تقل الكهروسالبية كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- لا توجد الفلزات القلوية في الطبيعة بشكل حر؛ لأنها نشطة جداً.
- لكل عنصر من عناصر الفلزات القلوية نظير واحد مشع على الأقل.
- بسبب ندرة عنصر الفرانسيوم، ولأنه يضمحل بسرعة كبيرة جداً فإن خواصه غير معروفة إلى الآن.



الاختبارات التحليلية

يمكن تعرف الفلزات القلوية من خلال اختبارات اللهب؛ فالليثيوم ينتج لهباً أحمر اللون، والصوديوم ينتج لهباً برتقالياً، بينما ينتج كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهباً بنفسجياً.



الليثيوم



الصوديوم



البوتاسيوم



الروبيديوم

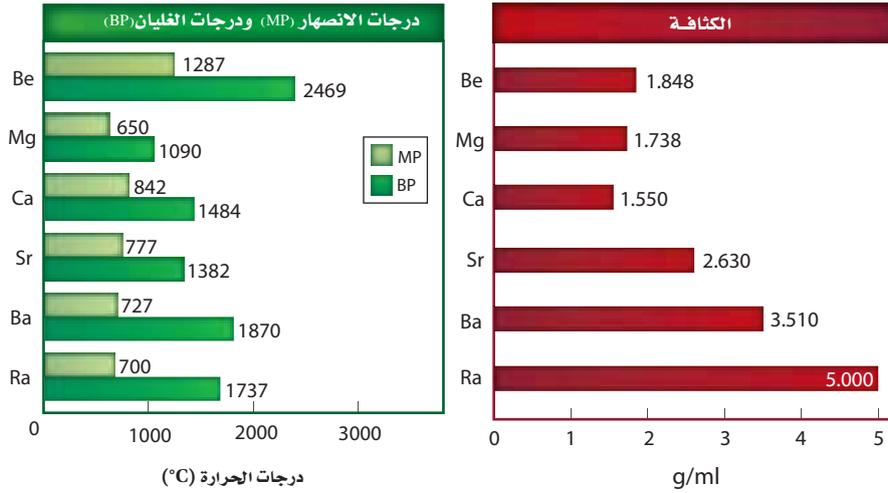


السيزيوم

المجموعة 2 : الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals

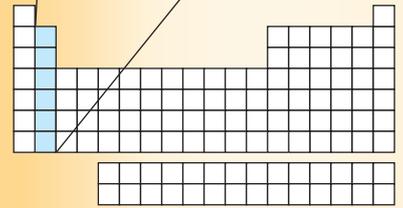
الخواص الفيزيائية

- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهر فضي لامع، وتتكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعد الفلزات القلوية الأرضية أصعب وأكثر كثافة وأقوى من العديد من عناصر المجموعة 1، ولكنها تبقى أقل صلابة من الكثير من الفلزات.
- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية درجات انصهار ودرجات غليان أكبر من الفلزات القلوية.
- تزداد الكثافة بشكل عام كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة.



Beryllium 4 Be [He]2s ²
Magnesium 12 Mg [Ne]3s ²
Calcium 20 Ca [Ar]4s ²
Strontium 38 Sr [Kr]5s ²
Barium 56 Ba [Xe]6s ²
Radium 88 Ra [Rn]7s ²

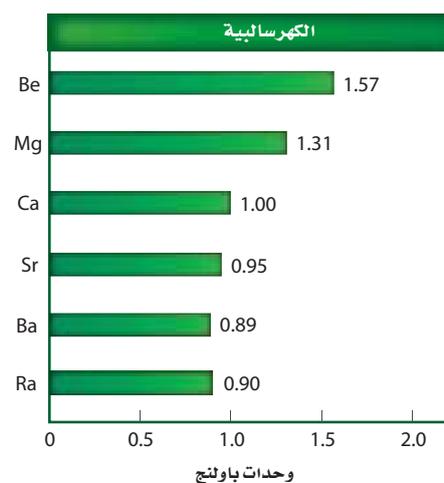
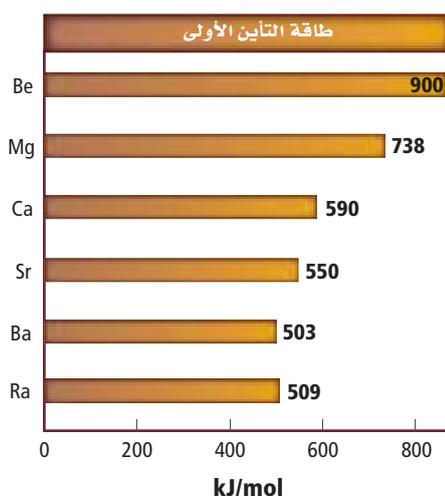
دليل العناصر الكيميائية



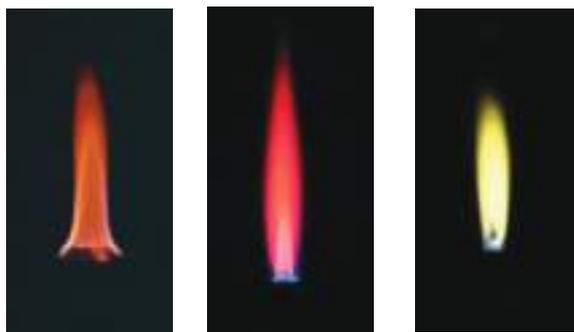
الخواص الذرية

- لكل عنصر من المجموعة 2 إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^2 .
- تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكترونات التكافؤ الخاصين بها لتكون أيوناً ذا شحنة ثنائية موجبة +2.
- يزداد نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من أنصاف أقطار ذرات المجموعة 1 وأنصاف أقطار أيوناتها.
- تقل الكهروسالبية وطاقة التأين كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها يكونان أكبر من عناصر المجموعة 1.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Be 112	Be ²⁺ 31
Mg 160	Mg ²⁺ 72
Ca 197	Ca ²⁺ 100
Sr 215	Sr ²⁺ 118
Ba 222	Ba ²⁺ 135
Ra 220	



الاختبارات التحليلية



الكالسيوم

الإستراتشيوم

الباريوم

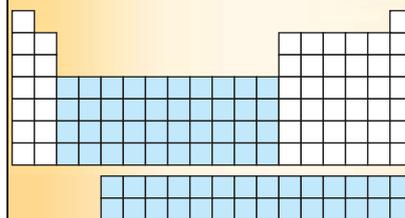
يمكن تعرّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم ينتج لهباً قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي، بينما ينتج الإستراتشيوم لهباً قرمزيّاً أقرب إلى اللون البنفسجي، أما الباريوم فينتج لهباً أصفر مخضراً.

الخواص الفيزيائية

- تشمل العناصر الانتقالية الرئيسية أربع سلاسل من الفئة d، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (104 - 109)، (72 - 80)، (39 - 48)، (21 - 30). أما العناصر الانتقالية الداخلية فتشمل عناصر الفئة f (وهي عناصر نادرة)، ضمن سلسلة اللانثانيدات، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (57 - 71)، وسلسلة الأكتينيدات التي تتراوح أعدادها الذرية بين (89 - 103)، وجميعها فلزات.
- تعد العناصر الانتقالية -كغيرها من الفلزات- جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة، وهي قابلة للسحب، مما يعني أنه من الممكن سحبها على شكل أسلاك، وهي أيضا مرنة قابلة للطرق، مما يعني إمكانية طرقها وسحبها على شكل صفائح.
- للعناصر الانتقالية عامة كثافة مرتفعة، ودرجات انصهار مرتفعة، وضغط بخاري منخفض. وتكون جميع العناصر الانتقالية صلبة عند درجة حرارة الغرفة ما عدا الزئبق، الذي يكون في الحالة السائلة.
- صلابة العناصر الانتقالية، وتوافرها بكثرة -ومنها الحديد- تجعلها تستخدم بوصفها مواد بناء.
- العديد من العناصر الانتقالية تعكس الضوء المرئي عند أطوال موجية محددة، مما يجعل بعض مركباتها تظهر ملونة ولامعة.
- غالبا ما يكون للعناصر الانتقالية خواص مغناطيسية، مما يعني أنها تنجذب إلى مجال مغناطيسي قريب منها. وتعد العناصر الانتقالية الثلاثة (الحديد والكوبلت والنيكل) ذات خواص مغناطيسية، حيث يمكن لهذه العناصر تكوين مجالها المغناطيسي الخاص بها.



عند تعرض برادة الحديد إلى مغناطيس تصبح مغناطيسًا، وتنجذب إلى المغناطيس وينجذب بعضها إلى بعض.



الخواص الذرية

- للعناصر الانتقالية الرئيسية مجالات ثانوية d غير مكتملة.
- تتضمن العناصر الانتقالية الداخلية سلسلة اللانثانيدات وسلسلة الأكتينيدات، وهذه العناصر مجالات ثانوية f غير مكتملة.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تعرف خواصها الكيميائية؛ فكلما كان عدد الإلكترونات غير المرتبطة في المجال الثانوي d أكبر كان العنصر أكثر صلابة وكانت درجات الانصهار والغليان أعلى.
- تسبب الإلكترونات غير المرتبطة في مجالات f و d الخواص المغناطيسية للعناصر الانتقالية.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تكوين المركبات الملونة؛ إذ تستطيع المركبات التي تحتوي إلكترونات غير مرتبطة في المجال d امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصر الانتقالية في الحجم الذري، والكهروسالبية، وطاقة التأين، عند الانتقال في الدورة الواحدة من اليسار إلى اليمين.

أعداد تأكسد الدورة الأولى للعناصر الانتقالية								
				+3			Sc	
			+4	+3	+2	+1	Ti	
		+5	+4	+3	+2	+1	V	
	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Cr
+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Mn
	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Fe
		+5	+4	+3	+2	+1	0	Co
			+4	+3	+2	+1		Ni
				+3	+2	+1		Cu
					+2			Zn

- تستطيع العناصر الانتقالية تكوين أيونات من خلال أعداد تأكسد مختلفة.



لعناصر المركبات الانتقالية ألوان بسبب الامتلاء الجزئي للمجال d، وتستطيع الإلكترونات فيها امتصاص الضوء المرئي لأطوال موجية محددة، أما المركبات التي تحتوي مجالاً ممتلئاً أو فارغاً تماماً من الإلكترونات فإنها لا تكون ألواناً براقاً.

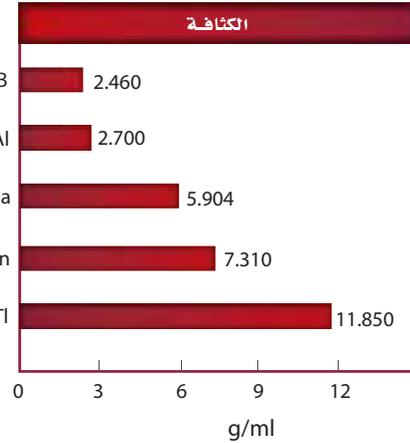
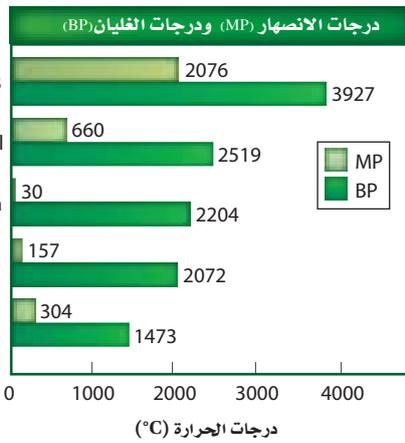
الاختبارات التحليلية

لاحظ ألوان مركبات العناصر الانتقالية في الشكل المجاور، تمتص هذه العناصر أطوالاً موجية مختلفة من الضوء عند وضعها في المحاليل. يستخدم الطيف المرئي عملية امتصاص الضوء عند أطوال موجية محددة لقياس تركيز المركبات الملونة في المحلول. تستخدم هذه الطريقة في التحليل التفاعلي الذي يحدث بين إلكترونات التكافؤ للعناصر الانتقالية، والضوء المرئي. ولأن الكثير من مركبات العناصر الانتقالية ذات ألوان فإنه يصبح من الممكن استخدام هذه التقنية في تحليل العناصر الانتقالية.

المجموعة 13: مجموعة البورون Boron Group

الخواص الفيزيائية

- لمعظم عناصر المجموعة 13 من الفلزات مظهر فضي لامع، ما عدا البورون الذي له لون أسود، والثاليوم ذو لون فضي غير لامع، ولكنه يتأكسد بسرعة.
- يعد البورون من أشباه الفلزات، بينما باقي عناصر المجموعة 13 من الفلزات.
- عناصر هذه المجموعة خفيفة الوزن نسبيًا، وطرية، ما عدا البورون الذي يعد صلبًا جدًا كاللماس.
- تكون عناصر المجموعة 13 صلبة عند درجة حرارة الغرفة، وينصهر الجاليوم عند ارتفاع درجة حرارة الغرفة عن معدلها قليلاً.
- لعناصر المجموعة 13 درجة غليان أعلى من درجة غليان عناصر مجموعة الفلزات القلوية الأرضية، ودرجتا غليان وانصهار أقل من عناصر مجموعة الكربون.



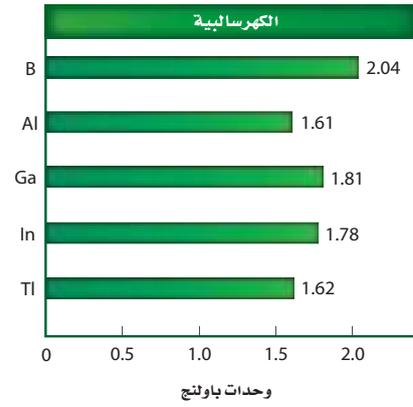
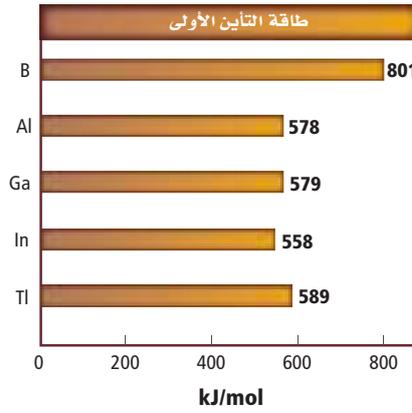
Boron 5 B [He]2s ² 2p ¹
Aluminum 13 Al [Ne]3s ² 3p ¹
Gallium 31 Ga [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹
Indium 49 In [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ¹
Thallium 81 Tl [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ¹

دليل العناصر الكيميائية

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^1$.
- تفقد عناصر المجموعة 13 - ما عدا البورون - إلكترونات تكافؤها الثلاث لتكون أيوناً ذا شحنة ثلاثية موجبة +3. ولبعض العناصر - ومنها (Ga, In, Tl) - القدرة على فقد إلكترون واحد فقط من إلكترونات تكافؤها لتكون أيوناً ذا شحنة أحادية موجبة +1 يتشارك البورون فقط في الروابط التساهمية.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل، وحجوم عناصرها مشابهة لحجوم عناصر المجموعة 14.
- تقل طاقة التأين لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
B 85	B ³⁺ 20
Al 143	Al ³⁺ 50
Ga 135	Ga ³⁺ 62
In 167	In ³⁺ 81
Tl 170	Tl ³⁺ 95



الاختبارات التحليلية

معظم عناصر مجموعة البورون - ما عدا الألومنيوم، الذي يعد واحداً من العناصر الأكثر وفرة في قشرة الأرض - نادرة ولا يمكن العثور عليها حرة في الطبيعة. ويمكن تعرّف ثلاثة منها باختبارات اللهب، كما هو موضح في الجدول. فينتج البورون اللون الأخضر الساطع، في حين ينتج الإنديوم اللون الأزرق النيلي. وينتج الثاليوم اللون الأخضر. وتتضمن أكثر الأساليب دقة في تعرّف العناصر تقنيات الطيف وتقنيات التصوير المتقدمة.

نتائج اختبار اللهب	
لون اللهب	العنصر
وميض أخضر ساطع	البورون
لون أزرق نيلي	الإنديوم
أخضر	الثاليوم

في حين ينتج الإنديوم اللون الأزرق النيلي. وينتج الثاليوم اللون الأخضر. وتتضمن أكثر الأساليب دقة في تعرّف العناصر تقنيات الطيف وتقنيات التصوير المتقدمة.



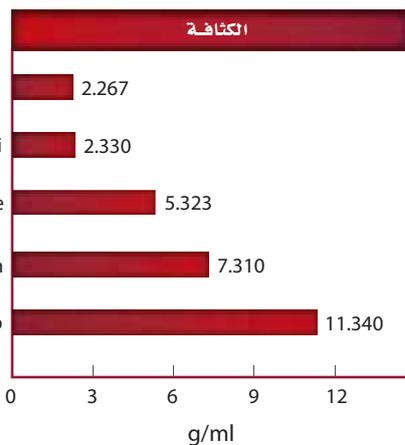
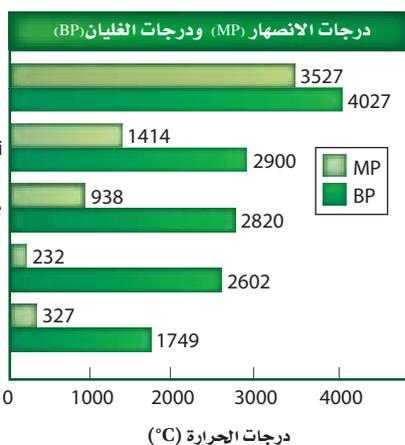
الإنديوم

تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

المجموعة 14: مجموعة الكربون Carbon Group

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة. فالكربون لافلز. بينما السليكون والجرمانيوم أشباه فلزات. أما القصدير والرصاص ففلزات.
- يمكن أن يوجد الكربون على شكل مسحوق أسود؛ أو مادة طرية، أو مادة صلبة زلقة رمادية اللون؛ أو مادة صلبة شفافة؛ أو مادة صلبة ذات لون برتقالي قريب إلى الأحمر.
- يمكن للسليكون أن يكون مسحوقاً نبيئاً أو مادة صلبة رمادية لامعة.
- الجرمانيوم شبه فلز صلب ولامع، لونه رمادي- أبيض، يمكن أن يكسر بسهولة.
- للقصدير أيضاً شكلان؛ حيث يوجد على شكل فلز صلب فضي اللون مائل إلى اللون الأبيض، كما يوجد أيضاً على شكل فلز صلب رمادي لامع. وكلاهما قابل للطرق والسحب والتشكيل.
- الرصاص مادة فلزية لامعة رمادية، ليثة، قابلة للطرق والسحب.
- تقل درجات الانصهار والغليان، وتزداد الكثافة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.



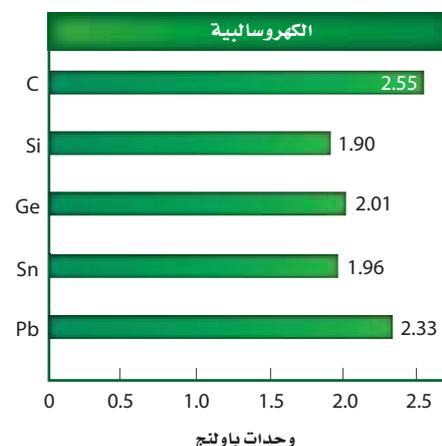
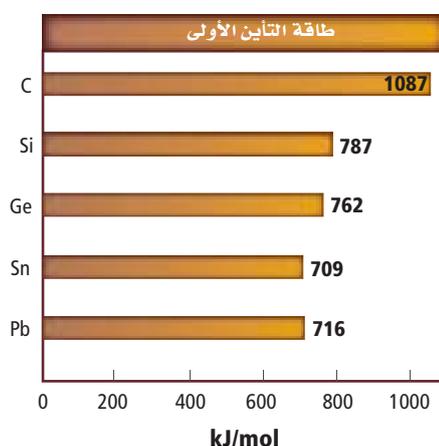
Carbon 6 C [He]2s ² 2p ²
Silicon 14 Si [Ne]3s ² 3p ²
Germanium 32 Ge [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ²
Tin 50 Sn [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ²
Lead 82 Pb [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ²

دليل العناصر الكيميائية

الخواص الذرية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
C 77	C ⁴⁺ 15
Si 118	Si ⁴⁺ 41
Ge 122	Ge ⁴⁺ 53
Sn 140	Sn ⁴⁺ 71
Pb 146	Pb ⁴⁺ 84

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 14 أربعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^2$.
- تشارك عناصر مجموعة الكربون في الروابط التساهمية بعدد تأكسد +4. ويمكن للقصدير والرصاص أيضاً أن يكون لهما عدد تأكسد +2. وللكربون والسليكون في بعض المركبات عدد تأكسد -4.
- يوجد كل من الكربون والسليكون والقصدير بأشكال بلورية مختلفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تتشابه مع أنصاف أقطار عناصر المجموعة 13.
- لعناصر المجموعة 14 - ما عدا الكربون - طاقات تآين متماثلة، وليس هناك تباين في الكهروسالبية بين هذه العناصر.



الاختبارات التحليلية



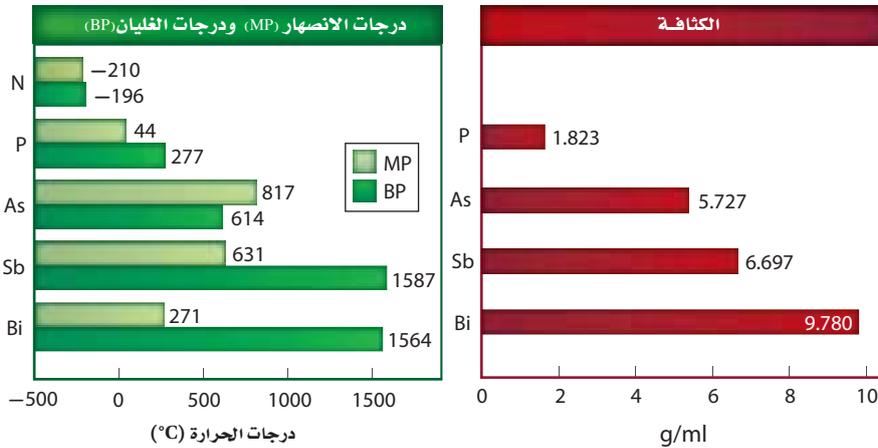
لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 14، من خلال اختبارات اللهب؛ لأن هذه العناصر ترتبط مع غيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الرصاص الذي ينتج ضوءاً أزرق اللون. ويمكن تعرّف عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، و من خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يكون الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتهما إلى محاليل محددة.

عند إضافة نترات الرصاص إلى يوديد البوتاسيوم ينتج راسب أصفر من يوديد الرصاص.

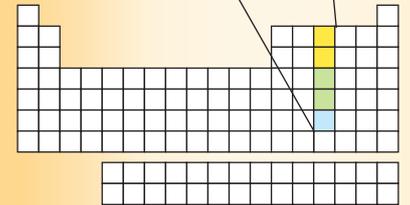
المجموعة 15: مجموعة النيتروجين Nitrogen Group

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية - تمامًا كعناصر المجموعة 14- كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة؛ فالنيتروجين والفوسفور لافلزات، بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البزموت ففلز.
- تختلف أشكال عناصر مجموعة النيتروجين تمامًا كعناصر المجموعة 14.
- يكون النيتروجين على شكل غاز عديم اللون والرائحة .
- يوجد الفوسفور على ثلاثة أشكال بلورية جميعها صلب، وتكون هذه الأشكال بيضاء أو حمراء أو سوداء.
- يكون الزرنيخ صلبًا ولامعًا، ولونه رمادي مائل إلى اللون الأبيض، وهش. ويمكن أن يكون صلبًا ذا لون أصفر باهت تحت ظروف محددة. ويتسامى الزرنيخ عند تسخينه.
- الأنتيمون صلب، فضي - رمادي اللون، لامع، هش.
- البزموت صلب ذو لون رمادي لامع أقرب إلى اللون الوردي. وهو أقل الفلزات في الجدول الدوري توصيلًا للكهرباء، وهو هش أيضًا.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضًا كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 15.



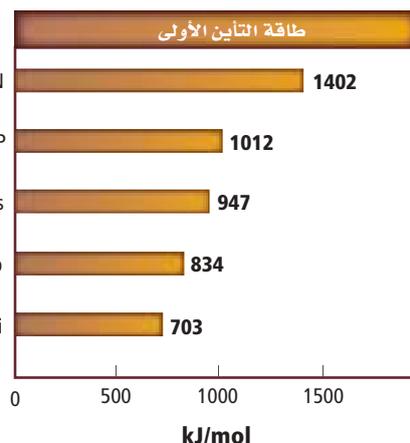
Nitrogen 7 N [He]2s ² 2p ³
Phosphorus 15 P [Ne]3s ² 3p ³
Arsenic 33 As [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ³
Antimony 51 Sb [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ³
Bismuth 83 Bi [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ³



الخواص الذرية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
N 75	N ³⁻ 146
P 110	P ³⁻ 212
As 120	As ³⁻ 222
Sb 140	Sb ⁵⁺ 62
Bi 150	Bi ⁵⁺ 74

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 15 خمسة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^3$.
- النيتروجين ضعيف النفاذية المغناطيسية، مما يعني أنه لا ينجذب إلى المجال المغناطيسي، وهذا يدل على أن إلكتروناته جميعها مرتبطة.
- للنيتروجين عدد تأكسد يتراوح بين -3 و +5.
- للفوسفور والزرنيخ والأنتيمون أعداد تأكسد -3 و +3 و +5.
- للبيزموث أعداد تأكسد +3 و +5.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبة، ويزداد نصف القطر الذري كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.



الاختبارات التحليلية



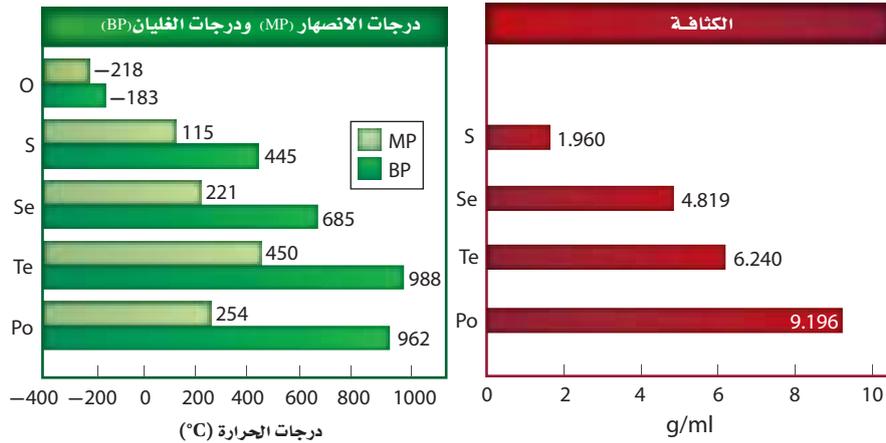
لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأن معظم هذه العناصر لافلزنية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءاً أخضر خافتاً أو أزرق عند تعريضه للهب، والبيزموث الذي يصدر ضوءاً أزرق مائلاً إلى البنفسجي.

يمكن تعرّف عناصر مجموعة النيتروجين من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يتكون راسب من أيونات البزموت عند إضافتها إلى هيدروكسيد القصدير وهيدروكسيد الصوديوم. ويمكن تعرّف مركبات الأمونيوم التي تحتوي على النيتروجين من خلال الرائحة المميزة التي تصدر عند إضافتها إلى هيدروكسيد الصوديوم، ومن خلال تغير اللون الحاصل لورقة تباع الشمس الحمراء الموضوعة على فوهة أنبوب الاختبار.

المجموعة 16: مجموعة الأكسجين Oxygen Group

الخواص الفيزيائية

- في درجة حرارة الغرفة يكون الأكسجين غازاً نقيًا ، عديم الرائحة، بينما يكون باقي عناصر المجموعة 16 مواد صلبة.
- لبعض عناصر المجموعة 16 أشكال بلورية عديدة شائعة. فيمكن أن يوجد الأكسجين على شكل O_2 أو O_3 (الأوزون). وللكبريت أيضًا الكثير من الأشكال البلورية. أما السيلينيوم فله ثلاثة أشكال بلورية شائعة: رمادي غير متبلور، وبلوري أحمر، أو على شكل مسحوق ذي لون أحمر مائل إلى الأسود.
- يعدُّ كل من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم لافلزات، بينما التيرونيوم والبولونيوم أشباه فلزات.
- للأكسجين خواص مغناطيسية، وهذا يعني أنه يمكن لمغناطيس قوي أن يجذب جزيئات الأكسجين.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة 16 ما عدا البولونيوم مع زيادة العدد الذري. وتزداد الكثافة لجميع عناصر المجموعة 16 بزيادة العدد الذري لها.

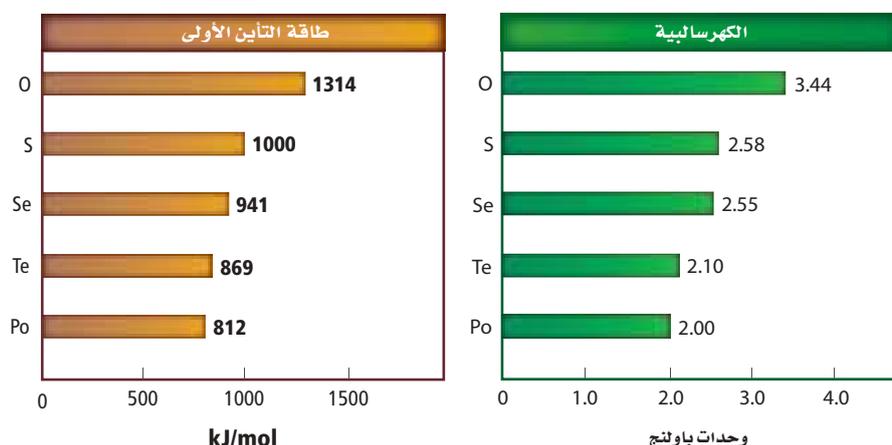


Oxygen 8 O [He]2s ² 2p ⁴
Sulfur 16 S [Ne]3s ² 3p ⁴
Selenium 34 Se [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁴
Tellurium 52 Te [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁴
Polonium 84 Po [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ⁴

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 16 ستة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^4$.
- يمكن لعناصر المجموعة 16 أن يكون لها أعداد تأكسد مختلفة، فمثلاً للأكسجين أعداد تأكسد -2 و -1، وللكبريت أعداد تأكسد +2 و +4 و +6.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبيهة، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.
- للبولونيوم 27 نظيراً معروفاً، وجميعها نظائر مشعة.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
O 73	O ²⁻ 140
S 103	S ²⁻ 184
Se 119	Se ²⁻ 198
Te 142	Te ²⁻ 221
Po 168	



الاختبارات التحليلية

يمكن قياس نسبة وجود الأكسجين بطرائق عدة، وفي بيئات مختلفة؛ فمثلاً يمكن لجهاز قياس ذائبية الأكسجين أن يقيس نسبة الأكسجين المذاب في عينة من الماء، حيث يستخدم هذا الجهاز التفاعلات الكهروكيميائية التي تعمل على تحويل جزيئات الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد. وقياس هذا الجهاز التيار الكهربائي الناتج خلال هذا التفاعل، فكلما كان تركيز الأكسجين أكبر كان التيار أكبر.

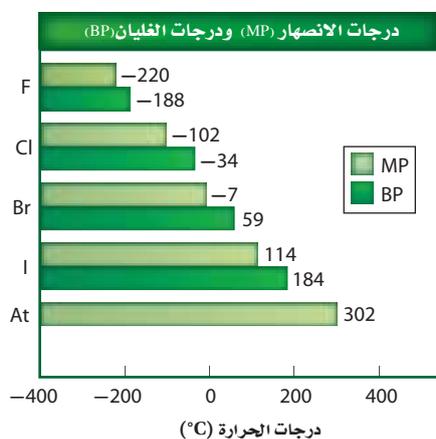


فحص ذائبية الأكسجين أحد تحاليل مراقبة جودة الماء.

المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات Halogens Group

الخواص الفيزيائية

- عند درجة حرارة الغرفة يكون الفلور والكلور في الحالة الغازية. ويكون البروم - بالإضافة إلى الزئبق - سائلاً. أما اليود فمادة صلبة تتسامى بسهولة.
- الفلور غاز أصفر باهت. والكلور غاز أصفر مائل إلى اللون الأخضر. أما البروم فسائل أحمر مائل إلى البني، بينما اليود صلب، لونه أزرق غامق.
- تزداد درجة غليان ودرجة انصهار عناصر المجموعة 17 كلما زاد العدد الذري.



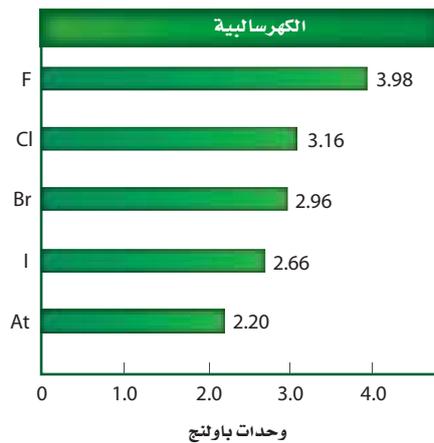
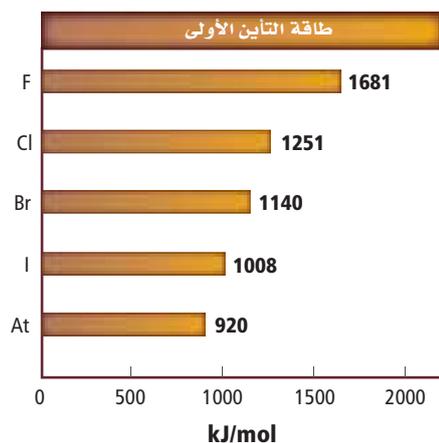
عند درجة حرارة الغرفة يتسامى اليود، وتظهر بلوراته بلون أزرق غامق، وتتصاعد أبخرة بنفسجية.

Fluorine 9 F [He]2s ² 2p ⁵
Chlorine 17 Cl [Ne]3s ² 3p ⁵
Bromine 35 Br [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵
Iodine 53 I [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁵
Astatine 85 At [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ⁵

الخواص الذرية

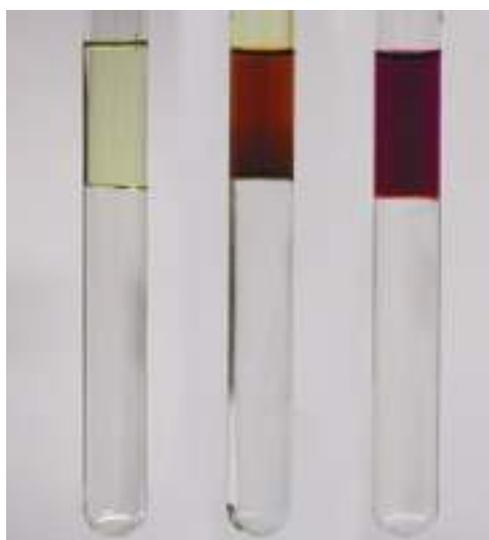
- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^5$.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعدّ الفلور العنصر الأكثر كهروسالبية في الجدول الدوري. لذلك لديه ميل أكبر لجذب الإلكترونات.
- الأستاتين عنصر مشع، ولكن استخداماته غير معروفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
F 72	F ¹⁻ 133
Cl 100	Cl ¹⁻ 181
Br 114	Br ¹⁻ 195
I 133	I ¹⁻ 220



الاختبارات التحليلية

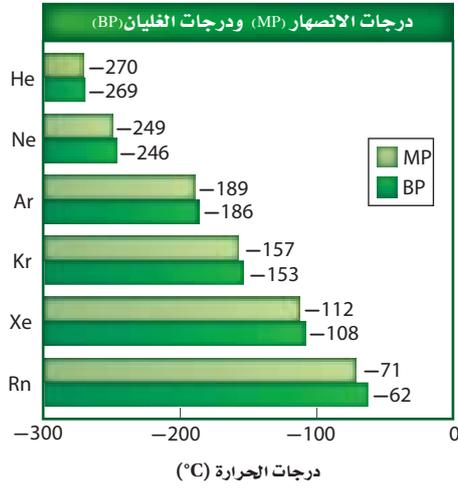
يمكن تعرّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم واليود مع نترات الفضة ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكلوريد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حليبي اللون، أما يوديد الفضة فراسب أصفر. ويمكن تعرّف الكلور والبروم واليود أيضا من خلال ذوبانهم في الهكسان الحلقي. فكما هو مبين في الشكل، يتحول المحلول إلى اللون الأصفر في حالة الكلور، والبرتقالي عند إضافة البروم، والبنفسجي عند إضافة اليود.



تذوب الهالوجينات قليلاً في الماء (لاحظ الطبقة السفلى). ولكن في الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، يذوب كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي) واليود (البنفسجي).

المجموعة 18: مجموعة الغازات النبيلة Noble Gases

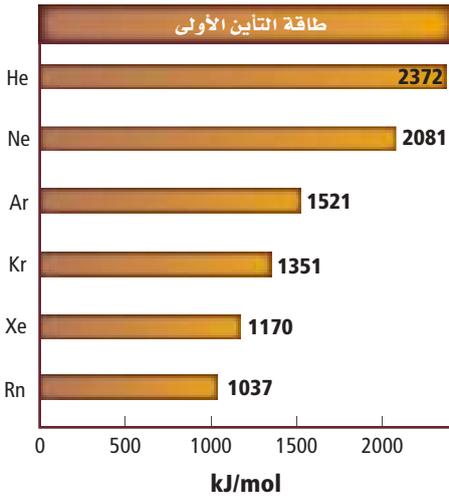
الخواص الفيزيائية



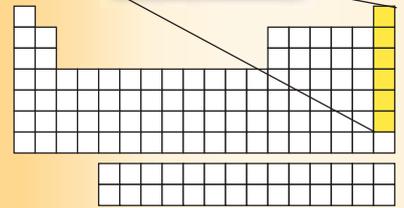
- تمتاز عناصر المجموعة 18 بأنها غازات عديمة اللون والرائحة.
- جميعها لافلزات.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تبقى أقل من باقي عناصر الجدول الدوري.

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 18 ثمانية إلكترونات تكافؤ في مجاله الأخير. وتوزيع إلكترونات ينتهي بـ $ns^2 np^6$ ما عدا الهيليوم، الذي له إلكترونان فقط.
- جميع عناصر الغازات النبيلة وحيدة الذرة، وتوجد في صورة غير مرتبطة.
- للغازات النبيلة طاقات تأين أولى أكبر من عناصر الجدول الدوري جميعها.



Helium 2 He $1s^2$
Neon 10 Ne $[\text{He}]2s^22p^6$
Argon 18 Ar $[\text{Ne}]3s^23p^6$
Krypton 36 Kr $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^6$
Xenon 54 Xe $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^6$
Radon 86 Rn $[\text{Xe}]6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$



الاختبارات التحليلية

لأن الغازات النبيلة عديمة اللون والرائحة، وتكون عموماً غير نشطة، فإن العديد من التجارب التحليلية المستخدمة في تعرّف هذه العناصر ليست مفيدة. ومع ذلك، فإن الغازات النبيلة تصدر ضوءاً ذا ألوان محددة ينبعث عندما تتعرض لتيار كهربائي، ويظهر لها طيف خطي.



عندما يمر التيار الكهربائي خلال غاز النيون يظهر لون أزرق، وطيف خطي مميز.

المصطلحات



(ت)

التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

النسبة المئوية الكتلية لكل عنصر في المركب.

التردد Frequency عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية.

تدرج خواص العناصر Periodic Law ترتيب العناصر وفق تزايد أعدادها الذرية، بحيث يؤدي إلى تدرج في خواص هذه العناصر.

تركيب لويس Lewis Structure نموذج يتم فيه تمثيل إلكترونات التكافؤ فقط على شكل نقاط أو خطوط للإلكترونات المرتبطة.

التفاعل الطارد للطاقة Exothermic التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الماص للطاقة Endothermic التفاعل الكيميائي الذي يحتاج إلى كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من الطاقة التي تنبعث عندما تتكون روابط جديدة في جزيئات المواد الناتجة.

التمثيل النقطي للإلكترونات Electron-Dot Structure طريقة تمثيل إلكترونات التكافؤ حول رمز العنصر باستعمال النقط.

التهجين Hybridization الطريقة التي يتم فيها خلط المجالات الفرعية لتكوين مجالات جديدة مهجنة ومتماثلة.

(أ)

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

الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation هو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

إلكتروليت Electrolyte المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons الإلكترونات في مجال الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons

الإلكترونات التي تكوّن الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجذبة نحو ذرة بعينها.

الأيون Anion

الأيون الذي له شحنة سالبة.

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

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

الأيون العديد الذرات Polyatomic Ion الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر ويسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

أيون أكسجيني سالب أيون عديد الذرات، يتكون غالبًا من لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين.

(د)

الرابطة الأيونية Ionic Bond الرابطة التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

رابطة باي π Bond الرابطة المتكونة من تداخل المجالات المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات.

الرابطة التساهمية Covalent Bond الرابطة التي تنتج عن التشارك بالإلكترونات التكافؤ.

الرابطة التساهمية التناسقية Coordinate Covalent Bond الرابطة التساهمية التي تقدم فيها إحدى الذرات زوجاً من الإلكترونات لذرة أخرى أو أيون بحاجة إلى زوج الإلكترونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

الرابطة التساهمية القطبية Polar Covalent Bond الرابطة التي تنشأ عندما لا تكون المشاركة بالإلكترونات متساوية.

رابطة سيجما Sigma Bond الرابطة التساهمية الأحادية الناتجة عن اشتراك زوج من الإلكترونات نتيجة التداخل المباشر لمجالات الذرات.

الرابطة الفلزية Metallic Bond قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحرة الحركة.

الرابطة الكيميائية Chemical Bond عبارة عن قوة تجاذب تنشأ بين ذرتين أو أكثر من خلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسابها أو المساهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

الرابطة التساهمية غير القطبية Non-polar covalent Bond تنشأ بين ذرتين متماثلتين يكون فرق الكهروسالبية للإلكترونات الرابطة صفرًا.

الرنين Resonance الحالة التي تحدث عند وجود أكثر من تركيب لويس واحد للمركب أو الأيون.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration ترتيب الإلكترونات في الذرة وفقاً لثلاث قواعد، هي مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.

(ث)

ثابت بلانك Planck's constant

يساوي $6.626 \times 10^{-34} \text{J.s}$

(ج)

الجزء Molecule أصغر جزء في المركب يحمل صفاته.

(ح)

حالة الاستقرار Ground State حالة الذرة في أدنى مجال للطاقة.

حالة الإثارة Excited State عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة، تصبح في حالة إثارة.

الحسابات الكيميائية Stoichiometry دراسة العلاقات الكمية بين كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعلات الكيميائية وذلك اعتماداً على قانون حفظ الكتلة.

الحمض الأكسجيني Oxyacid أي حمض يتكون من الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

(د)

الدورات Periods الصفوف الأفقية في الجدول الدوري الحديث للعناصر.



الصيغة البنائية Structural Formula النموذج الجزيئي الذي يستخدم الرموز والروابط لتوضيح المواقع النسبية للذرات، ويمكن التنبؤ بالعديد من الصيغ البنائية للجزيئات بعد رسم تركيب لويس لها.

الصيغة الجزيئية Molecular Formula الصيغة التي تبين العدد الفعلي لكل عنصر في المركب.

(ط)

طاقة البلورة Lattice Energy الطاقة اللازمة لفصل 1mol من الأيونات من مركب أيوني، والتي تعتمد على مقدار حجم الأيون وشحنته.

طاقة التأين Ionization Energy الطاقة اللازمة لانتزاع أبعد إلكترون تكافؤ من ذرة عنصر في الحالة الغازية.

طاقة الشبكة البلورية Crystal Lattice Energy الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

الطيف الكهرومغناطيسي سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط.

الطول الموجي Wavelength اقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين.

طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر.

(ع)

عدد التأكسد Oxidation Number الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

(س)

سرعة الموجة Wave speed المسافة التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها في الفراغ.

السبيكة Alloy مخلوط من عدة عناصر لها خواص فلزية، وتتكون عادة من عناصر متماثلة الحجم، أو يكون أحد العناصر أصغر كثيراً من العنصر الآخر.

سلسلة الأكتينيدات Actinide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 7 التي تلي عنصر الأكتينيوم.

سلسلة اللانثانيدات Lanthanide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 6 التي تلي عنصر اللانثانيوم.

سعة الموجة Amplitude مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل.

(ش)

الشبكة البلورية Crystal Lattice تركيب ثلاثي الأبعاد يتكون من جسيمات بحيث يحيط الأيون الموجب عدد من الأيونات السالبة، ويحيط الأيون السالب عدد من الأيونات الموجبة، وتختلف البلورات في شكلها وفقاً لاختلاف حجوم الأيونات وأعدادها.

الإشعاع الكهرومغناطيسي شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

(ص)

الصيغة الأولية Empirical Formula الصيغة التي تبين أصغر نسبة مولات بين أعداد الذرات النسبية في المركب، وقد تمثل أو لا تمثل الصيغة الجزيئية (الفعالية) لهذا المركب.

الفلزات القلوية Alkali Metals عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائيًا، وتوجد عادة متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals عناصر المجموعة 2 في الجدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشطة كيميائيًا.

الفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كمًّا من الطاقة.

(ق)

قاعدة الثمانية Octet Rule تنص على أن الذرات تسعى إلى اكتساب الإلكترونات أو خسارتها أو المشاركة بها؛ لكي تصل للتركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

قاعدة هوند Hund's Rule تنص على أن تعبئة الإلكترونات في المجالات المتساوية الطاقة يتم بشكل فردي قبل البدء بإضافة الإلكترون الثاني للمجال نفسه؛ إذ لا يمكن لإلكترونين لهما نفس اتجاه الحركة أن يشغلا المجال نفسه.

(ك)

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكهروسالبية Electronegativity خاصية تشير إلى قدرة ذرات العناصر على جذب الإلكترونات عند تكوين الرابطة الكيميائية.

الكم Quantum أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

(ل)

اللافلزات Nonmetals عناصر تكون عمومًا إما غازات أو مواد صلبة معتمدة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

عدد الكم الرئيسي Principal Quantum Number-n عدد يتم تعيينه في ضوء النموذج الكمي ليدل على الحجم النسبية وطاقات المجالات.

العدد الكمي Quantum Number العدد المخصص لوصف الإلكترون في مجالات الطاقة الرئيسة.

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

العناصر الممثلة Representative Elements

العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

(غ)

الغازات النبيلة Noble Gases عناصر المجموعة 18 الخاملة جدًا.

(ف)

الفلزات Metals العناصر التي تكون في الحالة الصلبة في درجة حرارة الغرفة، وهي موصلة جيدة للحرارة والكهرباء، وتكون بشكل عام لامعة وقابلة للطرق والسحب.

الفلزات الانتقالية Transition metals العناصر التي توجد في المجموعات 3 - 12، وتنتمي إلى الفئة d في الجدول الدوري، مع وجود بعض الاستثناءات التي تتعلق بامتلاء المجال s من مجال الطاقة n، وامتلاء أو نصف امتلاء مجالات d من مجال الطاقة n-1.

الفلزات الانتقالية الداخلية Inner Transition Metals العناصر الانتقالية التي تنتمي إلى الفئة f في الجدول الدوري، وتتميز بأن مجالات 4f، و 5f تكون ممثلة أو ممثلة جزئيًا.

الملح المائي Hydrates مادة أيونية صلبة يرتبط بذراتها عدد محدد من جزيئات الماء.

(ن)

نسبة المردود المئوية Percent Yield النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والناتج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

نموذج بحر الإلكترونات Electron Sea Model يقترح هذا النموذج تشارك جميع الذرات في الفلز الصلب بالإلكترونات التكافؤ مكونة بحرًا من الإلكترونات، وهي يفسر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model نموذج التنافر بين إلكترونات التكافؤ والذي يعتمد على ترتيب الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية.

النسبة المولية Molarity ratio نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة.

النموذج الكمي للذرة Quantum Model of the Atom النموذج الذي يتم فيه التعامل مع الإلكترونات على أنها موجات.

(هـ)

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

(و)

وحدة الصيغة الكيميائية Formula Unit أبسط نسبة يمكن أن تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

(م)

المادة المتفاعلة الفائضة Excess Reactant المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant المادة المتفاعلة التي تستهلك تمامًا خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.

مبدأ أوفباو Aufbau Principle ينص على أن كل إلكترون يسعى لأن يكون في المجال الأقل طاقة.

مبدأ باولي Pauli Exclusion Principle ينص على أن المجال لا يمكن أن يتسع لأكثر من إلكترونين، على أن لا يكون لهما نفس اتجاه الحركة.

مبدأ هايزنبرج للشك Heisenberg Uncertainty Principle ينص على أنه لا يمكن معرفة مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

مجال الطاقة الرئيس Principal Energy Level أحد مجالات الطاقة الرئيسة في الذرة.

مجال الطاقة الثانوي Energy Sublevel تكوّن مجالات الطاقة الثانوية مجال الطاقة الرئيس.

المجال الفرعي Atomic Orbital منطقة ذات ثلاثة أبعاد، توجد حول نواة الذرة، وهي تصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترونات.

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

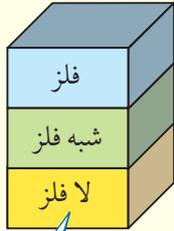
المردود الفعلي Actual Yield مقياس كمية ناتج التفاعل.

المردود النظري Theoretical Yield القيمة القصوى لنواتج التفاعل.

المركبات الأيونية Ionic Compounds المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

المستوى يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزاً أو شبه فلز أو لا فلز.

			13	14	15	16	17	18
			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	Helium 2 He 4.003
			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	Neon 10 Ne 20.180
10	11	12						
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	Argon 18 Ar 39.948
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	Krypton 36 Kr 83.798
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)	Xenon 54 Xe 131.293
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennesine 117 Ts 294.211	Radon 86 Rn (222)

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Hydrogen 1 H 1.008	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305								
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	
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	
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	
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)	

العنصر
العدد الذري
الرمز
الكتلة الذرية

حالة المادة

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً للمكان.

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)