

تم تحميل وعرض العادة من



موقع منهجي منصة تعليمية توفر كل ما يحتاجه المعلم والطالب من حلول الكتب الدراسية وشرح للدروس بأسلوب مبسط لكافة المراحل التعليمية وتوازيع المناهج وتحاضير وملخصات ونماذج اختبارات وأوراق عمل جاهزة للطباعة والتحميل بشكل مجاني

حمل تطبيق منهجي ليصلك كل جديد



EXPLORE IT ON
AppGallery

GET IT ON
Google Play

Download on the
App Store



قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



المملكة العربية السعودية

الكيمياء ٢-١

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

يُوزع مجاناً ولابدّاع



وزارة التعليم
Ministry of Education
٢٠٢٤ - ١٤٤٦

طبعة 2024 - 1446

ح (وزارة التعليم ، ١٤٤٥ هـ)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

وزارة التعليم

كيمياء ٢ - التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة الثانية . /

وزارة التعليم - الرياض ، ١٤٤٥ هـ .

ص ٢٤٣ : ٢٧، ٥ X ٢١ ، سم

رقم الإيداع : ١٤٤٥ / ٢٠٠٣٤

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٠١٧-٢٧٧-١

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بال التربية 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، والصلاه 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 متقدمة 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 التعليمية.

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 والتحولات التي تطرأ على المادة. فالنفط الخام يحول إلى منتجات نفطية قابلة للاستخدام بطرق كيميائية، وكذلك تحويل بعض المنتجات النفطية إلى مواد بلاستيكية. والمواد الخام المعدنية يستخلص منها الفلزات التي تستخدم في العديد من الصناعات الدقيقة، وفي صناعة السيارات والطائرات. والأدوية المختلفة تستخلص من مصادر طبيعية ثم تفصل وتركب في مختبرات كيميائية. ويتم في هذه المختبرات تعديل مواصفات هذه الأدوية لتتوافق مع المواصفات الصيدلانية، وتلبي متطلبات الطب الحديث.

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجه 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 التمهيدية



للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي ستناولها 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 يعزز أيضاً مبدأ رؤية 2030 " تعلم لعمل " .

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 مظللة باللون الأصفر، وتجد أيضاً أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتتضمن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهتمك 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 تدعها في بداية كل فصل.

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

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

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 7

الفصل 4

المركبات الأيونية والفلزات 138

140	4-1 تكون الأيون 140
144	4-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية 144
152	4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها 152
159	4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات 159
162	الكيمياء من واقع الحياة: الموضة القاتلة 162

الفصل 5

172	الروابط التساهمية
174	5-1 الرابطة التساهمية 174
182	5-2 تسمية الجزيئات 182
187	5-3 التركيب الجزيئي 187
196	5-4 أشكال الجزيئات 196
200	5-5 الكهروسالبية والقطبية 200
206	كيف تعمل الأشياء؟ الأقدام اللاصقة 206

الملاحق

216	دليل العناصر الكيميائية 216
236	المصطلحات 236
242	الجدول الدوري للعناصر 242

الفصل 1

10	الحسابات الكيميائية
12	1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية 12
22	1-2 صيغ الأملاح المائية 22
26	1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية 26
31	1-4 حسابات المعادلات الكيميائية 31
37	1-5 المادة المحددة لتفاعل 37
44	1-6 نسبة المردود المئوية 44
49	الكيمياء والصحة: محاربة السلالات المقاومة 49

الفصل 2

66	الإلكترونات في الذرات
68	2-1 الضوء وطاقة الكم 68
78	2-2 نظرية الكم والذرة 78
88	2-3 التوزيع الإلكتروني 88
95	الكيمياء والصحة: ملقط الليزر 95

الفصل 3

104	الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر 104
106	3-1 تطور الجدول الدوري الحديث 106
114	3-2 تصنيف العناصر 114
119	3-3 تدرج خواص العناصر 119
127	الكيمياء والصحة: العناصر في جسم الإنسان 127

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 تقرؤه طلباً للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.



▶ يبدأ كل فصل بتجربة استهلاكية تقدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة **الاستهلاكية**، لتكشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

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

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من الفكرة (العامة وال فكرة) الرئيسية والتجربة الاستهلاكية ؟ فهي تزودك بنظرة عامة تمهدية لهذا الفصل.

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

نشاطات تمهدية

المخطوطة مخطوطات الاعتار

خطوة 1 أثنى الورقة طويًا منتصف الصنف.

خطوة 2 أثنى الورقة من الصنف ثم النها من الصنف مرة أخرى.

خطوة 3 أفتح الورقة تعود إلىوضع الذي يبعده اقططوا الأول، ثم اقطعوا الآخر من أماكن التي حسّنحصل على أربع قطع.

خطوة 4 سُئل المقطع بأسئلة خطوات الحسابات الكيميائية.

استخدم هذه المخطوطة في القسم 5-1، وعند فراحتك بها البت، لخص كل جملة على قطعة واحدة، واعط مثلاً على كل منها.

تجربة استهلاكية

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

خطوات العمل

- أقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- ضع 5 mL من محلول برمجيات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي تركيزه 0.01M في كأس مسماها 100 mL باستخدام معيار مدرج سعة (10 mL).
- أضاف باستخدام المخارق المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5mL من محلول كبريتات الصوديوم الصابورة وبنجيف، الذي تركيزه 0.01M ببطء إلى المحلول السابق مع الاستمرار في عملية التحريك، ثم سجل ملاحظاته.
- ذكر المخطوطة 3 وتوقف عن إضافة محلول كبريتات الصوديوم الصابورة وبنجيف عندما يختفي لون محلول برمجيات البوتاسيوم، ثم سجل ملاحظاته.
- خذ الدليل الذي لا يظهره على حدوث تفاعل كيميائي.
- ووضع لماذا بعد إضافة محلول $NaHSO_3$ ببطء مع التحريك أسلوًنا غرببيًّا أفضل من إضافته مرة واحدة؟

استقصاء هل يحصلت في آخر إذا ما تابعنا إضافة محلول $NaHSO_3$ إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

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

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

1-1

الأهداف

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

Empirical and Molecular Formulas

المقدمة

الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاف عدد صحيح صيغته

والصيغة الأولية (البنية) لمركب من خلال

التركيب النسبي المولري والشكل

الحقيقة للمركب.

مراجعة المفردات

النسبة المئوية بالكتلة ، نسبة

كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية

للمركب.

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المولري

الصيغة الأولية

الصيغة الجزيئية

التركيب النسبي المولري في تطبيق المركبات للأستعمالات الصناعية والمولوية

والمتزيبة، كما في الشكل 1ـ1، فيعد أن بعض عمارات المنشآت الصناعية والمولوية

ومركبات جديدة يتحضر مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم

دليلاً عملياً على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها

المئوية بالكتلة. فالتحليل الوراثي والتجييف إجراءات عملية مبنية على قياس كل

المواد الصالحة وأدوات المسائل.

التركيب النسبي المولري 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 لأى عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة

المركب وأضرب 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 الذي يظهر في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيب النسبي المولري وصيغته الكيميائية.

مثال 1-1

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

١-١ حلول المسألة

لقد أقيمت الصيغة الكيميائية للمركب فقط لهذا افترض أن لديك مولاً واحداً من CO_2 . احسب الكتلة المولية للمركب

وأكمل كل عنصر في المولر الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المطلوب

نسبة C ؟

نسبة O ؟

نسبة

الصيغة

الكتلة الكلية

الكتلة المولية

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعد ما قرأت

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

3 تقويم الاجابة
كلة الحديد أكيه قليلاً من كلة النباتيوم، وكانت المولية للحديد أكبر قليلاً من المولية للنباتيوم أيضاً، ولها من المطهي أن يكون عده مولات الحديد ساواً عدده مولات النباتيوم، كما أن كلة النباتيوم مساوية تقريباً لكلة الأكسجين، ولكن الكلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكلة المولية للنباتيوم، لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى نباتيوم مغفولة.

مسائل تدريبية

9. وجد أن مركباً يحتوي على C 49.98 g، H 10.47 g، O 58.12 g/mol، فإذا كانت الكلة المولية للمركب 58.12 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
10. سائل غليسرين يتكون من 46.68% بتروجين و 53.32% أكسجين، وكانت المولية 60.01 g/mol ، فما صيغته الجزيئية؟
11. عند تحويل أكسيد البوتاسيوم، تجـ K_2O ، إلى O_2 ، فما الصيغة الأولية للكسيـ؟

إلى بيانات التركيب النسبي المترافق مع الصيغة المعرفة في الشكل المعاصر، فإذا كانت الكلة المولية للمركب 60.01 g/mol ، فما الصيغة الجزيئية له؟
13. تحفيـ عن تحـيل مـسكنـ الآلامـ المعـروفـ (المورـفينـ)ـ تمـ التـوصـلـ إـلـىـ الـبيانـاتـ الجـبـيـةـ فيـ الجـدولـ أدـاهـ،ـ فـماـ الصـيـغـةـ الـأـولـيـةـ لـالـمـوـرـفـينـ؟

المصر	الكتلة (g)
بتروجين	1.228
أكسجين	4.225
هيدروجين	1.680
كربون	17.900

التجـيـمـ

- الـفـرـقـةـ **14** قـومـ إذاـ أـخـيرـكـ أـحـدـ زـمـلـاكـ أـنـ تـالـيـفـ الـتـجـيـيـةـ بيـنـ أـنـ الصـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ لـمـرـكـبـ تـاسـاوـيـ صـيـغـةـ الـأـولـيـةـ 2.5ـ مـسـرـ،ـ فـهـيـ [جـاتـهـ صـيـغـةـ؟ـ فـرـقـكـ].
15. اـعـسـبـ تـسـعـ عـنـ تـحـيـلـ مـرـكـبـ يـكـسـوـنـ مـنـ الـحـدـيدـ وـالـأـكـسـيـنـ Feـ 174.86 gـ،ـ 75.14 gـ،ـ فـماـ الصـيـغـةـ الـأـولـيـةـ لـهـاـ؟ـ
16. اـعـسـبـ بـتـحـيـلـ أـكـسـيـدـ الـأـلوـمـيـنـيـوـمـ عـلـىـ 0.485 gـ،ـ 0.545 gـ،ـ Oـ،ـ ماـ الصـيـغـةـ الـأـولـيـةـ الـأـلـوـلـيـةـ لـأـكـسـيـدـ؟ـ
17. وـضـعـ فـقـ تـرـيـطـ بـيـانـاتـ الـرـكـبـ النـسـيـ المـتـوـرـ لـمـرـكـبـ بـكـلـ العـاـصـرـ فـيـ ذـلـكـ الـمـرـكـبـ؟ـ
18. وـضـعـ فـقـ تـجـدـيـنـ الـسـيـغـةـ الـأـولـيـةـ فـيـ مـرـكـبـ كـيـمـيـاـيـ؟ـ
19. هـنـقـ الكلـةـ الـمـوـلـيـةـ لـمـرـكـبـ هيـ ضـعـفـ صـيـغـةـ الـأـولـيـةـ،ـ ذـكـيفـ تـرـيـطـ صـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ بـصـيـغـةـ الـأـولـيـةـ؟ـ
20. حلـ الـبـيـاتـ (Al)ـ وـ الـمـاجـنـيـتـ (FeO)ـ خـامـ سـتـخـرـ مـنـهـاـ الـحـدـيدـ،ـ فـاـهـمـاـ يـعـطـيـ نـسـيـةـ عـلـىـ مـاـ الـحـدـيدـ لـكـ جـرامـ؟ـ

21

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

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمناً
المفردات والمفاهيم الرئيسية. استعمل هذا الدليل
للمراجعة وللتتأكد 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

المـفـاهـيـمـ الـأـلـيـةـ وـالـصـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ

- المـفـاهـيـمـ الـرـيـسـيـةـ** ما هي مصادر صحيحة
الـصـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ لـمـرـكـبـ؟ـ
المـفـرـدـاتـ النـسـيـةـ الـمـوـلـيـةـ بالـكـلـةـ لـلـمـعـنـصـرـ تـسـاـوـيـ نـسـيـةـ كـلـةـ الـمـعـنـصـرـ إـلـىـ كـلـةـ الـكـلـةـ
لـمـرـكـبـ.
• غـلـلـ الـأـقـامـ فـيـ الصـيـغـةـ الـأـلـيـةـ أـسـفـرـ نـسـيـةـ عـدـدـ صـيـغـةـ مـوـلـاتـ الـمـعـنـصـرـ فـيـ
الـمـرـكـبـ.
• غـلـلـ الـصـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ لـلـمـرـكـبـ فـيـ الـأـقـامـ الـأـلـيـةـ.
• الصـيـغـةـ الـجـزـيـيـةـ هيـ مـصـافـعـ صـحـيـحـ لـصـيـغـةـ الـأـلـيـةـ.

1- صيغ الأملاح المائية

- المـفـاهـيـمـ الـرـيـسـيـةـ** أيـونـ صـلـبـ لـهـ جـزيـاتـ مـاءـ مـخـبـرـ.
المـفـرـدـاتـ • المـلحـ المـاـنيـ
• المـلحـ المـاـنيـ

- المـفـاهـيـمـ الـرـيـسـيـةـ** مـشـكـلـ كـبـيـرـ كـلـ مـادـةـ
مـفـاعـلـةـ عـدـ بـدـاـةـ الـتـفـاعـلـ الـكـيـمـيـاـيـ.
• تـسـرـ المـادـةـ الـكـيـمـيـاـيـ عـلـىـ أـسـاسـ الـمـوـلـاتـ وـ الـكـلـةـ وـ الـجـيـسـيـاتـ الـمـثـلـةـ
(ذـراتـ،ـ جـزيـاتـ،ـ وـحدـاتـ الـصـيـغـةـ الـكـيـمـيـاـيـ).
• تـطـيـقـ قـانـونـ حـفـظـ الـكـلـةـ عـلـىـ الـتـفـاعـلـ الـكـيـمـيـاـيـ.
• تـسـقـنـ الـمـوـلـيـةـ مـعـ الـمـادـاتـ الـكـيـمـيـاـيـةـ الـمـزـوـنةـ.ـ وـتـرـمـ كـلـ نـسـيـةـ مـوـلـيـةـ
إـلـىـ نـسـيـةـ عـدـدـ مـوـلـاتـ إـحـدـيـ الـمـادـاتـ الـمـتـفـاعـلـةـ أـوـ النـاتـجـةـ لـعـدـدـ مـوـلـاتـ مـادـةـ آخـرـ مـتـفـاعـلـةـ
أـوـ نـاتـجـةـ فـيـ الـتـفـاعـلـ الـكـيـمـيـاـيـ.

52

الحسابات الكيميائية Stoichiometry

1

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 لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

2-1 صيغ الأملاح المائية

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

3-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

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

4-1 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

5-1 المادة المحددة للتفاعل

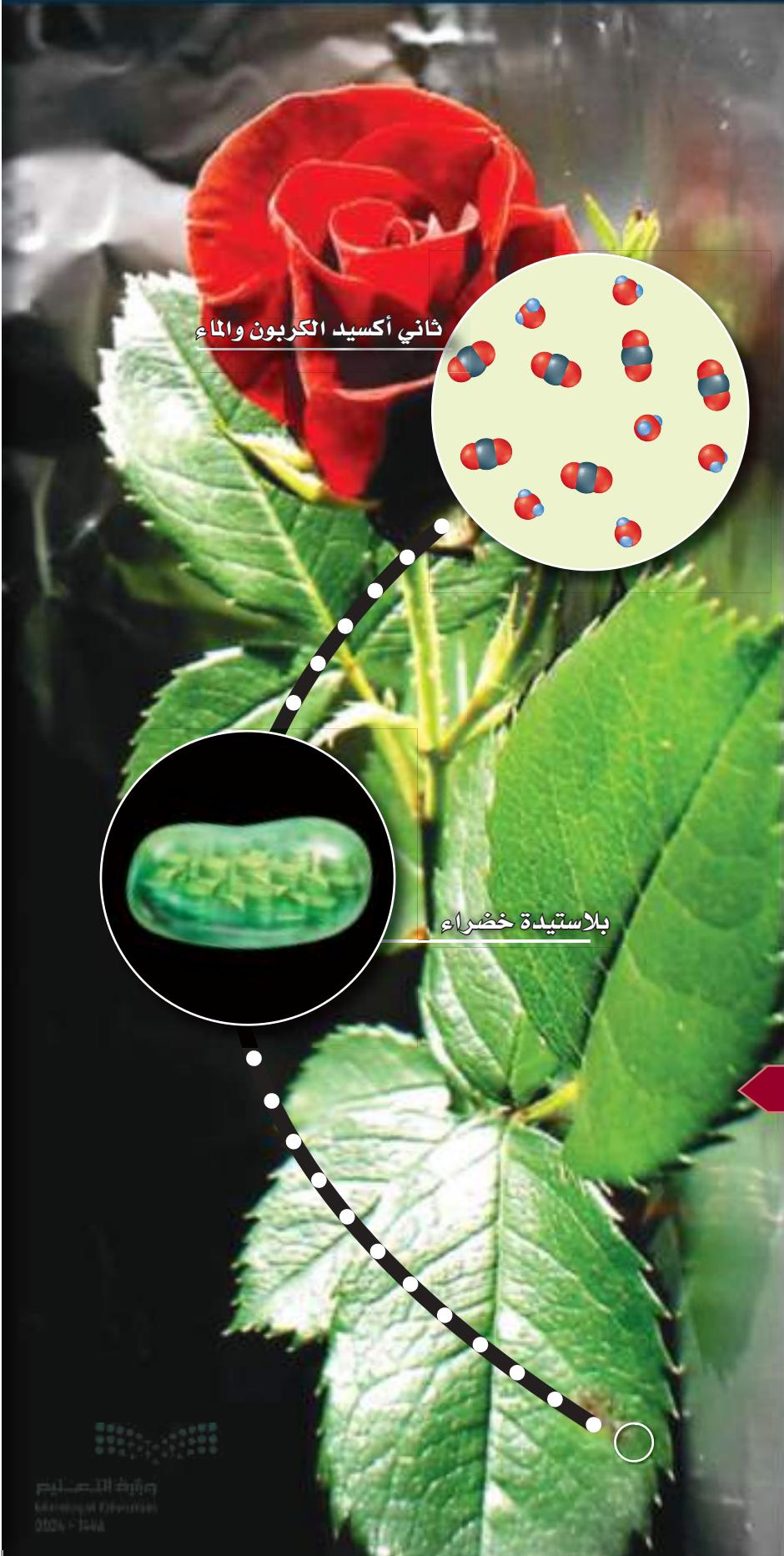
الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تستنفذ أيّ من المواد المتفاعلة تماماً.

6-1 نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسية نسبة المردود المئوية قياس 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:
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$
- يتبع فدان من الذرة في يوم صيفي من الأكسجين (الناتج عن البناء الضوئي) ما يكفي حاجة 130 شخصاً للتنفس.
الفرد = 4200m^2 .



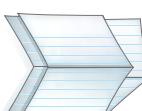
نشاطات تمهيدية

خطوات الحسابات

**للكيميائية اعمل
لطوية الآتية؛ لتساعدك
على تلخيص خطوات
حل مسائل الحسابات
لكيميائية.**



خطوة 1 اثنِيَنِ الورقة طوليًّا
من النصف.



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



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



خطوة 4 سُمّ القطع بأسوء خطوات الحسابات الكميائة.

المطويات استخدم هذه المطوية في القسم ٥-١، وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط **مثلاً عا** منها.

المطبوعات

نظمات الأفكار

تجربة إسلامية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي؟

تُسْهِلُكَ الْمَوَادُ الْمُتَفَاعِلَةُ خَلَالَ التَّفَاعُلِ الْكِيمِيَّيِّيِّ، وَتَنْتَجُ مَوَادٌ حَدِيدَةً. وَغَالِبًاً مَا يَصْاحِبُ التَّفَاعُلَ أَدَلةٌ تُشَهِّدُ إِلَيْهِ.

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

تحليل النتائج

١. حدد الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
 ٢. وضح لماذا تُعد إضافة محلول NaHSO_3 بطيء مع التحريك
أسلوبًا تحريرياً أفضل من إضافته مرة واحدة؟

استقصاء هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعنا إضافة محلول NaHSO_3 إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

١-١

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزئية

الصيغة الأولية والصيغة الجزئية Empirical and Molecular Formulas

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

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

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالباً ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمترizية، كما في الشكل ١-١، بعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلاً عملياً على تركيبه وصيغته الكيميائية.

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

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

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



الشكل ١-١ 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.

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

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

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

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

تجربة

وكر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديداً، ولا تدع القطع تجتمع معًا.

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

التحليل

١. احسب كتلة المُحلّيات والنكهات - التي ذابت في الماء - للعلكة التي لم تقطع، والتي تساوي الفرق بين كتلة العلكرة قبل وبعد وضعها في الماء.
 ٢. احسب كتلة المُحلّيات والنكهات المذابة للعلكة التي قطعت قطعًا صغيرة.
 ٣. طبق احسب النسبة المئوية بالكتلة للمحليات والنكهات في كل قطعة.
 ٤. استنتج ماذا يمكن أن تستنتج من النسبتين المئويتين؟ هل العلك مغطى بالسكر أم أن المُحلّيات والنكهات مخلطة بالعلك؟

تحليل العُلَمَ

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

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
 2. أزل الغلاف عن قطعتي علك، ثم قس كتلة كل منها بالميزان وسجلها.
 3. أضف mL 150 من ماء الصببور البارد إلى كأس سعتها mL 250. وضع إحدى قطعتي العلك في الكأس، وحركها بساق تحريرك مدة دقيقةتين.
 4. أخرج العلكة وجففها باستعمال مناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

تحذير: كن حذرًا عند استعمال المقص.

5. استعمل مقصاً لقطع العلقة الثانية قطعاً صغيراً،

مثال 1-1

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.

المطلوب

$$\text{نسبة C} = ?$$

$$\text{نسبة O} = ?$$

$$\text{الصيغة} = \text{CO}_2$$

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

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

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

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

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

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 = 12.01 g/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.

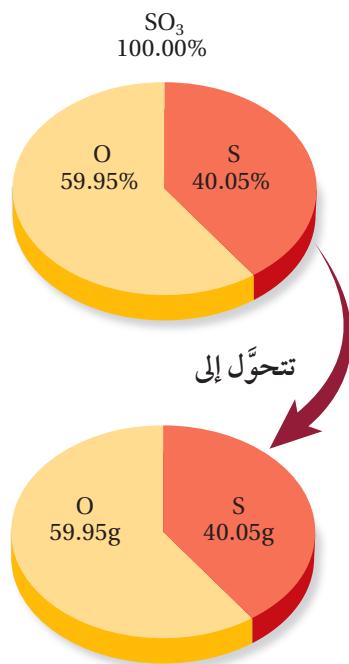
3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة . ولوأخذنا 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 الآتيين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_4 أم H_2SO_3 ؟
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 المكونة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.
 - b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

الصيغة الأولية Empirical Formula



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

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. فالصيغة الأولية لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عدديّة صحيحة لمولات العناصر في المركب. وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائمًا مضاعفًا بسيطًا للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H₂O. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت التركيب النسبي المئوي للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرams، كما في الشكل 2-1، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و 59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و 59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

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

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

لذا فإن نسبة ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 1.249:3.747. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعدادًا صحيحة فلا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، لذا يجب تحويلها إلى أعداد صحيحة، ولجعل القيمة المولية أعدادًا صحيحة، أقسم 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 عدديّة 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 عددًا صحيحاً، كما في المثال 2-1.

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



مثال 1

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 g 100، لذا يمكن أن تحل الوحدة (g) محل رمز النسبة، ثم حول الجرامات إلى مولات، وأوجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المطلوب

الصيغة الأولية = ?

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 48.64 %

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 8.16 %

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 43.20 %

2 حساب المطلوب

حول 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، فالنسبة المولية للمركب هي: (4.05 mol C) : (8.10 mol H) : (2.700 mol O)، ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.700).

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

اقسم مولات C على 2.700

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

اقسم مولات H على 2.700

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

اقسم مولات O على 2.700

أبسط نسبة مولات هي (C) : (H) : (O) = (1.5 mol C) : (3 mol H) : (1 mol O). وأخيراً اضرب كل عدد تشمل 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.

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

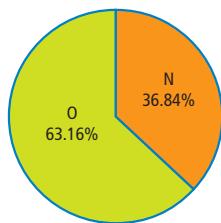
اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي C₃H₆O₂. وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي C₃H₆O₂.

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية



5. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي للمئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟
6. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و 64.02% كبريت.
7. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و 18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟
8. تحضير الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتألف من 60.00% كربون، و 4.44% هيدروجين، و 35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تندesh 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، وبين الشكل 1-3 أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين وسائل البنزين مثلًا 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.

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

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 ستتجد أن الكتلة المولية تساوي ستة ضعاف كتلة الصيغة الأولية.

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

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

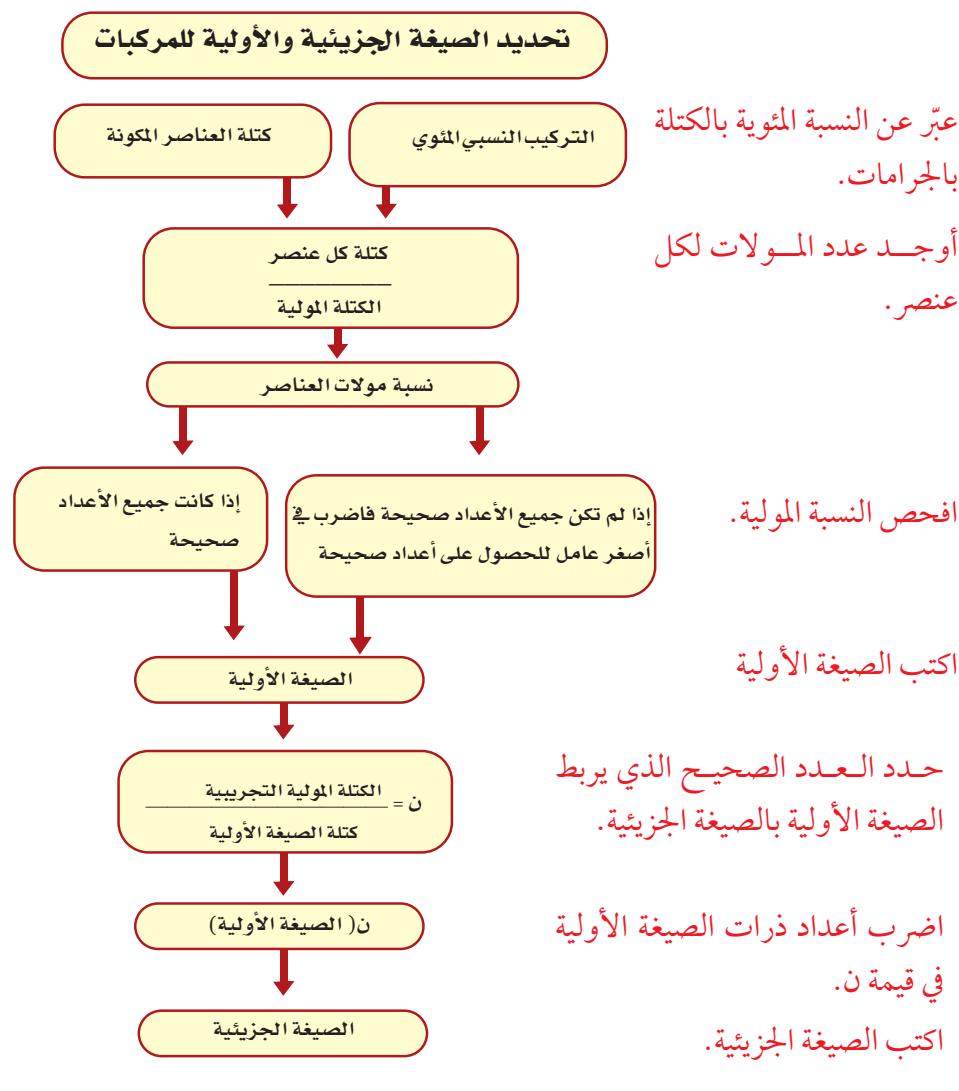


هي C_2H_2 وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6 . ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها صيغة أولية مضروبة في عدد صحيح (ن). الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)

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 الصيغة الأولية والجزئية للمركب بدءاً بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 4-1 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغة الأولية والجزئية للمركبات.
صف كيف يرتبط العدد الصحيح (ن) بالصيغة الأولية والجزئية.



مثال 3-1

تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسنิก (بيوتان دايويك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و 5.08% هيدروجين، و 54.24% أكسجين، و له كتلة مولية 118.1g/mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

1 تحليل المسألة

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

المطلوب	المعطيات
الصيغة الأولية = ?	النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%
الصيغة الجزيئية = ?	النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%
	النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%
	الكتليلية المولية = 118.1g/mol حمض السكسنิก

2 حساب المطلوب

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

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

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

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

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

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

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

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

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 : 2 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 عدديّة 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.

$$2 \text{ molC} \times \frac{12.01 \text{ gC}}{1 \text{ molC}} = 24.02 \text{ gC}$$

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.

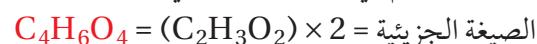
$$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 = 32.0 \text{ g} + 3.024 \text{ g} = 35.024 \text{ g/mol}$$

اجمع كتل العناصر.

لتحديد قيمة n اقسم الكتلة المولية لحمض السكسنيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسنيك}}{\text{كتلة المولية لـ C}_2\text{H}_3\text{O}_2} = \frac{35.024 \text{ g/mol}}{59.04 \text{ g/mol}}$$

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 الإلمنيت 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 حول العناصر كلها إلى مولات، ثم أوجد أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

المطلوب	المعطيات
صيغة الأولية = ?	
	كتلة الحديد 5.41 g = Fe
	كتلة التيتانيوم 4.64 g = Ti
	كتلة الأكسجين 4.65 g = O

2 حساب المطلوب

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

$$5.41 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.85 \text{ g Fe}} = 0.0969 \text{ mol Fe}$$

عرض كتلة الحديد، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.64 \text{ g Ti} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{47.88 \text{ g Ti}} = 0.0969 \text{ mol Ti}$$

عرض كتلة التيتانيوم، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.65 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 0.291 \text{ mol O}$$

عرض كتلة الأكسجين، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

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

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

3 تقويم الإجابة

كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتitanium 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 للتitanium . لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى Titanium معقولة.

مسائل تدريبية

9. وجد أن مركباً يحتوي على C 49.98 g/mol و H 10.47 g/mol . 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 K 19.55 g ، و O 4.00 g ، H 5.45% ، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟

12. تحفيز عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظليل 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	الكتلة (g)
كربون	17.900
هيدروجين	1.680
أكسجين	4.225
نيتروجين	1.228

14. **الفكرة الرئيسية** قوم إذا أخبروك 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، Fe 174.86 g ، O 75.14 g . فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

16. احسب يحتوي أكسيد الألومنيوم على Al 0.545 g ، O 0.485 g . 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. حل الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟

الخلاصة

نسبة 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

- توضّح المصود بالملح المائي وترتّب اسمه بتركيبيه.
- تحدد صيغة ملح مائي من البيانات المختبرية.

مراجعة المفردات

الشبكة البلورية: الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

المفردات الجديدة

الملح المائي

الملح المائي **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؟ تلتقط جزيئات الماء أحياناً بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءاً من البلورة ماء التبلور. وتُسمى المواد الأيونية الصلبة التي تحتاجز فيها جزيئات ماء أملاحاً مائية. **فالملح المائي** مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبيّن الشكل 1-5 الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوپال، وهو ثانوي أكسيد السليكون المائي (SiO_2) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تاليًا لنقطة، مثل $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. ويُسمى هذا المركب كلوريド الكوبالت (II) سداسي الماء (أيْ يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملح إلى آخر، ويبيّن الجدول 1-1 بعض الأملاح المائية الشائعة.

الجدول 1-1 صيغ الأملاح المائية

الاسم	الصيغة	عدد جزيئات الماء	المقطع
إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1	أحادي
كلوريド الكالسيوم ثانوي الماء.	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	ثانوي
أسيتات الصوديوم ثلاثة الماء	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	3	ثلاثي
فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.	$\text{FePO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	4	رباعي
كبريتات النحاس (II) خماسية الماء	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5	خمساً
كلوريد الكوبالت (II) سداسي الماء.	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6	سداسي
كبريتات الماغنيسيوم سباعية الماء.	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	7	سباعي
هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	8	ثماني
كربونات الصوديوم عشرافية الماء	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	10	عشاري

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





كلوريد الكوبالت (II) اللامائي أزرق

يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور

كلوريد الكوبالت (II) سداسي الماء الذهري

الشكل 6-1 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفاً جدًا 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 الكوبالت (II) السداسي الماء الذهري اللون، ينتج كلوريد الكوبالت (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 H_2O ترتبط بـ 1 mol BaCl_2 .

أي أنّ 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؟ فسر لماذا تستعمل النقطة في صيغة الملح المائي?



مثال ٥

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 وسُخّنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء CuSO_4 . ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

١ 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.

المطلوب
صيغة الملح المائي = ?
اسم الملح المائي = ?

المعطيات
كتلة الملح المائي 2.50 g = $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
كتلة الملح اللامائي 1.59 g = CuSO_4
الكتلة المولية لـ H_2O 18.02 g/mol
الكتلة المولية لـ CuSO_4 159.6 g/mol

٢ حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود
كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي - 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 $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

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

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

احسب عدد مولات CuSO_4 بالتعويض بقيمة CuSO_4 مضروباً في مقلوب الكتلة المولية.

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

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

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

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

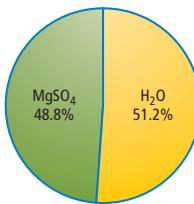
احسب أبسط نسبة عدديّة بالتعويض بعدد مولات H_2O . وعدد مولات CuSO_4 .

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

٣ تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسيّة الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول ١ - ١.

مسائل تدريبية



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

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

استعمالات الأملاح المائية



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 أو عية محكمة الإغلاق تسمى المُجفّفات، كما في الشكل 7-1؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المُجفّف، ويصنع جواً جافاً مناسباً لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحياناً إلى المذيبات العضوية كالإيثanol والإيثيل إيزر للحفاظ عليها خالية من الماء.

إن قدرة الملح اللامائي على امتصاص الماء له أيضاً بعض التطبيقات التجارية. فالمعدات الإلكترونية والبصرية، وبخاصة تلك التي تُشحّن عبر البحر، غالباً ما تُعبأ مع أكياس من المُجفّفات التي تمنع تأثير الرطوبة في الدوائر الإلكترونية الدقيقة. وتستعمل بعض الأملاح المائية مثل كبريتات الصوديوم المائية ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) لخزن الطاقة الشمسية. فعندما تُسخّن الشمس الملح المائي إلى أكثر من 32°C تذوب Na_2SO_4 في مولات ماء التبلور العشرة، وخلال ذلك يتمتص الملح المائي الطاقة، وهذه الطاقة تنطلق عندما تنخفض درجة الحرارة ويتبلاور الملح المائي ثانية.

التقويم 1-2

- الفقرة 1-2 وضح تركيب الملح المائي.
23. سـمـ المـرـكـبـ الـذـيـ صـيـغـتـهـ $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
24. صـفـ الـخـطـوـاتـ الـعـمـلـيـةـ لـتـحـدـيـدـ صـيـغـةـ الـمـلـحـ الـمـائـيـ مـعـلـلاًـ كـلـ خطـوـةـ.
25. طـبـقـ يـحـتـويـ مـلـحـ مـائـيـ عـلـىـ mol 0.050 من الماء لكل mol 0.00998 من المركب الأيوني.
26. اـحـسـبـ كـتـلـةـ مـاءـ التـبـلـورـ إـذـاـ قـدـ مـلـحـ مـائـيـ mol 0.025 من الماء عند تسخينـهـ.
27. رـقـبـ الـأـمـلـاحـ الـمـائـيـ الـآـتـيـةـ تـصـاعـدـيـاـ بـحـسـبـ تـزاـيدـ النـسـبـةـ الـمـئـوـيـةـ لـلـمـاءـ فـيـهـاـ:ـ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ، $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ،
28. طـبـقـ فـسـرـ كـيـفـ يـمـكـنـ استـعـمـالـ الـمـلـحـ الـمـائـيـ فـيـ الشـكـلـ 7-1ـ بـوـصـفـهـ طـرـيـقـةـ تـقـرـيـبـيـةـ لـتـحـدـيـدـ اـحـتمـالـ سـقـوطـ المـطـرـ؟ـ

الخلاصة

- تكون 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.

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



رابط الدرس الرقمي



www.ien.edu.sa

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 تحرق الشمعة تماماً، أو تطفأ بالفنخ عليها، يتوقف تفاعل الاحتراق في كلتا الحالتين.

علاقة المول بالجسيمات

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

الحسابات الكيميائية تسمى 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 تفني ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي إلا بقدرة 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 8-8، فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد III Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.



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

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات

الكيميائية إلى Stoichiometry

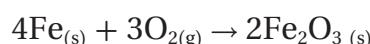
"Stioichiometry" الكلمة اليونانية

المكونة من كلمتين هما:

(Stoikheion) وتعني العنصر،

(metron) وتعني القياس.

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



تبين هذه المعادلة تفاعل أربع ذرات حديد مع ثلاثة جزيئات أكسجين لإنتاج وحدة 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 والناتجة، إلا أنه بتحويل عدد المولات المعروفة إلى كتلة تصبح علاقات الكتلة واضحة. تذكر أنه يمكنك تحويل عدد المولات إلى كتلة بضربيها في الكتلة المولية. لذا، فإن كتل المواد المتفاعلة هي على النحو الآتي:

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

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

ولذا، فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي:

وبطريقة مماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

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

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

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؟ سجل في قائمة أنواع العلاقات التي يمكن اشتراطها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة

الجدول 2-2

4Fe _(s)	+	3O _{2(g)}	→	2Fe ₂ O _{3(s)}
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O ₂	→	2 Formula units
4 mol Fe	+	3 mol O ₂	→	2 mol Fe ₂ O ₃
223.4 g Fe	+	96.00 g O ₂	→	319.4 g Fe ₂ O ₃
319.4 g مواد متفاعلة	→	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، ثموضح 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 والمولات الناتجة متساوية.

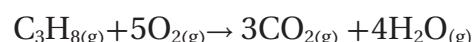
المطلوب

عدد الجزيئات = ?

عدد المولات = ?

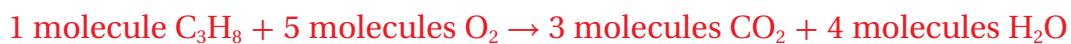
كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ?

المعطيات



2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.



وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضًا.



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

$$\frac{\text{كتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}} = \text{جرامات المادة المتفاعلة أو الناتجة}$$

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

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

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

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

$$44.09 \text{ g } C \text{ H} + 160.0 \text{ g } O = 204.1 \text{ g} \quad \text{اجماع كتل المواد المتفاعلة}$$

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

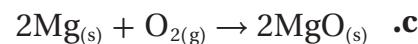
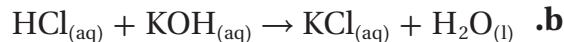
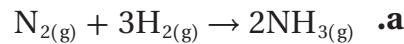
$$204.1 \text{ g} = \text{مواد متفاعلة} = \text{مواد ناتجة} \quad \text{تطبيق قانون حفظ الكتلة}$$

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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



31. تحفيز زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات المماثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



تحديد نسب التفاعل

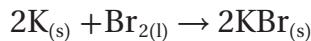
تجربة
عملية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

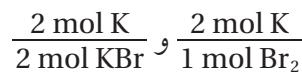
عين الأثرانية



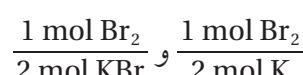
نسبة المولات لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. و تستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاستقاق عوامل التحويل المسماة النسبة المولية. **النسبة المولية** نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى 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.



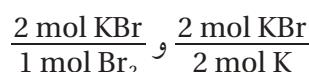
فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءًا بالبوتاسيوم المتفاعله كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخريين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات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



تُظهر النسبتان الآتيتان كيف ترتبط مولات البروم مع مولات المادتين الأخريين في المعادلة وهما: البوتاسيوم وبروميد البوتاسيوم.



وترتبط بصورة مماثلة نسبتاً مولات بروميد البوتاسيوم مع مولات البوتاسيوم والبروم.



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

ماذا قرأت؟ حدد المصدر الذي تُشتق منه النسبة المولية للتفاعل الكيميائي.



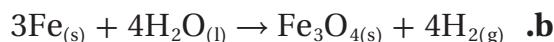
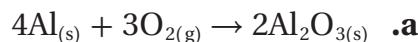
الشكل 9-1 يتفاعل ظلز

البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم.

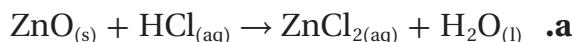


مسائل تدريبية

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



33. تحفيز زن المعادلات الآتية، ثم حدد النسب المولية الممكنة:



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

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

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

التقويم 1-3

الخلاصة

تفسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات صيغ كيميائية).

يطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية جميعها.

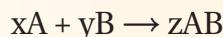
تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

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 ثلاثة مواد.

36. صنف طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

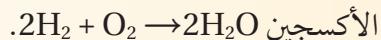
37. طبق المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:



حيث يمثل A و B عنصرين، وتتمثل x و y و z بالمعاملات . حدد النسب المولية لهذا التفاعل.

38. طبق يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين ليتتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.

39. فندج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين.



ارسم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من جزيئات الأكسجين، ثم وضح عدد جزيئات الماء المتكونة.

1-4

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

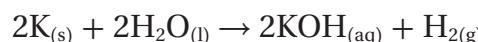
الفكرة الرئيسية يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

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

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 10-1، ويمثل التفاعل بالمعادلة الآتية:



تبين المعادلة أن مولين من البوتاسيوم يتجان مولاً من الهيدروجين. ولكن كم ينتج من الهيدروجين إذا تفاعل 0.0400 mol من البوتاسيوم فقط؟ للإجابة عن هذا السؤال حدد 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.

وحل 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 عاملًا لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المراد حسابها في التفاعل الكيميائي نفسه. وأنه 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 نحول عدد مولات البوتاسيوم إلى عدد مولات الهيدروجين.



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



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

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

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

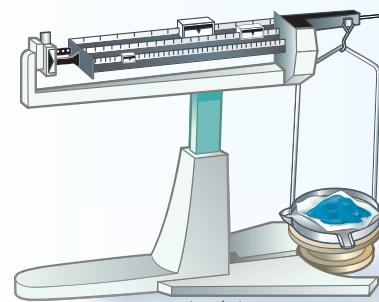
اتقان الحسابات الكيميائية

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. معرفة من أين تبدأ حساباتك، حدد الوحدة المستخدمة للهادة المعلومة.
3. تعتمد نهاية الحسابات على الوحدة المراد استخدامها للهادة المطلوب معرفة كميتها.
- إذا كان المطلوب ب摩لات فتوقف بعد الخطوة رقم 3.
- إذا كانت الكتلة معطاة g، فابدأ حساباتك من الخطوة رقم 4.
- إذا كانت الكمية mol فابدأ حساباتك بالخطوة رقم 3.

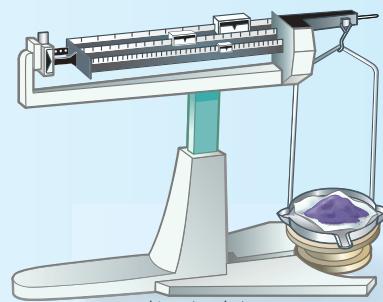
تطبيق الاستراتيجية

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



الخطوة 1

ابدأ بمعادلة موزنة، وعبر عن المعادلة باستخدام المولات.



الخطوة 2

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



لا يوجد تحويل مباشر

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

الخطوة 3

حول مولات المادة المعلومة إلى مولات المادة المجهولة. واستخدم النسبة المولية المناسبة من المعادلة الكيميائية الموزنة بوصفها معامل تحويل.

عدد مولات المادة المجهولة

عدد مولات المادة المعطاة

مثال 1-7

حسابات المولات من سلبيات 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

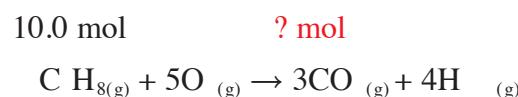
أنت تعرف عدد مولات المادة المتفاعلة C_3H_8 ، والمطلوب إيجاد عدد مولات المادة الناتجة من CO_2 . لذا اكتب معادلة التفاعل الموزونة أولاً، ثم حول مولات البروبان إلى مولات ثاني أكسيد الكربون باستعمال النسبة المولية المناسبة.

المطلوب	المعطيات
$mol\ CO_2 = ?$	$mol\ C_3H_8 = 10\ mol$

2. حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لاحتراق البروبان.

استخدم النسبة المولية الصحيحة لتحويل مولات المادة المعلومة C_3H_8 إلى مولات المادة المجهولة CO_2 .



$$\frac{3\ mol\ CO_2}{\text{النسبة المولية}} = \frac{3\ mol\ CO_2}{\text{mol}\ C_3H_8}$$
$$10.0\ mol\ C\ H_{8(g)} \times \frac{3\ mol\ CO}{1\ mol\ C} = 30.0\ mol\ CO$$

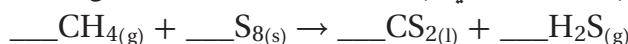
لذا يُنتج احتراق $10\ mol$ من غاز البروبان $30\ mol$ من CO_2 .

3. تقويم الإجابة

توضّح 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 ثلاثة مرات (يعني $30.0\ mol$) من مولات CO_2 .

مسائل تدريبية

40. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت متجهاً ثانياً إلى كبريتيد الكربون CS_2 ، وهو سائل يستخدم غالباً في صناعة السلفان.



a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل $1.5\ mol$ من S_8 .

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة عن تفاعل $1.5\ mol$ من S_8 ؟

41. تحضير يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل $12.5\ mol$ من SO_2 ؟

c. 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، وأنك 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 Cl_2 بشدة مع الصوديوم.

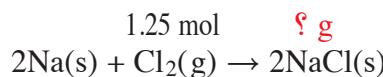
1 تحليل المسألة

أعطيت مولات المادة المتفاعلة الكلور Cl_2 ، وطلب إليك تحديد كتلة المادة الناتجة NaCl ، وتحويل عدد مولات الكلور Cl_2 إلى عدد مولات NaCl باستخدام النسبة المولية، ثم تحويل عدد مولات NaCl إلى جرامات NaCl باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

المطلوب	المعطيات
كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ?	عدد مولات الكلور = 1.25 mol

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.



النسبة المولية :

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

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

اضرب عدد مولات Cl_2 في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

استخدم الكتلة المولية NaCl لحساب كتلة NaCl بالграмм (g)

3 تقويم الإجابة

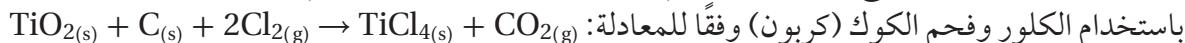
للتأكد من صحة كتلة NaCl المحسوبة، اعكس الحسابات، واقسم كتلة NaCl على الكتلة المولية NaCl ، ثم قسم الناتج على 2 لتحصل على عدد مولات Cl_2 المعطاة في السؤال.

مسائل تدريبية

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



43. تحفيز، يستخدم معدن التيتانيوم - وهو فلز انتقالي - في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخففته وزنه. ويستخلاص رابع كلوريد التيتانيوم TiCl_4 من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحm الكوك (كريبون) وفقاً للمعادلة:



a. ما كتلة غاز Cl_2 اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2 من?

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2 من?

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2 من?

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، والنسبة المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 1-9

حساب الكتل عندما تتحلل نترات الأمونيوم NH_4NO_3 ، والتي تعد أحد أهم الأسمدة، يتبع 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 النسبة المولية لإيجاد عدد مولات المواد الناتجة. وأخيرًا استخدم الكتلة المولية لتحويل عدد مولات المواد الناتجة إلى كتلة بالجرams.

المطلوب

$$\text{كتلة الماء} = ? \text{ g}$$

المعطيات

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

2 حساب المطلوب

$$25.0 \text{ g} \quad ? \text{ g}$$



اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والماء المطلوب.

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

احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

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

احسب عدد مولات الماء بضرب عدد مولات نترات

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

الأمونيوم في النسبة المولية.

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

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

3 تقويم الإجابة

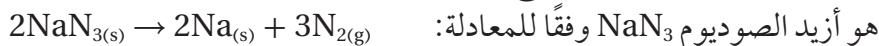
لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية



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

44. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة



هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة:

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

45. تحفيز عند تشكيل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين

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

تفاعل 2.5 g SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرams؟

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

- ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل صودا الخبز؟
يستخدم صودا الخبز - كربونات الصوديوم الهيدروجينية - في كثير من وصفات الخبز؛ لأنها تسبب انتفاح العجينة، مما يجعلها خفيفة إسفنجية.
وسبب حدوث ذلك هو تحلل كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 بالحرارة، لتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون وفقاً للمعادلة:
- $$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- خطوات العمل**
- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
 - صمم جدولًا تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.
 - 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 .
 - استخدم كتلة NaHCO_3 التي حسبتها والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.

التقويم 1-4

- الخلاصة**
- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
 - تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
 - تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- الفرقة الرئيسية** فسر لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- اذكر الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
 - طبق كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كلّياً مع كتلة معروفة من الماغنيسيوم.
 - احسب كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة: $3\text{H}_{2(g)} + \text{N}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$
 - صمم خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي: $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$
 - يجب أن تفسر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة CaCl_2 الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl .

الأهداف

تحدد المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.

تعرف المادة الفائضة، وتحسب كمية المتبقى 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
المادة الفائضة



Limiting Reactants

الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تستنفذ أيٌ من المواد المتفاعلة تماماً.

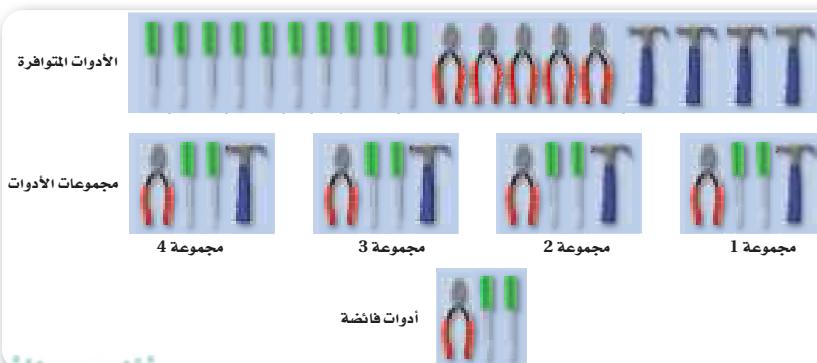
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عدداً من الطلاب سيقى واقفاً. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشتراك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟

نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسبة التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعادة ما تكون واحدة أو أكثر من المواد فائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استهلاك 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.

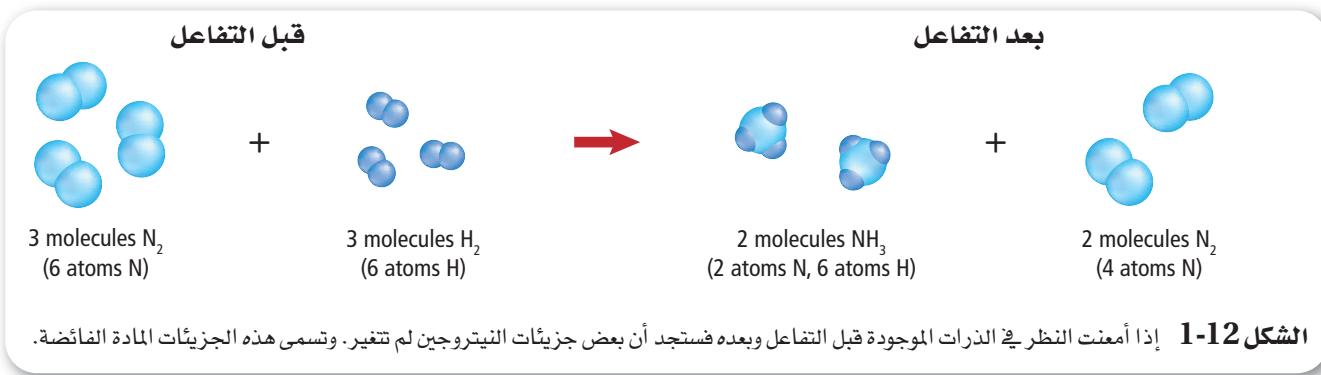
المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة بالرجوع إلى التجربة الاستهلاكية صفحة 11؛ وعند إضافة المزيد من كبريتيد الصوديوم الهيدروجيني إلى محلول الشفاف الذي تكون لم يلاحظ أي تغير؛ وذلك لعدم وجود برومنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برومنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. **والمادة المحددة للتفاعل** هي المادة التي تستهلك كلّياً في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.

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



الشكل 11-1 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 معًا لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في **الشكل 1-11**.

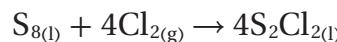
ما عدد جزيئات الأمونيا المكونة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود ستة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاثة منها مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجين مادة محددة للتفاعل، في حين يُعد النيتروجين مادة فائضة. لذا من الضروري معرفة المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة؛ لأن كمية المادة الناتجة تعتمد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

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

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؟ لذا نأخذ مثلاً على ذلك مركب ثانوي كلوريد ثنائي الكبريت الذي يستخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر **الشكل 1-13** كيف تجعل الفلكتنة المطاط صالحًا للاستعمالات الكثيرة، حيث يُحضر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب المعادلة:



ما مقدار ثانوي 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 أولًا 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 بالفلكتنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الفلكتنة معًا مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الفلكتنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها العجلة الظاهرة في الصورة.



مهن في الكيمياء

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

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 من كل Cl₂ من 1 mol من S₈، أي أن النسبة بينهما (1:4). ويطلب تحديد النسب الصحيحة المقارنة بين النسبة (1:4) ونسب المولات الفعلية للمواد المتفاعلة. ولإجراء ذلك نقسم عدد مولات الكلور الفعلية على مولات الكبريت الفعلية أيضًا.

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

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol من Cl₂ من كل 1 mol من S₈ بدلًا من 4 mol من Cl₂ 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 تكون 190.4 g من S₂Cl₂ عند تفاعل 1.410 mol من 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 تمامًا مع 1.410 mol من Cl₂، لذا ابدأ أولاً حساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ S₈ / Cl₂.

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

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 يُسمى عاشر أكسيد رابع الفوسفور P_4O_{10} ، ويطلق على هذا المركب أحياناً اسم خامس أكسيد ثانوي 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 كتلي المادتين المتفاعلتين لذا يمكنك تعرف 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

كتلة عاشر أكسيد رابع الفوسفور = ?g

كتلة المادة الفائضة = ?g

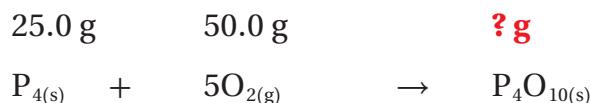
المعلوم

كتلة الفوسفور = 25.0 g

كتلة الأكسجين = 50.0 g

2. حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل



اكتب المعادلة الموزونة، وحدد 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 P_4 , O_2

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

احسب نسبة مولات O_2 إلى مولات P_4

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

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

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

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

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

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

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}} \times \frac{283.9 \text{ g } P_4O_{10}}{1 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}}} = \mathbf{57.3 \text{ g } P_4O_{10}}$$

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 الداخل في التفاعل وكتلته.

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4} \times \frac{5 \text{ mol } O_2}{1 \cancel{\text{mol } P_4}} = 1.01 \text{ mol } O_2$$

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.

$$1.0 \cancel{\text{mol } O_2} \times \frac{32.0 \text{ g } O_2}{1 \cancel{\text{mol } O_2}} = 32.3 \text{ g } O_2$$

اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

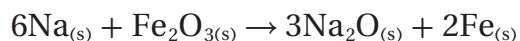
احسب كمية O_2 الفائضة.

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

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 الأكسجين الفائضة (17.7g) بطرح رقمين في كل منها منزلة عشرية واحدة. لذا فإن الكتلة الفائضة من الأكسجين صحيحة؛ لأنها تحتوي على منزلة عشرية واحدة.

مسائل تدريبية

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



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

- المادة المحددة للتفاعل.
- المادة الفائضة.
- كتلة الحديد الناتجة.
- كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

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

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

- فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.
- وحدد المادة المحددة للتفاعل.
- وحدد المادة الفائضة.
- واحسب كتلة المادة الفائضة.
- واحسب كتلة السكر الناتج.



الشكل 1-14 عندما لا يتوافر الأكسجين بكميات كافية يشتعل لهب بنزن بهب أصفر مليء بالسنаж، كما يظهر الشكل الأيمن. أما إذا توافرت كميات كافية فيشتتعل موقد بنزن بهب أزرق شديد الحرارة، حال 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 ثمناً - يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاد المادة المحددة للتفاعل تماماً، 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، فينبع عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها. وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيج متوجهاً لهباً حاراً في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تماماً.

الربط مع علم الأحياء يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والعناصر بكميات قليلة للمساعدة على حدوث التفاعلات الأيضية بيسير وسهولة. ويؤدي نقص هذه المواد إلى إعاقات في النمو، وخلل في وظائف خلايا الجسم. فالغوسفور على سبيل المثال ضروري جداً للعمل 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 12-B 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
عن الأثرائية



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 المادة المحددة للتفاعل.

.53

الغرة الرئيسة

صف لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟

.54

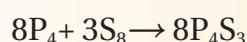
حدد المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في كل من التفاعلات الآتية:

a. احتراق الخشب.

b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.

c. تحلل صودا الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.

.55 حل يستخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الشتاب. ويخضر هذا المركب بالتفاعل.



حدد 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



الأهداف

- تحسّب المردود النظري للتفاعل الكيميائي من البيانات.
- تحديد المردود المثوي للتفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

عملية : سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

المفردات الجديدة

المردود النظري

المردود الفعلي

نسبة المردود المثوية

نسبة المردود المثوية Percent Yield



رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الفكرة الرئيسية نسبة المردود المثوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بهائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعليًا قد لا تحقق هدفًا في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضًا 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 يجرى 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 تلتتصق 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 ترك بعض كميات المواد الصلبة جانبًا على ورقة الترشيح أو تفقد بسبب عملية التقنية. 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.

نادرًا ما يتيح عن التفاعل الكيميائي مردود فعلي مطابق للمردود النظري المتوقع. يحدد الكيميائي المردود الفعلي للتفاعل من خلال تجربة دقيقة يحسب من خلاها كتلة المادة الناتجة . لذا **المردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليًا.



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

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

نسبة المردود المئوية

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

لذا تحسب نسبة المردود المئوية بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري مضروباً في مائة.

مثال 1-11

نسبة المردود المئوية تكون 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 لکرومات الفضة Ag_2CrO_4 ، واحسب نسبة المردود المئوية إذا كانت كتلة کرومات 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 المئوية من المردود الفعلي والمردود النظري.

المطلوب

؟g Ag_2CrO_4 = المردود النظري

؟ % Ag_2CrO_4 = المردود المئوي

المعطيات

كتلة نترات الفضة = 0.500 g AgNO_3

المردود الفعلي = 0.455 g Ag_2CrO_4

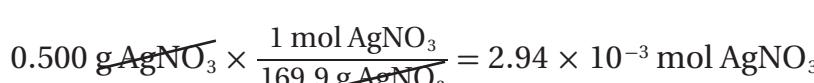
2 حساب المطلوب

0.500 g

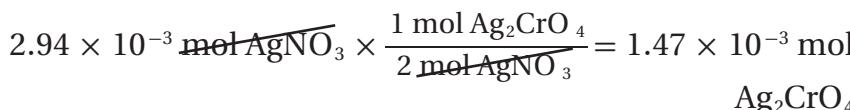
؟ g

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 Ag_2CrO_4 إلى عدد مولات AgNO_3

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

احسب المردود النظري

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

احسب نسبة المردود المئوية.

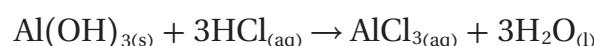
3 تقويم المسألة

القيمة التي تحتوي أقل عدد من الأرقام المعنوية هي القيمة التي يوجد بها ثلاثة أرقام معنوية، لذا فالنسبة التي استخدمت للتغيير 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 g 0.500 من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريباً.

فالمردود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المردود المئوية معقولة.

مسائل تدريبية

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



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

57. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة: $\text{Zn} + \text{I}_2 \rightarrow \text{ZnI}_2$

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

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

58. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة AgNO_3 ترسب بلورات الفضة، ويتكوين محلول نترات النحاس $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

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

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

مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

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

بيانات وملحوظات

بيانات الصخور	
النسبة الكتليلية في التربة %	الأكسيد
47.3%	SiO_2
17.8%	Al_2O_3
11.4%	CaO
10.5%	FeO
9.6%	MgO
1.6%	TiO_2
0.7%	Na_2O
0.6%	K_2O
0.2%	Cr_2O_3
0.1%	MnO

هل يمكن أن تكون صخور سطح القمر مصدراً فعالاً للأكسجين لتزويد رحلات القمر في المستقبل؟

بالرغم من عدم وجود غلاف جوي للقمر، ومن ثم عدم وجود أكسجين عليه، إلا أن سطحه مُغطى بصخور وترابة مكونة من الأكسيد. لذا يبحث العلماء كيف يستخلصون الأكسجين من صخور القمر وترابته للاستفادة منه في التنفس في الرحلة إليه. وقد زوّد تحليل عينات الصخور التي أحضرت من سطح القمر العلماء بالمعلومات الموضحة في الجدول. عن الأكسيد في تربة القمر ونسبها الكتليلية المئوية.

التفكير الناقد

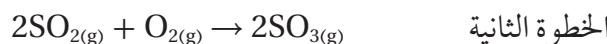
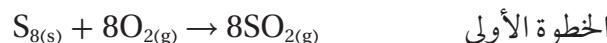
- احسب كتلة (بالجرام) كل من الأكسيد الواردة في الجدول في 1.00 kg من تربة القمر.
- طبق يرغب العلماء في استخراج الأكسجين من أكسيد الفلز باستخدام تفاعل التحلل: $\text{أكسجين} + \text{الفلز} \rightarrow \text{أكسيد الفلز}$ ولتقديم صحة هذه الفكرة حدد كمية الأكسجين (بالكيلوجرام) في كل من الأكسيد الموجودة في 1.00 kg من تربة القمر.
- 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 دوراً مهماً في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح بالشكل 1-16، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H_2SO_4 وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمسوحيات والأصباغ. لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك.



إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:



وفي الخطوة الأخيرة يتعدد ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع الماء ليتتج حمض الكبريتيك.



الخطوة الأولى، يتبع عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريباً، كما يتعد 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 تمرر 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 يمرر فوق العامل المحفز مرة أخرى. ويتكرار 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 تجمعه تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

التقويم 1-6

الخلاصة

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

• **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.

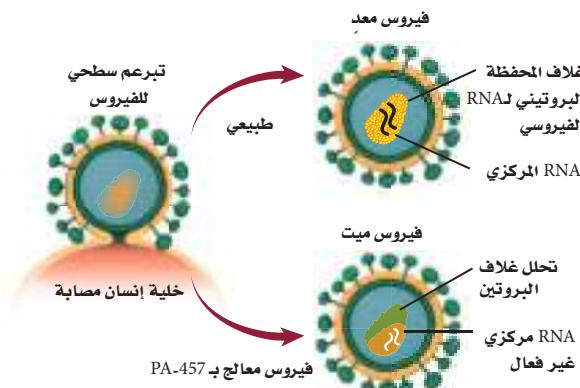
- الغرة الرئيسة** حدد أي مما يأتي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟
6. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.
- 6.1. وضح كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟
- 6.2. طبق إذا خلخت $g\ 83.77$ من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقامت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):
- $$2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$$
- فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟
- 6.3. 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

الكيمياء والصحة

محاربة السلالات المقاومة



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

هجوم مفاجئ: يعد هذا الاكتشاف مفاجأة؛ لأنَّه عكس معظم الأدوية، حيث أنَّ PA-457 يهاجم بناء [HIV] بدلاً من الإنزيمات التي تساعده 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.

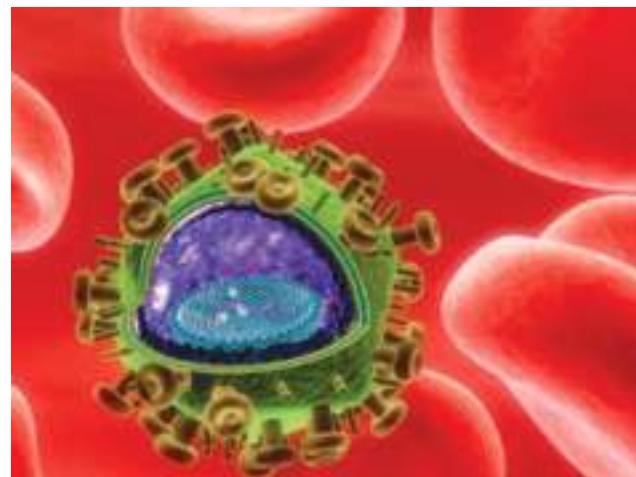
تقليل سرعة النمو الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أنَّه يهاجم بناء [HIV] ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى لليدز التي تهاجم [HIV] في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجاً متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء مقاومة؛ لأنَّ أي فيروس هي بحاجة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

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

لقد تبين أنَّ 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 والمتطرفة جمعها 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 البيوتولينيك، المركب العضوي المستخرج من بعض النباتات، ومنها لحاء شجر السدر. وللعرفة ما يفعله PA-457 لـ [HIV]، وهو ما يسمى آلية عمل الدواء، خطأ 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، ويفحص تسلسل جيناتها. وقد وجد أنَّ 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 الازمة

لحب بنزن	ميزان
حامل معدني وحلقة	ملح $MgSO_4$ المائي (كبريتات الماغنسيوم)
بوتفقة ذات غطاء	ملعقة
مثلث خزفي	ولاعة أو علبة كبريت
ملقط البوتفقة	ملقط البوتفقة

إجراءات السلامة

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

خطوات العمل

- احسب استعمل البيانات التجريبية لحساب صيغة ملح كبريتات الماغنسيوم المائي.
- لاحظ واستنتج قارن بين مظهر بلورات كبريتات الماغنسيوم المائية واللامائية؟
- استنتاج لماذا قد تكون الطريقة المستخدمة في المختبر غير مناسبة لتحديد ماء التبلور في الأملاح المائية؟
- تحليل الخطأ إذا كانت صيغة الملح المائي $MgSO_{4.7}H_2O$ ، فما نسبة الخطأ في الصيغة الكيميائية $MgSO_4$? ما مصادر الخطأ المحتملة؟ ما خطوات العمل التي من الممكن تعديلها للتقليل من الخطأ؟
- توقع ما الذي يمكن أن يحدث للملح اللامائي إذا ترك دون غطاء طوال الليل؟

التوسيع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار ما إذا كان مركبًّا مائياً (يحتوي على ماء تبلور) أو لاماً.

- اماً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
- صمم جدولًّا لتدوين البيانات.
- أوجد كتلة البوتفقة وغطائها إلى أقرب g.
- ضع 3 g من $MgSO_4$ المائي في البوتفقة، ثم قس كتلته مع البوتفقة وغطائها إلى أقرب g.
- دوّن ملاحظاتك حول الملح المائي.
- ضع المثلث الخزفي فوق حلقة الحامل؛ بحيث يكون فوق لحب بنزن مباشرة، دون أن تشعل اللهب.
- ضع البوتفقة على المثلث بحذر، ثم ضع الغطاء فوقها بحيث يكون مائلاً قليلاً.
- ابداً التسخين بلهب خفيف، ثم زد شدة اللهب تدريجياً مدة 10 دقائق ثم أطفئ اللهب.
- ارفع البوتفقة عن اللهب باستعمال المقطف بحذر، وقم برفع الغطاء عنها باستعمال المقطف أيضاً، ودعها تبرد.

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

حل و استنتاج

1. طبق اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل، ثم احسب كتلة النحاس التي يجب أن تكون من كمية الحديد المستعملة، فتكون هذه الكتلة هي المردود النظري. فسر البيانات حدد كتلة، وعدد مولات النحاس الناتجة. واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد النسبة المولية العددية الصحيحة (الحديد: النحاس)، ثم حدد نسبة المردود المئوية.

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 المطاء 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 تقارن بين النسبة المولية العملية والنسبة المولية النظرية؟

المواد والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس (II) المائة	سخان كهربائي
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ملقط لحمل الدوارق
برادة حديد	ميزان
ماء مقطر	ساقي تحرير
كأس سعتها 400 mL	كأس سعتها 150 mL
مخبار مدرج سعته 100 mL	أوراق وزن

احتياطات السلامة

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

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- قس كتلة كأس سعتها 150 mL نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
- ضع 12 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ في الكأس.
- أضف 50 mL من الماء المقطر إلى $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 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.
- زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
- أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس (II) الساخنة في أثناء التحرير.
- اترك المزيج مدة خمس دقائق.
- استعن بساقي التحرير كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 mL، من دون صب فلز النحاس الصلب.

دليل مراجعة الفصل

الفكرة (العامة) تؤكد العلاقات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزئية

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 الجزئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزء من المادة.
- الصيغة الجزئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

الفكرة > الرئيسية الصيغة الجزئية لمركب

ما هي مضاعف عدد صحيح لصيغته الأولية.

المفردات

- الترکیب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزئية

1-2 صيغ الأملاح المائية

المفاهيم الرئيسية

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

الفكرة > الرئيسية الأملاح المائية مرکبات

أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات

- الملح المائي

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة > الرئيسية تحدد كمية كل مادة المفاهيم الرئيسية

- تفسّر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات المماثلة (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.

المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

٤-١ حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة يتطلب حل المفاهيم الرئيسية

- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والنتاجة عن تفاعل معين.
- 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.

٤-٢ المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسة يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تستنفذ أيٌ من المواد المتفاعلة تماماً.

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستنفذ تماماً في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوفرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتتفاعل.

المفردات

- المادة المحددة للتفاعل
- المواد الفائضة

٤-٣ نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسة نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل

- المردود النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
 - المردود الفعلي هو كمية المادة الناجة 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 ناجة عن العمليات الكيميائية.
- $$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

المفردات

- المردود الفعلي
- المردود النظري
- نسبة المردود المئوية

1-2

اتقان 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.

اتقان حل المسائل

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

الجدول 3-1 بيانات

BaCl ₂ .xH ₂ O	
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. تكون نترات الكروم (III) ملحًا مائيًا يحتوي على 40.50% من كتلته ماء. ما الصيغة الكيميائية للمركب؟
- .80. حدد التركيب النسبي المائي لـ $MgCO_3 \cdot 5H_2O$ ، ومثل التركيب النسبي برسم بياني دائري.
- .81. سخنت عينة كتلتها 1.628 g من ملح يوديد الماغنسيوم المائي حتى تبخر الماء منها تماماً، فأصبحت كتلتها 1.072 g بعد التسخين. ما صيغة الملح المائي؟

1-1

اتقان المفاهيم

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

اتقان حل المسائل

- .70. الحديد هناك ثلاثة مركبات طبيعية للحديد، هي: البايريت FeS_2 ، والهيمايت Fe_2O_3 ، والسيديرايت $FeCO_3$. أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟
- .71. احسب التركيب النسبي المائي 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. البنزين $C_{10}H_8$

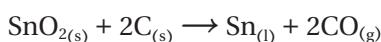
- .73. ما الصيغة الأولية للمركب الذي يحتوي على 5.10 g N , 4.38 g C , و 10.52 g Ni

1

تقدير الفصل

اتقان حل المسائل

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



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

٩١. تكون نترات النحاس (II) وأثاني أكسيد النيتروجين والماء

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

٩٢. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص (II) يتربّض كلوريد الرصاص (II)

ويتّجّه محلول حمض النيريكي.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. فسّر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.

٩٣. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، يتّجّه فلز

الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فيما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات

الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟



٩٤. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع

محلول حمض الهيدروفلوريك HF، ليتّجّه غاز رباعي فلوريد السليكون و الماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثالث نسب مولية، وبين كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

٩٥. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت

FeCr_2O_4 . ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج



ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت

إلى مولات الفيروكروم؟

١-٣

اتقان المفاهيم

٨٢. لماذا يتّرّط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدّد النسب المولية؟

٨٣. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدّدها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

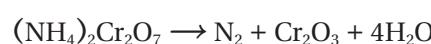
٨٤. فسّر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

٨٥. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟

٨٦. لماذا تُستخدم العواملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغة الكيميائية؟

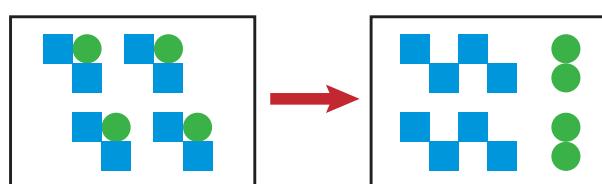
٨٧. فسّر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

٨٨. تتحلل ثاني كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتّج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.



اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثاني كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

٨٩. يمثل الشكل ١-١٧ معادلة، وتتمثل المربعات العنصر M كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عدديّة صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.

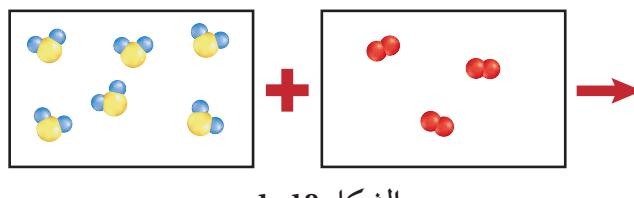


الشكل ١-١٧

تقويم الفصل 1

104. يمثل كل صندوق في الشكل 18-1 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجهما يحدث تفاعل ويتجزء بخار ماء وكربونات. 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 18-1

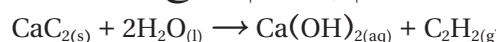
إتقان حل المسائل

105. الإيثanol يمكن تحضير الإيثانول C₂H₅OH، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

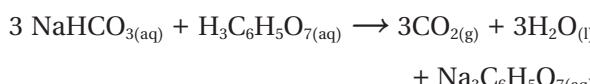


زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C₂H₅OH التي تتكون من تخمر 750 g من C₆H₁₂O₆

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



107. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزاً بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO₃ وحمض الستريك H₃C₆H₅O₇ حسب المعادلات الآتية:



ما عدد مولات Na₃C₆H₅O₇ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol NaHCO₃؟

96. تلوث الهواء يتم إزالة الملوث SO₂ 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 SO₂ إلى مولات CaSO₄.

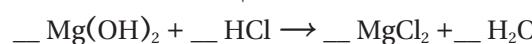
97. تفاعل المادتان W و X لتنتجان Y و Z. والجدول 1-4 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحديد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.



الجدول 1-4 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
Z	Y	X	W
1.20	0.60	0.30	0.90

98. مضاد الحموضة يُعد هيدروكسيد الماغنيسيوم 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 النسبة المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات MgCl₂ 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 ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

102. كيف تستخدم النسبة المولية في الحسابات الكيميائية؟

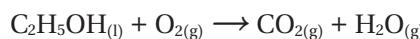
103. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسين كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟



1

تقدير الفصل

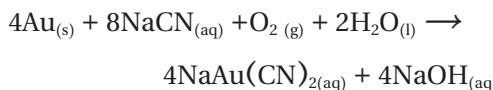
113. وقود **gasohol** عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثanol. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق g 100.0 من الإيثanol.



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 رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.

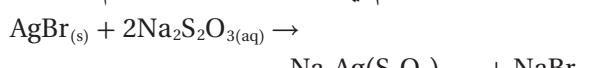
115. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.



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

b. إذا كانت كتلة خام الذهب g 150.0، 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 متوجهاً حبيبات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.



حدد كتلة $\text{Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2$ الناتجة عن إزالة g 572.0 من بروميد الفضة.

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 CO_2 .

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.

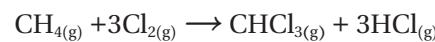
b. حدد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل mol 0.250 من كرومات البوتاسيوم.

110. وقود الصاروخ يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_4 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 للصواريخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

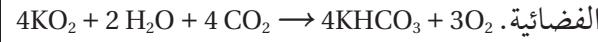
b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

111. الكلوروفورم CHCl_3 مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.



ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج CHCl_3 ؟

112. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات



أكمل الجدول 5-1.

الجدول 5-1 بيانات إنتاج الأكسجين

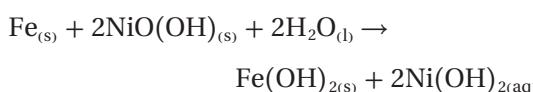
كتلة O_2	كتلة KHCO_3	كتلة CO_2	كتلة H_2O	كتلة KO_2
380g				

تقدير الفصل 1

1-5

اتقان المفاهيم

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

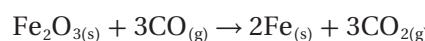


ما عدد مولات Fe(OH)_2 التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol مع 8.0 mol NiO(OH) ؟

122. أحد مرکبات الزينون القليلة التي تتكون هو سابع فلوريد زينون سيزريوم CsXeF_7 . ما عدد مولات التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزريوم مع 10.0 mol من سادس فلوريد الزينون.

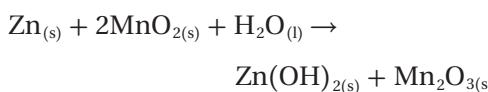


123. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجاريًّا من تفاعل الهيماتيت مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد، بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت مع 30.0 mol Fe_2O_3 ؟



124. يتوج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع الفوسفور P_4 الصلب خماسي. وعند تفاعل 16.0 g من الكلور مع 32.0 g من الفوسفور، فأي المادتين المتفاعلتين مُحددة لتفاعل، وأيهما فائضة؟

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



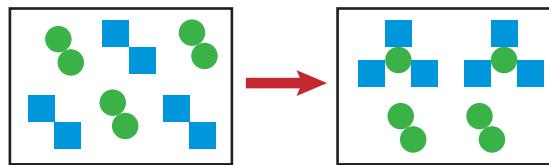
a. ما المادة المُحددة لتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع 30.0 g MnO_2 ؟

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

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

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

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



الشكل 19-1

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

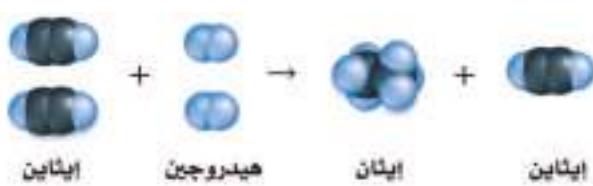
b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وممثل كل دائرة 1mol N ، فما عدد مولات كل من N و M التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

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

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

اتقان حل المسائل

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



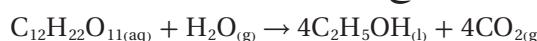
الشكل 20-1

1

تقدير الفصل

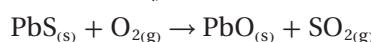
اتقان حل المسائل

134. الإيثانول (C_2H_5OH) يتتج عن تخمر السكرورز مع وجود الإنزيمات.



حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تجّر 684 g من السكرورز وكان الناتج 349 g إيثانول.

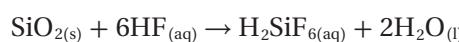
135. يستخلص أكسيد الرصاص (II) بتحميس الجالينا؛ كبريتيد الرصاص (II)، في الهواء.



a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ PbO إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS .

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

136. لا يمكن حفظ محليل حمض الهيدروفلوريك في أوّعية زجاجية؛ لأنّه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُتج حمض سداسي الفلوروسيليسيك H_2SiF_6 حسب المعادلة الآتية:



إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتج 45.8 g من H_2SiF_6 :

a. ما المادة المحددة لتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6 ؟

d. ما نسبه المردود المئوية؟

137. تتحلل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند التسخين إلى أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2 .

a. ما المردود النظري لـ CO_2 إذا تحلل 235.0 g من $CaCO_3$ ؟

b. ما نسبه المردود المئوية لـ CO_2 إذا نتج 97.5 g من CO_2 ؟

126. يتفاعل الليثيوم تلقائياً 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 المحددة لتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

1-6

اتقان المفاهيم

127. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

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

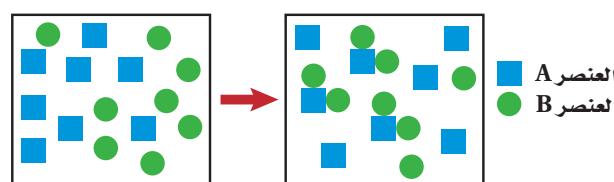
129. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100% ؟ وضح إجابتك.

130. ما العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب نسبة المردود المئوية لتفاعل 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 ليُتج 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 لتفاعل.



الشكل 1-21

تقويم الفصل 1

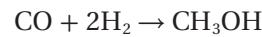
مراجعة عامة

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 CuS II ؟
144. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين يتبع عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟
145. تلوث الهواء يتحول أكسيد النيتروجين الملوث وال موجود 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. حل 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 واستنتاج حدد ما إذا كان أي من التفاعلات الآتية يعتمد على المادة المحددة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

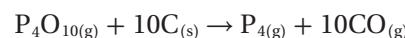
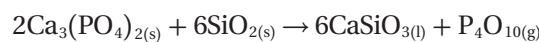
138. يتم إنتاج الميثanol، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



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

جدول 6-1 بيانات تفاعل الميثanol		
الكتلة	الكتلة المولية	عدد المولات
CH ₃ OH(l)	32.05 g/mol	
CO(g)	28.01 g/mol	
8.50 g		

139. الفوسفور P_4 يُحضر تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ، والرمل SiO_2 ، وفحm 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 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 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

تقدير الفصل

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

152. صمم تجربة يمكن استعمالها لتحديد كمية الماء في مركب الشب البوتاسي $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

مسألة تحفيز

153. مركبان كيميائيان يتكونان من العنصرين X و Y وصيغتهما XY_2 . 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 الفاناديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكسيد فاناديوم آخر كتلته (8.76 g) . وعند تعريض أكسيد الفاناديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفاناديوم الصلب.

a. حدد الصيغة 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 اللافزات 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 النيتريل.

149. طبق أجرى الطالب تجربة للاحظة المواد المحددة والفائضية، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت $(\text{Co}(\text{NO}_3)_2)$ ، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطالب 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 7-1 على النحو الآتي:

جدول 7-1 بيانات تفاعل $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة $\text{CO}(\text{NO}_3)_2$
1	5.0 mL	10.0 mL	أرجواني راسب	لا يوجد راسب
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	أرجواني راسب
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	أرجواني راسب
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	أرجواني راسب

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد بناءً على النتائج، المادة المحددة لتفاعل والفائضية لكل تجربة.

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

151. طبق يمكنك إعادة إشعال النار في الخشب بعد خموتها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضع، اعتدًا على

تقويم الفصل 1

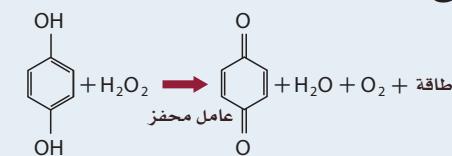
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

الجدول 8-1 بيانات وقود مكوك فضائي

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

الدافع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الميدروجين H₂O₂ والميدروكونين C₆H₄(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 الموزونة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 1-22

163. زن المعادلة الظاهر في الشكل 1-1. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الميدروكونين مع 50 mg من فوق أكسيد الميدروجين، فأي المادتين محددة للتفاعل؟

164. ما الـإادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالملجرام؟

165. كم mg يتوج من البنزوكونين؟

159. الغاز الطبيعي هيدرات الغاز الطبيعي هي مركبات كيميائية متبلورة (Clathrate hydrate). ابحث في هذه المركبات وأعد 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 المئوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الميدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الميدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُممَت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

أسئلة المستندات

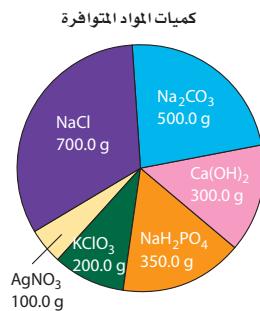
162. يشتمل الجدول 8-1 على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3,164,445 L من الأكسجين، والميدروجين، وأحادي ميثيل الميدرازين (الكتلة المولية = 46.07g/mol)، ورابع أكسيد ثانوي النيتروجين (الكتلة المولية = 92.00g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (233 Kg, 727). أكمل الجدول بحساب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

اختبار مقنن

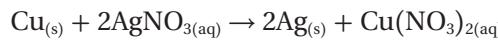
5. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

- 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.



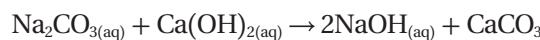
6. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع AgNO_3 تماماً؟

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

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

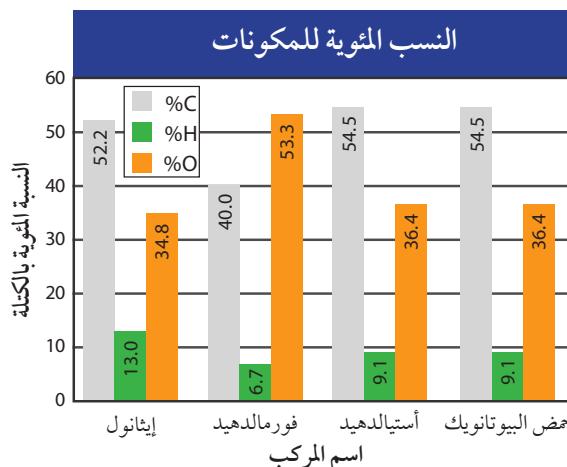


ما الحد الأعلى لعدد المولات NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوفرة.

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

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؟

- C₅H₁₂O .c C₃H₄O₃ .a
C₄H₈O₂ .d C₂H₄O .b

2. ما الصيغة الأولية لإيثanol؟

- C₂H₆O .c C₄HO₃ .a
C₄H₁₃O₂ .d C₂H₆O₂ .b

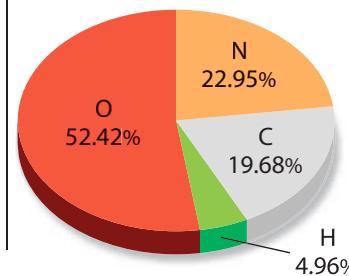
3. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها. فكم جراماً يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

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

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 4.

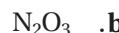
4. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

- C₆H₂N₆O₃ .a C₄HN₅O₁₀ .b
CH₃NO₂ .c CH₅NO₃ .d



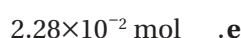
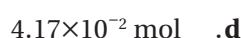
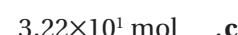
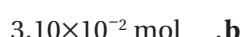
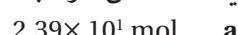
اختبار مقتن

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



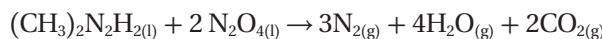
12. ما عدد مولات تيتانيت الكوبالت III Co₂TiO₄ الموجودة

في 7.13 g من المركب؟



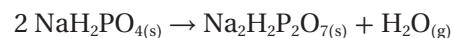
أسئلة الإجابات القصيرة

13. يشتعل (CH₃)₂N₂H₂ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين.



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

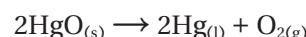
8. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم Na₂H₂P₂O₇، المعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز - بتسخين Na₂H₂PO₄ إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:



إذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من Na₂H₂P₂O₇ ، فكم جراماً من NaH₂PO₄ يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من ?Na₂H₂P₂O₇



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



إذا تحملت 3.55 mol من HgO لتكون 1.54 mol من O₂ و 618 g من Hg، فما نسبة المردود المئوية لهذا التفاعل؟

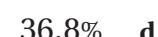
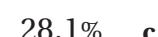
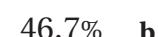
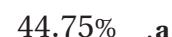


استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و 11.

النسبة المئوية لمكونات أكسيد النيتروجين

المركب	نسبة الأكسجين	نسبة النيتروجين
N ₂ O ₄	30.4%	69.6%
N ₂ O ₃	?	?
N ₂ O	63.6%	36.4%
N ₂ O ₅	25.9%	74.1%

10. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب ?N₂O₃



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

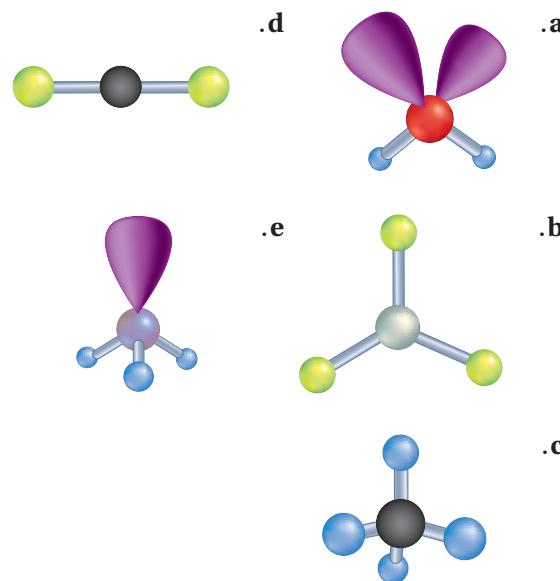
استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 19 و 20.

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

19. مثل البيانات السابقة بيانيًا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

20. وضّح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 14 إلى 18.



14. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

15. أي الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟

16. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

17. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

18. أي الأشكال يمثل جزيئاً فيه مجالات مهجننة من نوع $\text{?}sp^2$

الإلكترونات في الذرات

Electrons in Atoms

2

الكترونات

الفكرة **(العامة)** لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1- الضوء وطاقة الكم

الفكرة **(الرئيسة)** للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسمية.

2- نظرية الكم والذرة

الفكرة **(الرئيسة)** تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

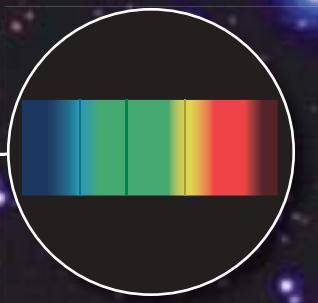
3- التوزيع الإلكتروني

الفكرة **(الرئيسة)** يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة من خلال ثلات قواعد.

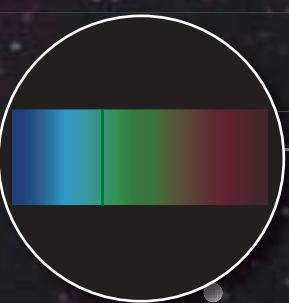
حقائق كيميائية

- 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 مутزم تقريرياً في طيف الامتصاص الشمسي.

طيف الامتصاص لنجم
منكب الجوزاء



طيف الامتصاص لنجم
رجل الجبار أو الصياد

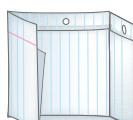


نشاطات تمهيدية

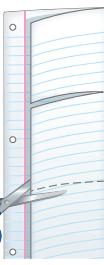
التوزيع الإلكتروني
اعمل مطوية تساعدك
على تلخيص القواعد
الثلاث التي تحدد ترتيب
الإلكترونات في الذرة.



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



خطوة 2 اطو الورقة لتشكل
ثلاثة أجزاء متساوية.



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



خطوة 4 عنون الأجزاء
الثلاثة على النحو
الآتي: مبدأ أو بايو،
مبدأ باولي، قاعدة
هوند.

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

المطويات

منظمات الأفكار

المطويات

تجربة استهلاكية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

إذا أهدى 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

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- احصل على صندوق مغلق من المعلم.
- حاول أن تعرف ما بداخل الصندوق بكل طريقة
ممكنة، دون إزالة الغلاف عن الصندوق أو فتحه.
- سجل ملاحظاتك خلال عملية الاستكشاف هذه.

تحليل النتائج

- صف كيف تمكنت من تحديد صفات الجسم
الموجود داخل الصندوق، ومنها حجمه وشكله
ومكوناته؟
- حدّد الحواس التي استخدمنتها في ملاحظاتك.
- ناقش لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود
داخل الصندوق دون فتحه؟

استقصاء بعد قراءتك لهذا الفصل، صمم استقصاءً آخر يوضح الصعوبات المرتبطة مع دراسة مكونات
الذرة.

الأهداف

١ تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.

٢ تعرّف طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.

٣ تقارن بين الطيف الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي
الطول الموجي
التردد

سعة الموجة

سرعة الموجة

الطيف الكهرومغناطيسي

الكم

ثابت بلانك

تأثير الكهروضوئي

الفوتون

طيف 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 يومًا بتتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم حزْمٌ صغيرةً من الطاقة بتتسخينه في وقت قصير.

الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات The Atom and Unanswered Questions

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

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

فعلى سبيل المثال، توجد عناصر الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم في دورات مختلفة من الجدول الدوري، ومع ذلك فخواصها الكيميائية متتشابهة؛ فهي تظهر في صورة فلزات في الطبيعة، وتفاعل 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 ←

الشكل 1-2 للعناصر المختلفة

تفاعلات متتشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

يُعد 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، وال WAVES التي تحمل برامج المذيع والتلفاز إلى المنازل.

خصائص الموجات يمكن أن توصف الموجات جميعها بخصائص عدة، قد يكون بعضها مألوفاً لك. فعند رمي حجرًا في بركة ماء مثلاً تكون موجات دائيرية مركزها الحجر الذي رميته تشبه تلك التي ظهرت في الشكل 2a.

الطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين، كما هو موضح في الشكل 2b. ويرمز له بالرمز اليوناني لمدأ (λ)، ويقاس بالأمتار أو المستويات أو النانومترات ($1\text{nm}=1\times10^{-9}\text{m}$).

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

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

$$1\text{Hz}=1\times10^{-3}\text{kHz}$$

$$1\text{Hz}=1\times10^{-6}\text{MHz}$$

تعلمت سابقاً أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في الشكل 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.

تنقل الموجات الكهرومغناطيسية - ومنها الضوء المرئي - بسرعة ثابتة $3.00\times10^8 \text{ m/s}$ 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 تردد (f) .

معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

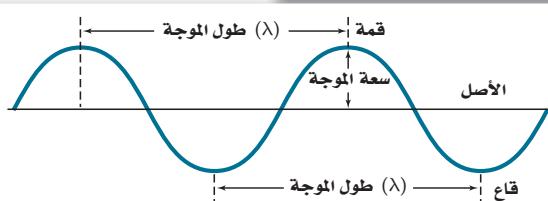
حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

$$c = \lambda f$$

λ الطول الموجي.

f التردد.

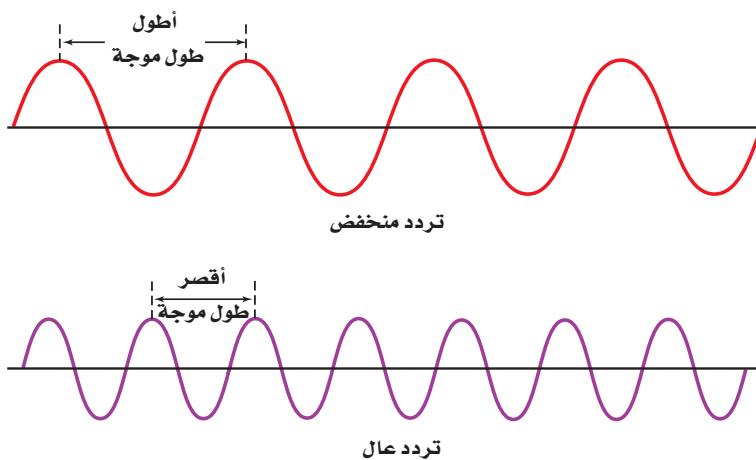
سرعه الضوء في الفراغ تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.



الشكل 2-2a. تُظهر الموجات المائية المتموجة المركبة المميزة لكل الموجات.

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

حدد من الصورة، قمة، وقاعاً، وطولاً موجياً.



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

استنتاج هل يؤثر التردد والطريق 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 عكسيًا أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحو أفضل، تفحص الموجتين المرسومتين 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 مَدَى 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.

معنى في الكيمياء

محلل الطيف تحليل الطيف هو دراسة الطيف المتصل أو المنبعث من المادة. وبما أن لكل عنصر طيف مميزٌ وفريد من نوعه ويشبه بصمة الإصبع، لذا يستخدم علماء الفيزياء الفلكية التحليل الطيفي للكشف عن مكونات بعض النجوم مثل الشمس. ويُظهر طيف الامتصاص النجمي خطوطاً معتمة كثيرة، تُمكِّن 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 1410هـ لأنّه برع وكان من ألم الكمبيائيين الفيزيائيين المعاصرين. ولله بحوث وضعته 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 سُمِّيت بعض قواعد التفاعلات التي اكتشفها باسمه، فيقال عنها قواعد السيد.



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

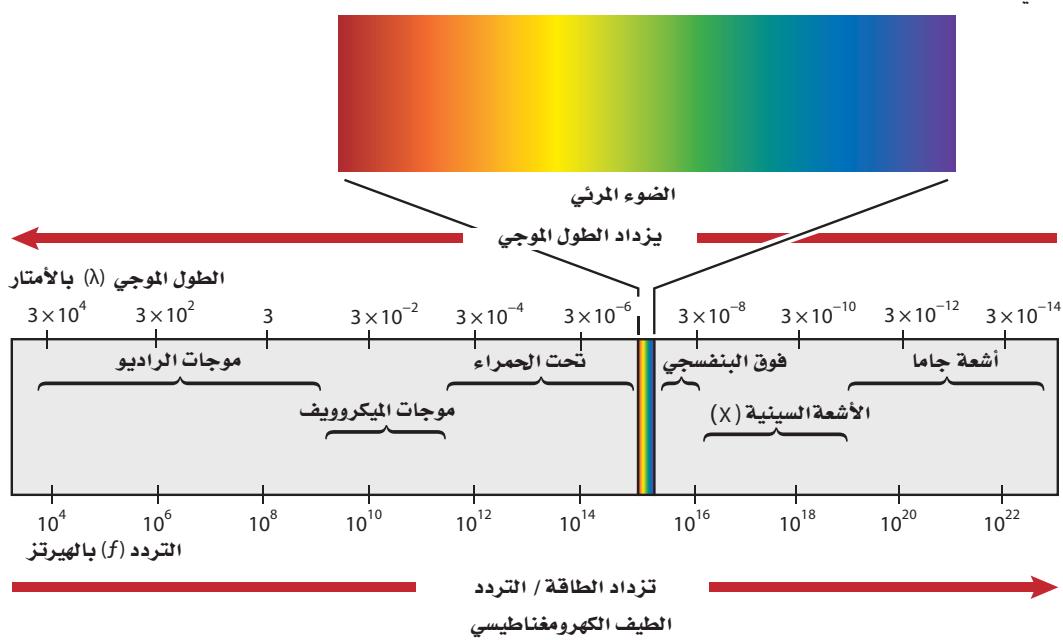
يظهر الطيف المرئي للضوء، في الشكل 4-2، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في الشكل 5-2. ويشتمل الطيف الكهرومغناطيسي، على أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط، ويظهر الشكل 4-2 اختلاف زاوية ميل الإشعاع باختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور، مما يتيح عنه سلسلة من الألوان (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي وبنفسجي). كما نلاحظ عند دراسة طاقة الإشعاع المبينة في الشكل 5-2، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وببناءً 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 $f = \lambda c$ لحساب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تتنقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وتردداته.

الربط مع الفيزياء تعرّض أجسامنا للإشعاع الكهرومغناطيسي من مصادر متعددة. وبالإضافة إلى الإشعاع الصادر من الشمس، ينبع عن النشاطات الإنسانية إشعاعات تشمل موجات الراديو والتلفزيون، ومحطات تقوية الهاتف، والمصابيح، ومعدات الأشعة السينية الطبيعية، كما تساهم المصادر الطبيعية على الأرض مثل البرق، والنّشاط الإشعاعي الطبيعي في ذلك. وتعتمد معرفة الكون على الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجرام البعيدة كالنجوم التي تُرصَد بأجهزة متخصصة على الأرض.

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



حساب الطول الموجي لwave كهرومغناطيسية تستخدم موجات الميكروويف في طهي الطعام، ونقل المعلومات. فما الطول الموجي لموجات الميكروويف التي ترددتها $3.44 \times 10^9 \text{ Hz}$ ؟

١ تحليل المسألة

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

المطلوب
 $\lambda = ? \text{ m}$

المعطيات

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

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

٢ حساب المطلوب

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

$$c = \lambda f$$

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$\lambda = ?$$

$$\lambda = c/f$$

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

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

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

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

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

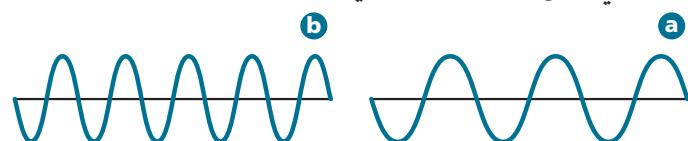
اقسم الأرقام والوحدات

٣ تقويم الإجابة

الإجابة معبر عنها بوحدات صحيحة للطول الموجي (m). وكلتا القيمتين 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 أطوالًا موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقه 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 طوتها 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 لكلا من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

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.

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 تتوجه باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سخنت أكثر. وسوف تتعلم أنَّ درجة حرارة الجسم مقاييس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويعود ألواناً مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

لم يستطع النموذج الموجي تفسير ابعاد 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**. وال**كم** هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدتها.

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

أدت الخبرة السابقة بالعلماء إلى الاعتقاد أنه يمكن أن تُ Tactics الطاقة أو تُبعث في كميات متغيرة وباستمرار دون حد أدنى لهذه الكمية. فعل سبيل المثال، فكر 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 والفترقة الزمنية للفرن. والحقيقة أن درجة الحرارة تزداد بكميات صغيرة متواصلة عندما تتصب جزيئاتها كما محدوداً من الطاقة. ولأن عملية ازدياد درجة الحرارة تحدث تدريجياً ببطء لذا تبدو الزيادة في درجة الحرارة وكأنها مستمرة بدلاً من حدوثها على دفعات صغيرة.



الشكل 6-2 يعتمد طول موجة الضوء المنبعث من فلز ساخن، مثل الحديد الموجود عن اليدين، على درجة الحرارة. فالحديد رمادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاب.

فسر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.

اقترح بلانك أن الطاقة المبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّأة، ثم أثبت رياضيًّا وجود علاقة بين طاقة الكم وتردد الإشعاع المبعث.

طاقة الكم

حيث E طاقة الكم

h ثابت بلانك

$$E_{\text{quantum}} = hf$$

f التردد

طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

الكيمياء في واقع الحياة

الطاقة الشمسية



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

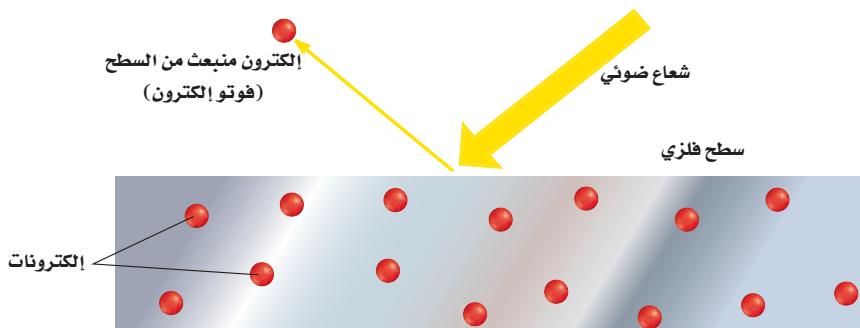
ثابت بلانك يساوي $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ حيث J رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردد f .

واعتبارًا على نظرية بلانك لكل تردد معين، فإن المادة تشع أو تتصبّط طاقة بمضاعفات صحيحة لقيم hf ، مثل $3hf$, $2hf$, $1hf$ وما إلى ذلك. وتشبه هذه العملية بناء طفل جدار 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 قادرًا على تفسير الظاهرة المسماة بالتأثير الكهروضوئي.

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

ماذا قرأت؟ صف التأثير الكهروضوئي.



الشكل 7-2 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 لتوسيع التأثير الكهروضوئي أن الضوء له طبيعة ثنائية؛ فللحزمة الضوء خواص موجية، وأخرى مادية. ويمكن القول إنه حزمة أشعة من الطاقة تُسمى الفوتونات. **الفوتون** جُسيم لا كتلة له يحمل كمًا من الطاقة. واستكمالًا لفكرة بلانك عن طاقة الكم، وجد أينشتاين أن طاقة الفوتون تعتمد على ترددده.

طاقة الفوتون

حيث E طاقة الفوتون

ثابت بلانك h

$$E_{\text{photon}} = hf$$

تردد f

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

وكما اقترح أينشتاين أيضًا أن لكل فوتون حداً معيناً من الطاقة يؤدي إلى إطلاق الفوتون 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 الفوتون 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 تردد $7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$

1 تحليل المسألة

المطلوب

المعطيات

$$E_{\text{photon}} = ? \text{ J}$$

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

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

2 حساب المطلوب

$$E_{\text{photon}} = hf$$

اكتب معادلة طاقة الفوتون

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

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

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

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسمها

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:

$$1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1} \quad 9.50 \times 10^{13} \text{ Hz} \quad .c \quad .b \quad .a \quad 6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$$

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 الناريه، فعندما يُسخن إلى درجة حرارة 1500 K تقريرًا، يشع لونًا أزرق ذو 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 الملوحة؟ هذه العملية ظاهرة أخرى لا يمكن تفسيرها بواسطة النموذج الموجي للضوء. ينبع 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 مشعر زجاجي يتبع عن ذلك طيف الانبعاث الذري للنيون.

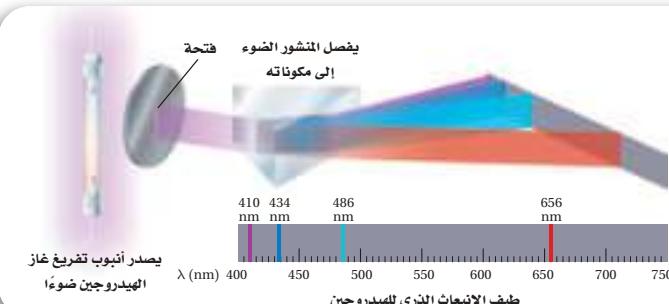
طيف الانبعاث الذري لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر. ويكون طيف الانبعاث الذري للنيون من عدة خطوط منفصلة من الألوان مرتبطة مع ترددات الإشعاع المنبعثة من ذرات النيون، وهو ليس مدمجاً متصلةً من الألوان، كما هو الحال في الطيف المرئي للضوء الأبيض.

ماذا قرأت؟ وضح كيف يتبع طيف الانبعاث؟

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

يوضح الشكل 2 التوهج الأرجواني - الزهري المميز الناتج عن تهيج ذرات الهيدروجين، والذي يتبع 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 لتعريف ذلك العنصر. وإن حقيقة ظهور ألوان معينة فقط في طيف الانبعاث الذري للعنصر يعني انبعاث ترددات محددة من الضوء. ولأن



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

حدد أي خط له أعلى طاقة؟

تجربة

تحديد ماهية المركبات

كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

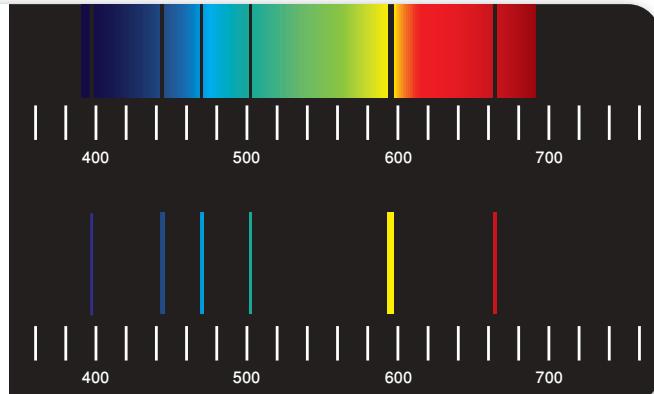
خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- اغمس سلك بلاطين أو أحد أعماد تنظيف الأذن القطنية (بعد مسكه بالملقط) في محلول **كلوريدي الليثيوم**، ثم عرضه للهب بنزن، ولاحظ لون اللهب، وسجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
- كرر الخطوة 2 مستخدماً محاليل الفلزات الآتية: **كلوريدي الصوديوم**، **كلوريدي البوتاسيوم**، **كلوريدي الكالسيوم**، **كلوريدي الاسترانشيوم**، وسجل لون كل لهب في جدول البيانات.
- قارن نتائج اختبار لون اللهب بما في كليب العناصر في نهاية الكتاب.
- كرر الخطوة 2 مستخدماً عينة من محلول **مجهول** يزودك بها المعلم، ثم سجل لون اللهب الناتج.
- تخلص من عيدان القطن المستعملة كما يرشدك المعلم.

التحليل

- اقتراح سبب إعطاء كل مركب لوناً مختلفاً للهب بنزن على الرغم من احتواها جميعاً على الكلوريدي.
- وضح كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟
- استنتج هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.

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



هذه الترددات المنشورة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة $E_{\text{photon}} = hf$ ، لذا تبعت الفوتوكترونات ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتبنّأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تختص العناصر ترددات محددة من الضوء في تكون طيف الامتصاص. وتظهر الترددات المنشورة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في **الشكل 9-2**. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر، يستطيع العلماء أن يحدّدوا تركيب الطبقات الخارجية للنجم.

اختبار اللهب

تجربة
عملية

ارجع إلى دليل التجارب العلمية على منصة
عين الإفرانية



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

9. صف الظاهرة التي يمكن أن تفسّر 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. نقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهرومغناطيسي.
13. تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-2 وما تعرّفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتىين.

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

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 وتختصها بكلمات محددة.
- يتبع الضوء الأبيض طيفاً مستمراً. ويكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

الأهداف

• تقارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

• توضح تأثير كلٌّ من الطبيعة الموجية - الجسيمية لدى برولي ومبدأ الشك هايزنبرج 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 إلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

المفردات الجديدة

حالة الاستقرار

حالة الإثارة

العدد الكمي

مبدأ الشك هايزنبرج

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة المستوى

العدد الكمي الرئيس

مستوى الطاقة الرئيس

مستوى الطاقة الثاني

نظريّة الكم والذرّة

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 للذرّة

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، واقتراح أن لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة يسمح للإلكترونات أن توجد فيها. وتسمى الحالة التي تكون الإلكترونات الذرة فيها أدنى طاقة **حالة الاستقرار** أما عندما تكتسب الإلكترونات الذرة الطاقة فتصبح في **حالة إثارة**.

كما يربط بور أيضًا بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين والإلكترون داخلها. واقتراح 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.

الإلكترون

نواة

حالة الإثارة

الإلكترون

نواة

حالة الاستقرار

الجدول 2-1

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

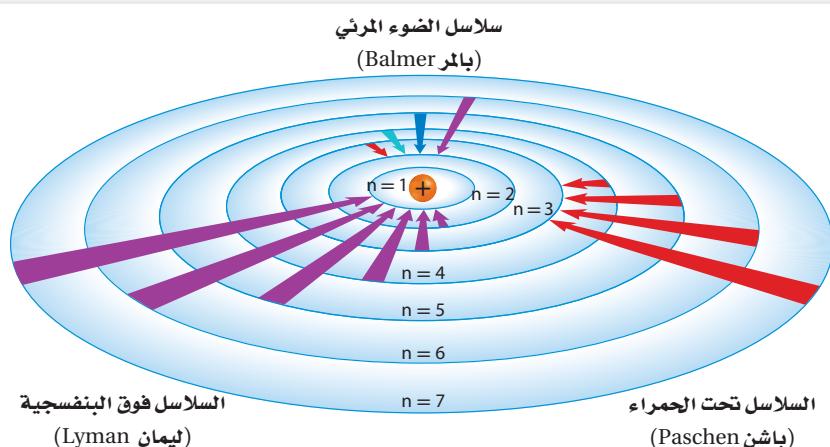
خصص بور لكل مدار عددًا صحيحًا (n)، أطلق عليه اسم **العدد الكمي** من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول $n=1$ مساوياً 0.0529 nm ، ونصف قطر المدار الثاني $n=2$ مساوياً 0.212 nm ، ويلخص الجدول 2-1 معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها ومستويات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

طيف الهيدروجين الخطى اقترح بور أن ذرة الهيدروجين تكون في الحالة المستقرة - وتسمى أيضًا 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.

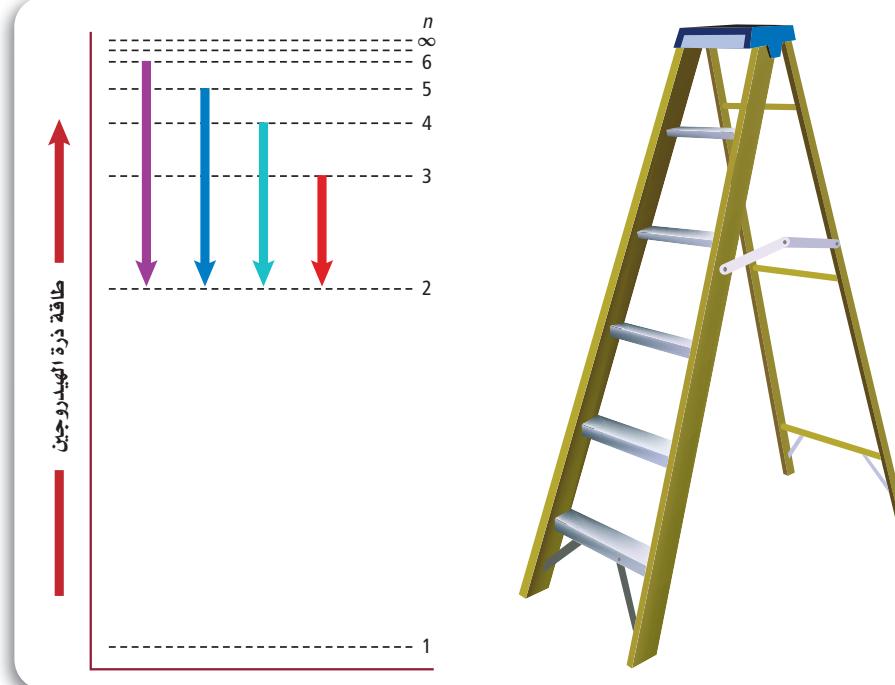
$$\text{فرق الطاقة} = \text{طاقة المستوى الأعلى} - \text{طاقة المستوى الأدنى} = \text{طاقة الفوتون} = hf$$

الشكل 11-2 عندما ينتقل الإلكترون من

مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل ينطلق فوتون. وتنتج السلاسل فوق البنفسجية (ليمان)، والرئية (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 الأربع 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 تنبئ أو تُ Tactics 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 الأربع 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 يتنتقل فيها الإلكترون إلى المستوى $n=1$ ، وكذلك سلسلة باشن (تحت الحمراء)، التي تنتج عن انتقال الإلكترون إلى المستوى $n=3$.

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

حدود نموذج بور فسر 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 تفهم حركة الإلكترونات في الذرات بصورة تامة حتى الآن، وهناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائيرة.

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة The Quantum Mechanical Model of the Atom

نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثانية



اقتصر العلماء في متصف القرن العشرين أن نموذج بور للذرة غير صحيح، فوضعوا تصورات جديدة ومبتكرة تبين كيف توزع الإلكترونات في الذرات. ففي عام 1924م اقترح أحد طلاب الدراسات العليا في الفيزياء - اسمه لويس دي برويلie (1892-1987م) - فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

الإلكترونات موجات اعتقاد دي برويل أن للجسيمات المتحركة خواص الموجات. وقد عرف دي برويل أنه إذا كان للإلكترون حركة الموجة وكان مقيداً بمدارات دائيرية أنصاف قطراتها ثابتة، فإنه يستطيع إشعاع موجات ذات أطوال موجية وسرعات وطاقات معينة فقط. وبتطوير فكرته اشتقت دي برويل المعادلة الآتية:

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

m تمثل كتلة الجسيمات

λ تمثل طول الموجة

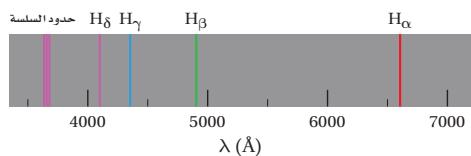
v تمثل السرعة

h ثابت بلانك

$$\lambda = h/m.v$$

طول موجة الجسيم هي النسبة بين ثابت بلانك، ونتائج ضرب كتلة الجسيم في سرعته.

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 حسبتها في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبياً. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ ووضح إجابتك. واحد إنجرستروم (A°) يساوي 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. في بعض الأطوال الموجية فوق بنفسجية (سلسلة ليهان)، وبعضها الآخر تحت حمراء (سلسلة باشن)، وتشكل الأطوال الموجية المرئية سلسلة بالمر. يعزى نموذج بور الذري هذه الخطوط الطيفية إلى انتقال إلكترون من مستويات الطاقة العليا التي تكون فيها $n_i = n_f$ إلى مستويات الطاقة المنخفضة التي يكون فيها $n_f = n_i$.

التحليل

توضح الصورة على الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسلة بالمر للهيدروجين. وتُسمى هذه الخطوط وكل طول موجة (λ) مرتبطة مع انتقال إلكترون ضمن ذرة الهيدروجين من خلال المعادلة الآتية التي يمثل فيها القيمة:

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

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

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 رutherford وبور ودي برولي - خفايا الذرة بالتدريج. إلا أن الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الفيزياء النظيرية هايزنبرج (1901-1976) كان له آثاره الكبيرة في النماذج الذرية.

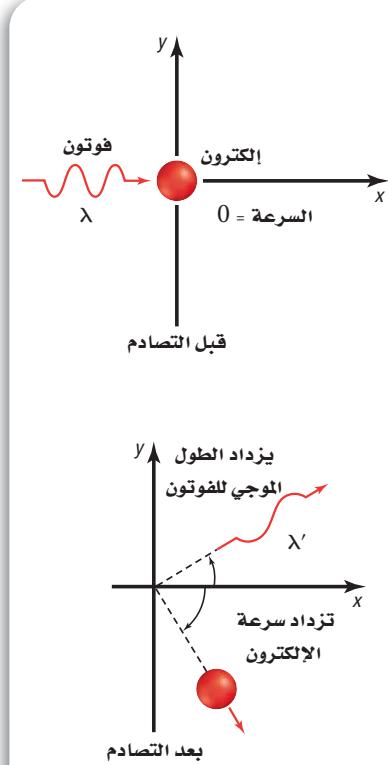
أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالloon منتقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع الballon عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس الballon تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضًا أن تحدد مكان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

ولأن الballon جسم كبير نسبياً، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكسة عنه على موقعه صغيراً جداً وغير ملاحظ. ولكن تصور محاولة تحديد مكان الإلكترون باصطدامه مع فوتون عالي الطاقة. ولأن للفوتون طاقة مماثلة لطاقة الإلكترون نفسه، لذا فإن التصادم بين الجسمين يغير كلاً من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتوجهة، كما في الشكل 13-2، أي أنه يحدث تغير لا يمكن تجاهله في مكان الإلكترون وحركته. لقد أدى تحليل هايزنبرج مثل 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 الballon المليء بالهيليوم - قليل، بحيث إن الشك في موقعه أصغر من أن يقاس. ولكن هذه الحالة لا تشبه الإلكترونًا يتحرك بسرعة $s = 6 \times 10^6 \text{ m/s}$ 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 الإلكترون حول النواة.



الشكل 13-2 عندما يصطدم فوتون مع الإلكترون ساكن تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا يوضح مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

فقر **ماذا تتغير طاقة الفوتون؟**

معادلة شرودنجر الموجية في عام 1926م تابع الفيزيائي النمساوي إبرهاردين شرودنجر (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 الميكانيكي للذرّة أو **النموذج الميكانيكي الكمي للذرّة**. وكما هو الحال في نموذج بور، يحدد النموذج الميكانيكي الكمي طاقة الإلكترون بقيمة معينة، إلا أنه – بخلاف نموذج بور – لا يحاول وصف مسار الإلكترون حول النواة.

ماذا قرأت؟ قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرّة.

اعتبر 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 تنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثة الأبعاد للإلكترون حول النواة **تسمى المستوى**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترون. يشبه المستوى الفوري 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 بعيدة من النواة.

ماذا قرأت؟ صف أين توجد الإلكترونات في ذرة ما؟

الشكل 14-2 تمثل خريطة الكثافة احتمال

وجود الإلكترون في موقع معين حول النواة.

a. تظهر الكثافة العالية للنقاط قرب النواة أن احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جداً.

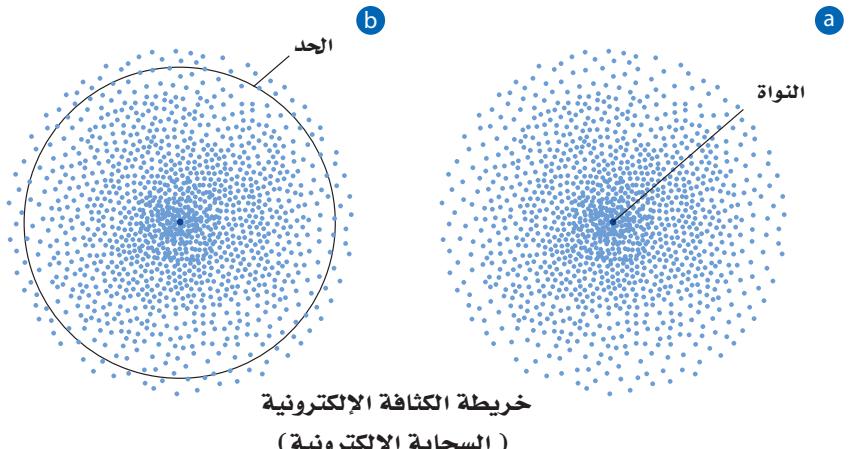
b. يحصل وجود الإلكترون بنسبة 90% ضمن

المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة.

وأحياناً يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود

الذرّة. 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 قريباً من النواة وضمن الحجم المعروف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في الشكل 14b-2 تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

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

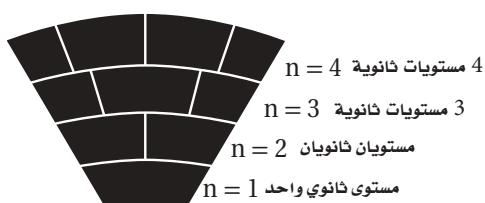
مستويات الطاقة الثانوية تحتوي مستويات الطاقة الرئيسية على **مستويات ثانوية**. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى ثانوي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستوىين ثانويين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات ثانوية، ومستوى الطاقة الرئيس 4 من أربعة مستويات ثانوية، أما مستويات الطاقة الرئيس (5-7) من أربعة مستويات ثانوية كالمستوى الرئيس الرابع. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسية والمستويات الثانوية بطريقة أفضل، انظر إلى الشكل 15-2. فكلما ارتفعت إلى أعلى تحتوي الصنوف 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 الرئيس
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 صنوف المقاعد في هذا المسرح الأثري؛ إذ تحتوي الصنوف العليا على مقاعد أكثر.

وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة الأبعد عن النواة على مستويات ثانوية أكثر للطاقة.



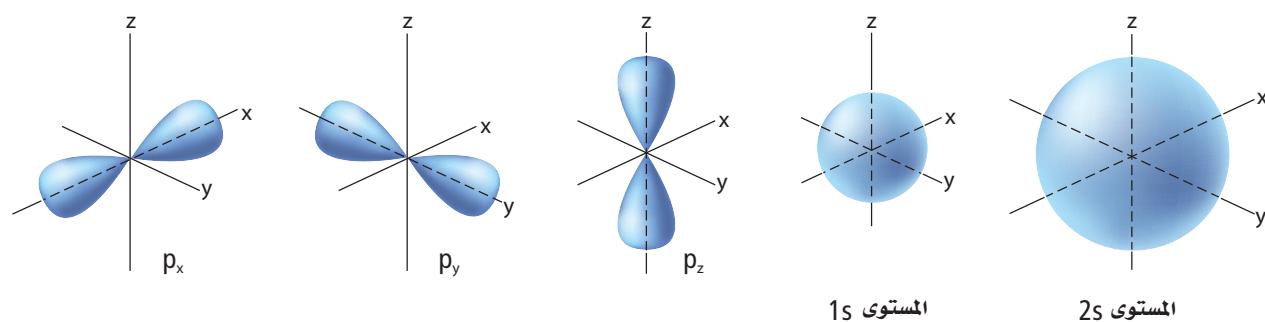
ماذا قرأت؟ وضح العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسية والمستويات الثانوية.

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 فليست لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعى الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كرويًا مطابقًا لشكل المستوى الفرعى $1s$ الذى يوجد فيه. ويطلق على المستويين الثانويين فى مستوى الطاقة الرئيس الثانى، $2s$ ، $2p$. والمستوى الثانوى $2s$ يحوى المستوى الفرعى $2s$ ذا الشكل الكروي مثل شكل المستوى الفرعى $1s$ ولكنه أكبر حجمًا، كما في **الشكل 16a**.

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

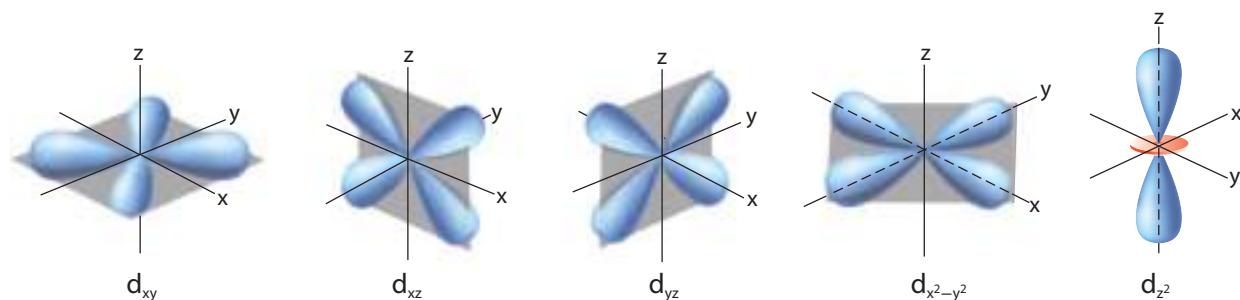
ماذا قرأت؟ صف أشكال المستويين s و p .

الشكل 16-2 يحتوى كل مستوى ثانوى على مستويات فرعية بأشكال مختلفة.



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

b. مستويات p الفرعية الثلاثة لها أشكال فصية 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 الفرعى d_{z^2} فله شكله المميز.

الجدول 4-2

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

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات ثانوية هي: $3d$ ، $3p$ ، $3s$ 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 z ، y ، x ، إلا أن المستوى الفرعى الخامس d_z^2 له شكل واتجاه مختلفان عن المستويات الفرعية الأربع السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في **الشكل 4-16c**. يحتوي مستوى الطاقة الرابع ($n=4$) على مستوى ثانوي رابع يُسمى المستوى الثاني f ، وهو يحتوي 7 مستويات فرعية ذات طاقة متساوية. وللمستويات الفرعية للمستوى الثاني f أشكال معقدة متعددة الفصوص.

يلخص الجدول 4-2 مستويات الطاقة الرئيسة الأربع للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائمًا عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n^2 . ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت مستوىً فرعياً واحداً فقط. وتستطيع أن تعدد المستويات الفرعية الأخرى مساحات شاغرة، أي متوافرة، يمكن أن يشغلها إلكترون إذا ارتفعت طاقة الذرة أو انخفضت. فعلى سبيل المثال، عندما تكون ذرة الهيدروجين في الحالة المستقرة يحتل الإلكترون المستوى الفرعى $1s$ ، فإذا اكتسبت الذرة كمية من الطاقة انتقل الإلكترون إلى أحد المستويات الفرعية الشاغرة. ويمكن للإلكترون اعتماداً على كمية الطاقة المكتسبة أن يتنقل إلى المستوى الفرعى $2s$ ، أو إلى أحد المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثاني p ، أو إلى أي مستوى فرعى شاغر آخر.

التقويم 2-2

الخلاصة

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

- فَسِّرْ لِمَا يَحْتَوِي طِيفُ الْأَبْعَاثِ الْذَّرِيِّ عَلَى تَرْدَدَاتِ مُعِينَةٍ لِلضَّوءِ، حَسْبَ نَمْوَذْجِ بُورِ الذَّرِيِّ؟
- عَدَّ الْمُسْتَوَيَاتِ الثَّانِيَّةُ الْمُوْجَودَةُ فِي مُسْتَوَيَاتِ الطَّاقَةِ الرَّئِيسَةِ الْأَرْبَعَةِ لِلذَّرَةِ الْهِيْدِرُوجِينِ.
- حَدَّدَ الْمُسْتَوَيَاتِ الْفَرْعَوِيَّةِ فِي كُلِّ مُسْتَوَى ثَانِيَّةِ الْهِيْدِرُوجِينِ، وَفِي كُلِّ مُسْتَوَى ثَانِيَّةِ p لِمُسْتَوَيَاتِ الطَّاقَةِ الرَّئِيسَةِ الْأَرْبَعَةِ لِلذَّرَةِ الْهِيْدِرُوجِينِ.
- فَسِّرْ لِمَا يَكُونُ مَوْقِعُ الْإِلْكْتَرُونَ في ذَرَةِ غَيْرِ مَعْلُومِ بِدَقَّةٍ. مُسْتَخْدِمًا مِبْدَأً هَايْزِنْبُرْجَ لِلشَّكِّ وَالطَّبِيعَةِ الْمُوجَيَّةِ - الْجَسِيمِيَّةِ؟ وَكَيْفَ يُعرَفُ مَوْقِعُ الْإِلْكْتَرُونَاتِ فِي الذَّرَاتِ؟
- احْسَبْ مَسْتَعِينًا بِالْمَعْلُومَاتِ فِي الْجَدْوَلِ 1-2، كَمْ مَرَّةٍ يَسَاوِي نَصْفُ قَطْرِ مَدارِ ذَرَةِ الْهِيْدِرُوجِينِ السَّابِعِ بِالنَّسَبَةِ إِلَى نَصْفِ قَطْرِ مَدارِهَا الْأَوَّلِ، حَسْبَ نَظَرِيَّةِ بُورِ؟
- قارنْ بَيْنَ نَمْوَذْجِ بُورِ وَنَمْوَذْجِ الْمِيكَانِيَّكِيِّ الْكَمِيِّ لِلذَّرَةِ.

الأهداف

- تطبق مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration

الفكرة الرئيسية يُحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

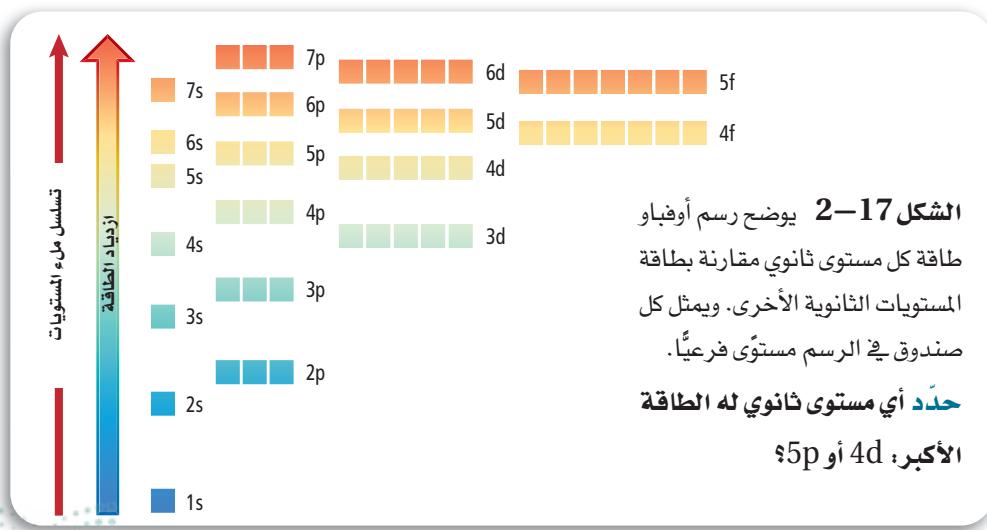
الربط مع الحياة عندما يصعد الطلاب إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ مستويات الطاقة بالطريقة نفسها.

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 يعطي الذرة أقل طاقة ممكنة. ويُسمى ترتيب الإلكترونات في الوضع الأقل طاقة والأكثر ثباتاً للتوزيع 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 2-17، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوى فرعياً.



الشكل 2-17 يوضح رسم أوفباو طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم مستوى فرعياً.

حدّد أي مستوى ثانوي له الطاقة

الأكبر: 4d أو 5p

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

الجدول 5-2

خواص رسم أوهباو

الخاصية	مثال
طاقة المستويات الفرعية في المستوى الثانوي جميعها متساوية.	المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي $2p$ جميعها متساوية الطاقة.
في الذرة المتعددة للإلكترونات تكون طاقة المستويات الثانوية المختلفة ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد مختلفة.	طاقة المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي $2p$ أعلى من طاقة المستوى الفرعي $2s$.
سلسل زيادة طاقة المستويات الثانوية ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد هو s, p, d, f .	إذا كان $n=4$ فسيكون التسلسل لمستويات الطاقة الثانوية $4s, 4p, 4d, 4f$.
تستطيع مستويات الطاقة الثانوية لمستوى رئيس أن تتدخل 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 5-2 عدة خواص لرسم أوهباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوهباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبني بإضافة إلكتروناً بعد الآخر.

المفردات

أصل الكلمة

"Aufbau"

من الكلمة الألمانية *aufbauen*, والتي تعني يهيئ أو يرتّب.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

مبدأ باولي يمكن تمثيل المستويات الفرعية بربعات أو دوائر كما يمكن تمثيل الإلكترونات في المستويات باستخدام الأسهوم في المربعات. ولكل إلكترون اتجاه دوران مرتبط معه، حيث يمثل السهم المتجه إلى أعلى \uparrow دوران الإلكترون في الاتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل \downarrow دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ \square مستوىً فرعياً شاغراً، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى \uparrow مستوىً فرعياً بالكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهرين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل $\uparrow\downarrow$ مستوىً فرعياً ممتلاً.

وينص **مبدأ باولي** على أن عدد الإلكترونات المستوى الفرعي الواحد لا يزيد عن إلكترونين ويدور كل منها حول نفسه باتجاه معاكس للأخر. واقتراح الفيزيائي النمساوي باولي (1900-1958م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويمثل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المعاكس 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، تملأ مستويات $2p$ الفرعية الثلاثة بإلكترونات منفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول ستة إلكترونات في مستويات p الفرعية.

1. $\uparrow\ \square\ \square$ 2. $\uparrow\ \uparrow\ \square$ 3. $\uparrow\ \uparrow\ \uparrow$

4. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow$ 5. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow$ 6. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow\ \downarrow$

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



التوزيع الإلكتروني Electron Configuration

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

رسم مربعات المستويات يمكن التعبير عن الإلكترونات في المستويات الفرعية بأسهم في المربعات؛ إذ يعنون كل مربع بعدد الكل الرئيس ومستوى الطاقة الفرعية في المستوى الثاني. فعلى سبيل المثال، مستويات ذرة الكربون في الحالة المستقرة تحتوي على إلكترونين في المستوى الفرعي $1s^2$ ، وإلكترونين في المستوى الفرعي $2s^2$ ، وإلكترونين في مستويين فرعرين من مستويات $2p^2$ الفرعية الثلاثة، كما هو موضح:

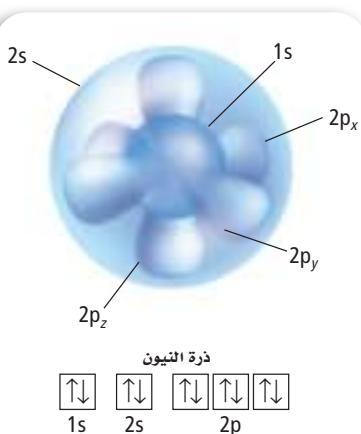


الترميز الإلكتروني يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أساساً يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة $.1s^2 2s^2 2p^2$.

ويوضح الشكل 18-2 كيفية تداخل مستويات $1s$ $2s$ $2p_x$ $2p_y$ $2p_z$ لذرة النيون.

ويبين الجدول 6-2 رسم مربعات المستويات والترميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر.

وتحتل الإلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات $1s^2 2s^2 2p^6$ ، ويدخل الإلكترون



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

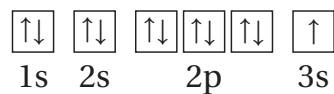
حدد كم إلكتروناً في ذرة النيون؟

الجدول 6-2

الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

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

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



المفردات

الاستخدام العلمي مقابل

الاستخدام الشائع

الدور

الاستخدام العلمي: صُفُّ أفقى 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، وتحتوي مدارها الأخير (ما عدا الهيليوم) على ثمانية إلكترونات، وهي عادة مستقرة. وتستخدم الأقواس المربعة في ترميز الغاز النبيل.

على 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 والصوديوم أعلاه. ولاحظ أن التوزيع الإلكتروني للمستويات الداخلية للصوديوم مماثل للتوزيع الإلكتروني للنيون. ويمكن أن تختصر التوزيع الإلكتروني للصوديوم باستخدام ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي $[Ne] 3s^1$. ويوضح الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقة ترميز الغاز النبيل، وترميز الغاز النبيل.

ماذا قرأت؟ وضح كيف يكتب ترميز الغاز النبيل لعنصر ما؟ وما ترميز الغاز النبيل للكالسيوم؟

الجدول 7-2

التوزيع الإلكتروني لعناصر من 11 إلى 18

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	الصوديوم Na
$[Ne] 3s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	12	الماغنيسيوم 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	السلikon 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 أو فباو 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 $[Ar] 4s^2 3d^9$ وهو غير صحيحتين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم وللنحاس سيكون $[Ar] 4s^1 3d^5$ ، وللنحاس $[Ar] 4s^1 3d^{10}$. وتوضح التوزيعات الإلكترونية لهذين العنصرين - كما هو الحال لعناصر أخرى - حالة الاستقرار للمستويات نصف الممتلئة d والممتلئة s.

استراتيجية حل المسألة

ملء مستويات الطاقة

تستطيع أن تكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لأي عنصر كيميائي باستخدام رسم المستويات الثانوية واتباع الأسماء.

1. ارسم شكل المستويات الثانوية على ورقة بيضاء.

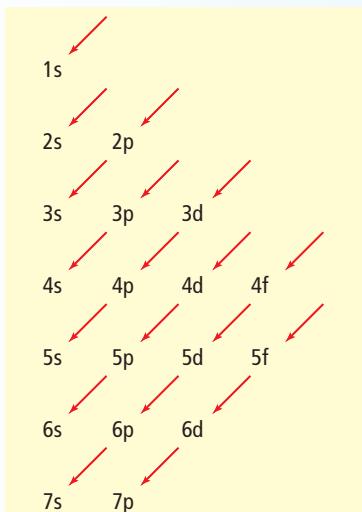
2. حدد عدد الإلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علماً بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.

3. ابدأ بالمستوى 1s، وتابع 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. طبق ترميز الغاز النبيل.

طبق الاستراتيجية

أكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.



ترتيب ملء المستويات بال الإلكترونات

مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

e. التيربيوم Tb

c. الأتنيمون Sb

a. البروم Br

f. التيتانيوم Ti

d. الرينيوم Re

b. الإستراسيوم Sr

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات التي تشغّل مستويات p الفرعية من إلكترونات التكافؤ السبعة؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغّل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

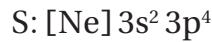
23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^1$ ، وهو يتميّز إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك عدة. ما هذا العنصر؟

25. تحفيز تحوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. أكتب 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 الآخر). فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت على 16 إلكتروناً، سبعة منها فقط تختل مستويات 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



وعلى الرغم من أن لذرة السليزيوم 55 إلكتروناً فإن لها إلكترون تكافؤ واحداً، 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، محاطاً بنقاط تمثل إلكترونات المستوى الخارجي جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875–1946) هذه الطريقة عندما كان يدرس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902. وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربع 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).

الجدول 8-2

الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات

العنصر/رمزه	العدد الذري	الترميز الإلكتروني	التمثيل النقطي للإلكترونات
الليثيوم Li	3	$1s^2 2s^1$	Li·
البيريليوم Be	4	$1s^2 2s^2$	·Be·
البورون B	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	·B·
الكريبون C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	·C·
النيتروجين N	7	$1s^2 2s^2 2p^3$	·N·
الأكسجين O	8	$1s^2 2s^2 2p^4$	··O··
الفلور F	9	$1s^2 2s^2 2p^5$	··F··
النيون Ne	10	$1s^2 2s^2 2p^6$	··Ne··

التمثيل النقطي للإلكترونات تحتوي بعض معاجين الأسنان على فلوريد القصديروز، وهو مركب من القصدير والفلور. ما التمثيل النقطي لإلكترونات القصدير Sn؟

١ تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدد العدد الذري لعنصر القصدير، واتكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافئه، ثم استخدم قواعد التمثيل النقطي للإلكترونات لرسم التمثيل النقطي الإلكتروني له (تمثيل لويس).

٢ حساب المطلوب

العدد الذري للقصدير 50، لذا تحتوي ذرة القصدير على 50 إلكترونًا.



أكتب التوزيع الإلكتروني للقصدير باستخدام ترميز الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكربيتون Kr

تمثل إلكترونات $5s^2$ و $5p^2$ إلكترونات التكافؤ الأربع للقصدير.

رسم أربعة إلكترونات حول رمز القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير .

٣ تقويم الاجابة

تم استخدام الرمز الصحيح للقصدير Sn وقواعد التمثيل النقطي للإلكترونات بصورة صحيحة.

مسائل تدريبية

26. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات العناصر الآتية:

c. الزئون Xe

b. الثناليوم Tl

a. الماغنيسيوم Mg

27. تحتوي ذرة عنصر على 13 إلكترونًا. ما هذا العنصر؟ وكم إلكترونًا يظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

28. تحفيز يحتمل أن يكون عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي أحد العناصر الآتية:

الميدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين أو الأكسجين، أو الفلور، أو الكلور، أو النيون. ما هذا العنصر إذا علمت أن

التمثيل النقطي الإلكتروني له . ؟

التقويم 2-3

الخلاصة

29. **الفكرة الرئيسية** طبق مبدأ باولي، ومبداً أو فيباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع

ال الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

a. السليكون Si b. الفلور F c. الكالسيوم Ca d. الكربتون Kr

يسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.

30. عرف إلكترونات التكافؤ.

يحدد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ

31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات.

أو فيباو، ومبداً باولي، وقاعدة هوند.

32. التوسيع 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.

تحدد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه

33. تفسير الرسم العلمي ما التمثيل النقطي لإلكترونات ذرة السيليسيوم؟ فسر إجابتك.

الكيميائية.

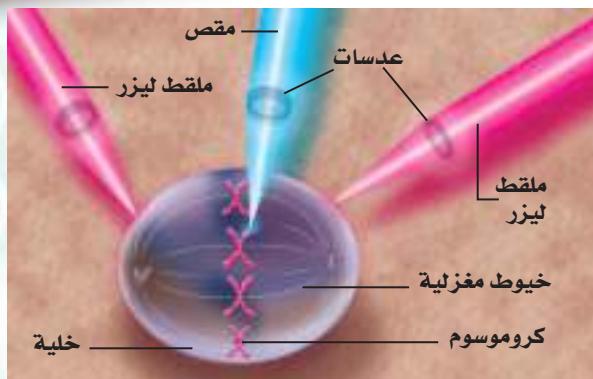
d. e. f. g. h.

يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام

رسم مربعات المستويات، والترميز

ال الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

الكيمياء والصحة



الشكل 2 تستطيع أشعة الليزر الأصغر اختراف العضيات الموجودة داخل الخلايا الحية.

الليزر والسرطان أين يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها للدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتحبّع الأنبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوبة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أي حال لا يعرف العلماء تماماً 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، وتعرّف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

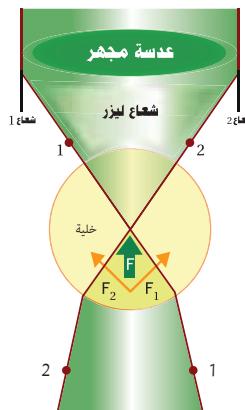
ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستعمال ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تكون هذه الملاقط من حزمي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جداً، 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 ثبيت 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 تتحنّي أشعة الضوء تبذل قوة صغيرة جداً لا تؤثّر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح يمكنها عندئذٍ ثبيت جسم صغير في مكانه، كما في الشكل 1.



الشكل 1 تحني 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.

دليل مراجعة الفصل

2

الفكرة (العامة) لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1-2 الضوء وطاقة الكم

المفاهيم الرئيسية

- تعرف الموجات بأطوالها الموجية وتردداتها وساعتها وسرعتها.

$$c = \lambda f$$

- تنقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.
- تختص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.

$$E_{\text{كم}} = hf$$

- يُنتج الضوء الأبيض طيفاً متصلًا، في حين يتتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

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

المفردات

- الإشعاع الكهرومغناطيسي • ثابت بلانك
- الطول الموجي • التأثير الكهرومغناطيسي
- التتردد • الفوتون
- سرعة الموجة • طيف الانبعاث الذري
- سرعة الموجة
- الطيف الكهرومغناطيسي
- الكم

2-2 نظرية الكم والذرة

المفاهيم الرئيسية

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.

- ترتبط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلتها وسرعتها وثابت بلانك.

$$\lambda = h/mv$$

- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثة الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

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

3-2 التوزيع الإلكتروني

المفاهيم الرئيسية

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يجدد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أو فباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تحدد الإلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

الفكرة (الرئيسية) يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

المفردات

- التوزيع الإلكتروني • مبدأ أو فباو
- مبدأ باولي • قاعدة هوند
- إلكترونات التكافؤ
- التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)

2-1

إتقان المفاهيم

34. عّرف المصطلحات الآتية:

c. الكم a. التردد

d. الحالة المستقرة b. الطول الموجي

35. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية

تصاعدًا حسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي c. موجات الراديو

b. الميكروويف d. 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 لكم من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدتها.

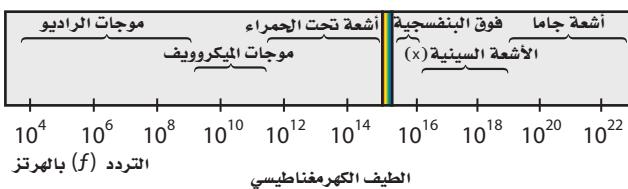
40. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

41. قوس المطر اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن ومشع كلما ازدادت درجة حرارته؟

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

44. كيف تتشابه موجات الراديو وال WAVES فوق البنفسجية وكيف تختلف؟



الشكل 2-19

45. الإشعاع استخدم الشكل 2-19 لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$

b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm

c. إشعاع بتردد 5.6 MHz

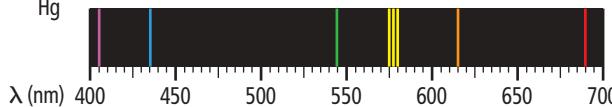
d. إشعاع ينتقل بسرعة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردد 5.00 × 10¹² Hz وما نوع هذا الإشعاع؟

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي 3.33 × 10⁻⁸ m وما نوع هذا الإشعاع؟

48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي تردد 2.25 nm و طول موجتها 1.33 × 10¹⁷ Hz؟

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردد 4.48 × 10¹⁴ Hz؟



الشكل 2-20

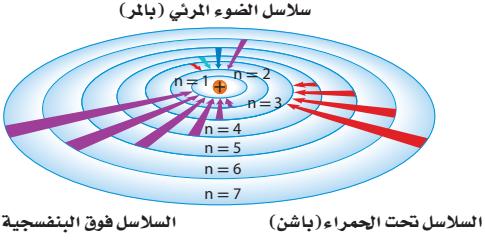
50. الزئبق يظهر في الشكل 2-20 طيف الانبعاث الذري للزئبق. قدر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردداته وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟

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 تردداته؟

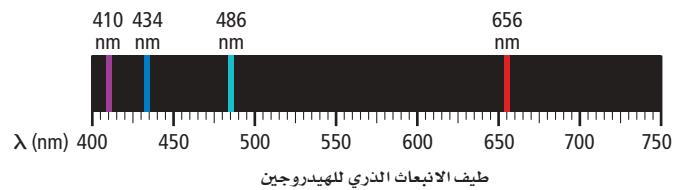
وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

2 تقويم الفصل

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟
61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذررة؟
62. ما اسم النموذج الذري الذي تتعامل 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 للذررة؟
65. انتقال الإلكترون اعتماداً على نموذج بور الموضح في الشكل 2-22 ما نوع انتقالات الإلكترون التي تنتهي سلاسل فوق البنفسجية في سلسلة ليهان لذررة 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 الثاني d ؟
68. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثاني؟
69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخامسة المرتبطة في المستوى الثاني d ؟
70. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟
71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثاني $2p$.
72. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

53. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $J = 1.10 \times 10^{-13} \text{ J}$ ، 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 واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى $(9.08 \times 10^{-19} \text{ J}) / \text{photon}$ ؟

57. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعاً كهرومغناطيسيّاً طول موجته 193.3 nm فما تردد إشعاع ليزر ArF ؟ وما طاقة كمٌ 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 وتزداده؟

2-2

اتقان المفاهيم

59. اعتماداً على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات؟

2

تقدير الفصل

80. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

- a. الكربون
- c. الكالسيوم
- b. اليود
- 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 بطريق الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

- a. البيريليوم
- c. النيتروجين
- b. الصوديوم
- d. الألومنيوم

84. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:

- | | |
|-------|-------|
| Kr .c | Zr .a |
| P .d | Pb .b |

85. حدد العنصر الذي يُمثل 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؟

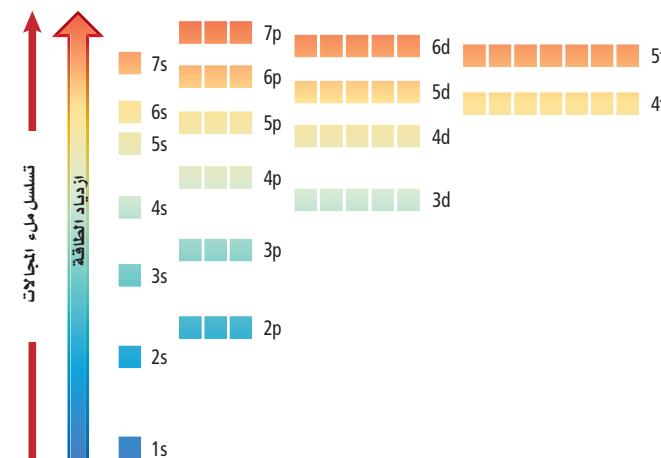
74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

2-3

إتقان المفاهيم

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثانوي؟

76. الروبيديوم وضح باستخدام الشكل 23-23، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4f أو 4d



الشكل 2-23

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الثاني عشر التي تحتويها؟

78. إن للضوء طبيعة مزدوجة (موجة - جسيم). فماذا تعني هذه الجملة؟

79. صُف الفرق بين الكم والفوتوны.

2 تقويم الفصل

مراجعة عامة

91. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسية الآتية:

- 3 . a
- 4 . b
- 6 . c
- 7 . d

92. ما عدد الاتجاهات المحتملة لمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

- s . a
- p . b
- d . c
- f . d

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 يتجه خطأً أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

95. الخارجيين: تحتوي ذرة الخارجيين على 18 إلكترونًا في المستويات $3s$ و $3p$ و $3d$. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

96. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل برميز الغاز النبيل $?[Rn]7s^1$

97. كيف وَضَعَ بور طيف الانبعاث الذري؟

86. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 24-2 صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

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

الشكل 2-24

87. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

- a. الكربون
- b. الزرنيخ
- c. البوتاسيوم
- 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 لذرتة التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 2-25؟

- a. المنجنيز
- b. الأنثيمون
- c. الكالسيوم
- d. الساماريوم

٤٠.

الشكل 2-25

90. اكتب التوزيع الإلكتروني للذرة القصدير في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

تقدير إضافي

الكتاب في الكيمياء

- 102.** لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألوانًا مختلفة، يملاً المصنعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجهما تلك الغازات.
- 103.** نموذج رذرфорد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترن من الفيزيائي البريطاني أرنست رذرфорد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرфорد 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 ينبع خطان متقاربان، أحدهما أصفر والأخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائياً فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إلارا الشوارع، وأضواء (التحذير) الأمن. يبين الشكل 2-27 الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.



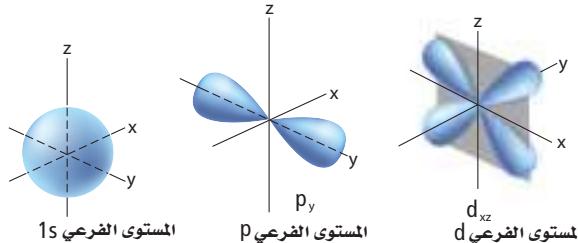
الشكل 2-27

- 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 بالخطوط، 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.** استنتاج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعى. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

مراجعة تراكمية

- 100.** حدد ما إذا كانت كل جملة تصف خاصية كيميائية أو خاصة فيزيائية.

- a. الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة.
- b. السكرورز صلب، أبيض بلوري.
- c. يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب.
- d. يحترق الورق عندما يشتعل.

- 101.** إذا كان العدد الذري لذرة الجadolينيوم 64، وعدد ذرات الكتلي 153 فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

اختبار مقنن

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى

الثانوي السابق؟

- 2 .a
- 3 .b
- 6 .c
- 8 .d

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الخامس للذررة؟

- 10 .a
- 20 .b
- 25 .c
- 50 .d

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية

النوع الإلكتروني	العدد الذري	رمز العنصر	العنصر
[Ar] 4s ² 3d ³	23	V	الفانيديوم
[Kr] 5s ² 4d ¹	39	Y	اليتريوم
[Xe] 6s ² 4f ⁴ 5d ⁶			
[Ar] 4s ² 3d ¹	21	Sc	السكانديوم
	48	Cd	الكادميوم

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd

باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

- [Kr] 4d¹⁰ 4f² .a
- [Ar] 4s² 3d¹⁰ .b
- [Kr] 5s² 4d¹⁰ .c
- [Xe] 5s² 4d¹⁰ .d

أسئلة الاختيار من متعدد

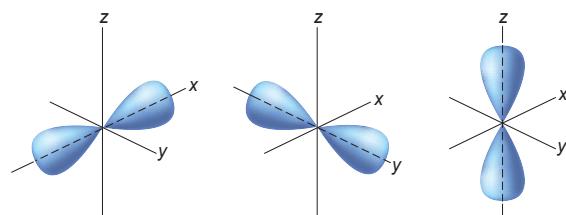
1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي $2.67 \times 10^{-13} \text{ m}$ عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة الضوء هي

- $3 \times 10^8 \text{ m/s}$.a $8.90 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$
- $3.75 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$.b $8.01 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
- $1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$.d

2. أيٌ مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي لـ الإلكترونات الإنديوم؟

- .ln .a
- .In .b
- .In .c
- .In .d

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثنوي الذي تنتهي إليه المستويات الفرعية الموضحة في الشكل أعلاه؟

- s .a
- p .b
- d .c
- f .d

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

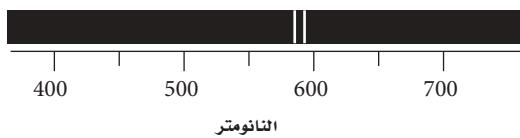
ادرس العبارة الآتية:

عنصر مثل عدده الذري 13 يوجد في مستوى طاقته الخارجية 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 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10} 4p^2$ التوزيع الإلكتروني الصحيح للجرمانيوم Ge؟ اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة

المستقرة $[Xe] 6s^2 4f^{14} 5d^6$ ؟

La .a

Ti .b

W .c

Os .d

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s² 3d¹ .a

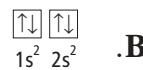
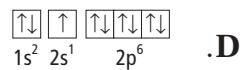
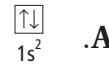
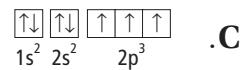
1s² 2s² 2p⁷ 3s² 3p⁷ 4s² 3d¹ .b

1s² 2s² 2p⁵ 3s² 3p⁵ 4s² 3d¹ .c

1s² 2s¹ 2p⁷ 3s¹ 3p⁷ 4s² 3d¹ .d

استخدم رسومات مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة

عن السؤالين 9 و 10.



9. أيٌّ ما سبق يوضح رسمًا لمربعات المستويات يخالف مبدأ أوفباو؟

C .c

D .d

A .a

B .b

10. أيٌّ ما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر البريليوم؟

C .c

D .d

A .a

B .b

الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

The Periodic Table and Periodic Trends

الفكرة العامة يتيح لنا التدرج في خواص ذرات العناصر في الجدول الدوري التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

3-1 تطور الجدول الدوري الحديث

الفكرة الرئيسية لقد تطور الجدول الدوري تدريجياً مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

3-2 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 حالياً 118 عنصراً، يوجد منها في الطبيعة 92 عنصراً فقط.
- يُعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر توافراً في الكون ونسبة كتلته 75%， حين يُعد عنصر الأكسجين أكثر العناصر توافراً في الأرض ونسبة 50%.
- يحتوي جسم شخص كتلته 70 kg على حوالي 43 kg تقريباً من الأكسجين.
- تقل الكمية الكلية لعنصر الأستاتين في القشرة الأرضية عن g 30، مما يجعله أقل العناصر وفرة في الأرض.



نشاطات تمهيدية

تدرج الخواص اعمل مطوية تساعدك على تنظيم المعلومات عن تدرج الخواص.

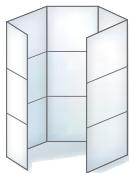


المطويات

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.



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، ونخص التدرج في خواص العناصر عبر الدورات والمجموعات.

الدورات	المجموعات	الذرات
النترجين	النترجين	نيتروجين
الهليوم	الهليوم	هيليوم
الهيدروجين	الهيدروجين	هيدروجين
الهليوم	الهليوم	هيليوم

تجربة استهلاكية

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغير في الخواص؟

ترتتب العناصر في الجدول الدوري بطريقة تسمح بتكرار خواصها على نحو منتظم. ويمكن تطبيق عملية تكرار الخواص على أشياء من البيئة.



خطوات العمل

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- أحضر عدداً من البراغي من ثلاثة أنواع مختلفة.
- قس طول كل برغي بالمسطرة.
- قس كتلة كل برغي بالميزان.
- رتب العينات تصاعدياً من حيث الطول والكتلة وفق شكلها.

تحليل النتائج

- أنشئ جدولًا تسجل فيه أطوال البراغي وكتلها، مراعيًّا أن يظهر الجدول التدرج في خصائصها.
- صف التدرج في الكتلة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في كل صف من الجدول.
- صف التدرج في الكتلة عند الانتقال عموديًّا من أعلى كل عمود إلى أسفله.
- حل طريقتك في ترتيب العينات، وفسّر أي نمط آخر تجده في الجدول.

استقصاء صمم جدولًا دورياً للمشروعات الغازية على النحو نفسه الذي ورد في التجربة. ما الخواص التي استخدمتها؟

الأهداف

- ١ تتابع مراحل تطور الجدول الدوري.
- ٢ تعرف الملامح الرئيسية في الجدول الدوري.

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

الدرج في الخواص

المجموعات

الدورات

العناصر المماثلة

العناصر الانتقالية

الفلزات

الفلزات القلوية

الفلزات القلوية الأرضية

الفلزات الانتقالية

الفلزات الانتقالية الداخلية

سلسلة اللانثانيات

سلسلة الأكتينيات

اللافلزات

الهالوجينات

الغازات النبيلة

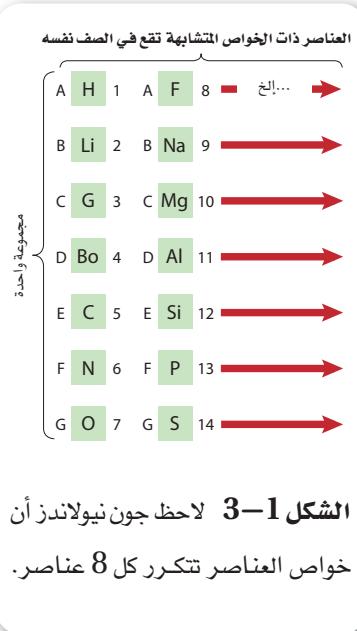
أشبه الفلزات

جدول لفوازيره للمواد البسيطة

الجدول 3-1

الغازات	الضوء، الحرارة، الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين.
الفلزات	الأنتيمون، الفضة، الزرنيخ، البزموت، الكوبالت، النحاس، القصدير، الحديد، المنجنيز، الزئبق، الموليبيديوم، النيكل، الذهب، البلاتينيوم، الرصاص، التنجستون، الخارصين (الزنك).
اللافلزات	الكربون، الفوسفور، الكربون، حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروفلوريك، حمض البوريك.
العناصر الأرضية	الطباطير، الماغنيسيوم (أكسيد الماغنيسيوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).





ماير ومendeleev Meyer and Mendeleev في عام 1869 قام كل من الكيميائي الألماني لوثر ماير (1830 – 1895) والكيميائي الروسي ديمتري مندليف (1834 – 1890) 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 المتشابهة في خواصها.

وقد لاقى جدول مندليف - كما في الشكل 2-3 - قبولاً واسعاً؛ حيث أمكنه توقع وجود عناصر لم تكتشف بعد وحدد خواصها، كما ترك مندليف أماكن شاغرة في الجدول للعناصر التي اعتقاد أنها لم تكتشف بعد. وقد تمكّن مندليف من خلال ملاحظة أنماط التغيير في خواص العناصر المعروفة من توقع خواص العناصر التي سيتم اكتشافها، ومنها السكانديوم، والجالبيوم، والجيرمانيوم.

موزلي Moseley لم يكن جدول مندليف صحيحاً تماماً؛ وبعد 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 – 1915) في عام 1913م بتحديد سبب هذه المشكلة؛ إذ اكتشف أن ذرات كل عنصر تحتوي على عدد محدد وفريد من البروتونات في أنواعها - وبناءً على ذلك رُتب العناصر في الجدول الدوري تصاعدياً وفق أعدادها الذرية. وقد نتج عن ترتيب موزلي للعناصر وفق عددها الذري أنماطاً 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 النسخة الأولى للجدول الذي نشره في عام 1869م بترتيب العناصر ذات الخواص الكيميائية المتشابهة أفتياً. وقد ترك أماكن فارغة للعناصر التي لم تكن قد اكتشفت في ذلك الوقت.

Typische Elemente		K = 39	Rb = 85	Cs = 133	-	-
H = 1	Li = 7	Na = 23	Br = 87	Ba = 137	-	-
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Tl = 86?	Dy = 138?	Er = 178?	-
B = 11	Al = 27,3	-	Ti = 48?	Zr = 90	La = 180?	Tb = 281
C = 12	Si = 28	-	V = 51	Nb = 94	-	-
N = 14	P = 31	As = 75	Cr = 52	Mo = 96	W = 184	U = 240
O = 16	S = 32	Se = 78	Mn = 55	-	-	-
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	Fe = 56	Ru = 104	Os = 195?	-
		J = 127	Ce = 58	Rb = 104	Ir = 197	-
			Ni = 59	Pd = 106	Pt = 198?	-
			Cu = 63	Ag = 108	Au = 199?	-
			Cd = 112	-	Hg = 200	-
			In = 113	-	Tl = 204	-
			Sn = 118	-	Pb = 207	-
			Sb = 122	-	Bi = 208	-
			Tl = 125?	-	-	-
			J = 127	-	-	-

المفردات

أصل الكلمة

الدورية Periodic

جاءت الكلمة periodos من أصل لاتيني وتعني الطريق الدائري.

يلخص الجدول 2-3 مساهمات كل من نيولاندز وماير ومندليف وموزلي في تطوير الجدول الدوري. وأصبح هذا الجدول من أهم الأدوات التي يستخدمها الكيميائيون. ويعد الجدول الدوري مرجعًا مهمًا لهم خواص العناصر، والتنبؤ بها وتنظيم المعلومات المتعلقة بالتركيب الذري.

المساهمات في تصنیف العناصر

الجدول 2-3

جون نيولاندز 1837-1898م

- رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية.
- لاحظ تكرار خواص العناصر لكل ثمانية عناصر.
- وضع قانون الثنائيات.

لوثر ماير 1830-1895م

- أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر.
- رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية.

ديمترى مندليف 1834-1907م

- أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر.
- رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية.
- تنبأ بوجود عناصر غير مكتشفة، وحدد خواصها.

هنرى موزلي 1887-1915م

- اكتشف أن العناصر تحتوي على عدد فريد من البروتونات سمِّاه العدد الذري.
- رتب العناصر تصاعديًّا 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 ورمهه وعدده الذري وكتلته الذرية. ويوضح الشكل 3-3 أحد هذه المربعات. وقد رتبت المربعات تصاعديًّا وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة الرأسية تُعرف بالمجموعات أو العائلات، وفي صفوف أفقيَّة تُعرف بالدورات. ويوضح الشكل 5-3 الجدول الدوري للعناصر.

ماذا قرأت؟ عَرَف المجموعات والدورات.

أكسجين	اسم العنصر
8	العدد الذري
0	الرمز
15.999	الكتلة الذرية المتوسطة

الشكل 3-3 تحتوي 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 رُقِّمت المجموعات من 1 إلى 18. فمثلاً، تحتوي الدورة الرابعة على البوتاسيوم والكلاسيوم، في حين يوجد السكانديوم Sc في العمود الثالث من اليسار، أي في المجموعة الثالثة. ويوجد الأكسجين في المجموعة 16. وكما أن عناصر المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 الكثير جداً من الخواص الفيزيائية والكيميائية، لذلك يشار إليها بعناصر المجموعات الرئيسية أو العناصر الممثلة. ويشير إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 بالعناصر الانتقالية. كما تُصنف العناصر إلى فلزات ول AFLAZ و أشباه فلزات.

الفلزات تُسمى العناصر التي تكون ملساء ولا معة وصلبة في درجة حرارة الغرفة وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء بالفلزات. ويمتاز معظمها بأنه قابل للطريق 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 مثلت الفلزات بالرباعيات ذات اللون الأزرق في الشكل 3-5.

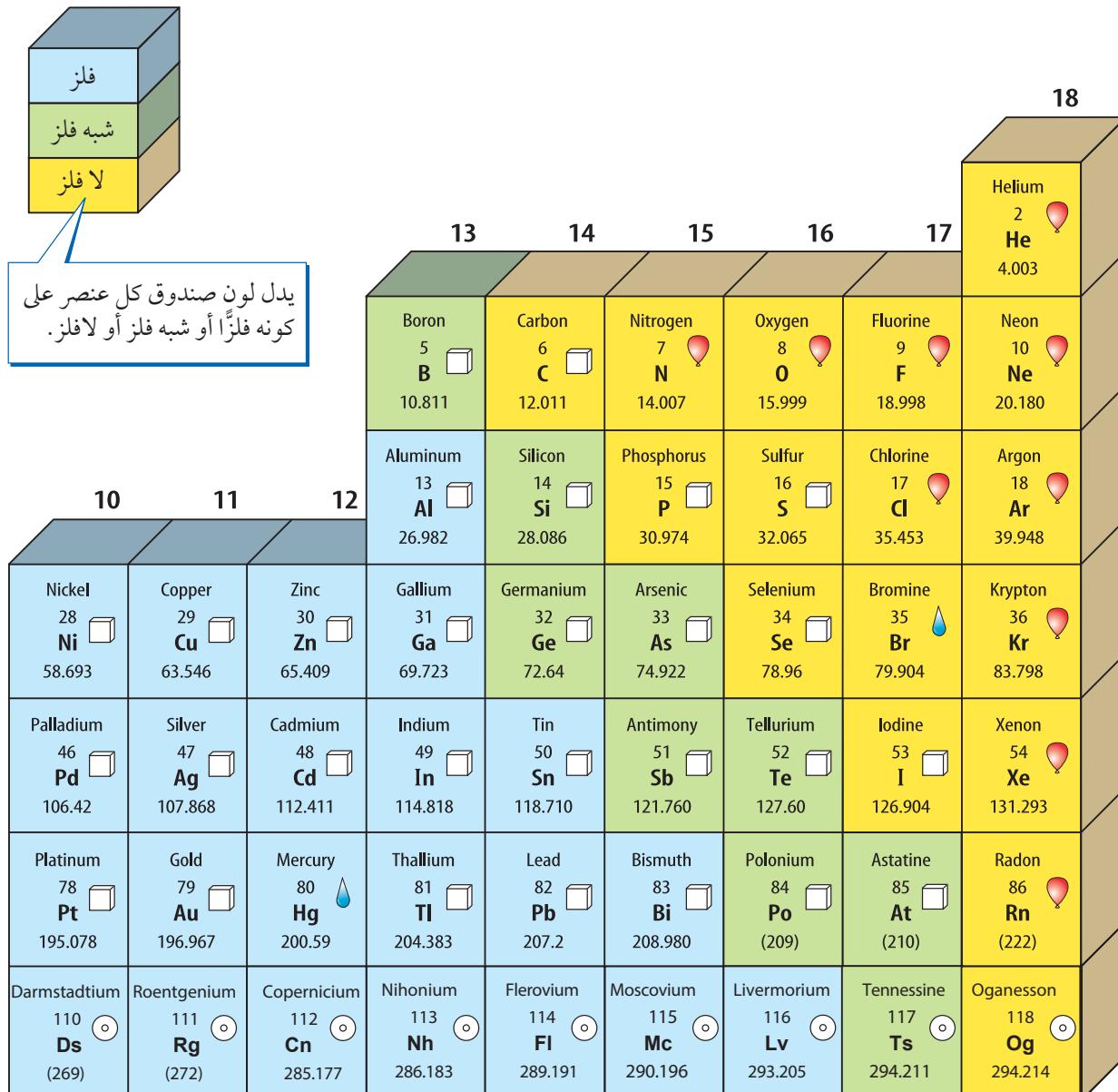
الفلزات القلوية العناصر عن يسار الجدول جمعها فلزات إلا الهيدروجين، وتُسمى عناصر المجموعة 1 (ما عدا الهيدروجين) **الفلزات القلوية**. ونظراً إلى شدة نشاطها فهي غالباً ما تكون موجودة في الطبيعة على هيئة مركبات مع عناصر أخرى. ومن الفلزات القلوية الشائعة الصوديوم Na وهو أحد مكونات ملح الطعام، والليثيوم Li المستخدم في البطاريات.

الفلزات القلوية الأرضية توجد **الفلزات القلوية الأرضية** في المجموعة 2، وهي أيضاً سريعة التفاعل. ويعُد عنصر الكالسيوم Ca والماغنيسيوم Mg من الفلزات المفيدة لصحة الجسم، وهما من الفلزات القلوية الأرضية. والماغنيسيوم صلب، وزنه خفيف نسبياً، لذا يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية، ومنها الحواسيب المحمولة، كما في الشكل 3-4.

الشكل 3-4 لأن الماغنيسيوم خفيف وقوى يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية. فمثلاً الإطار الخارجي لهذا الحاسب الآلي المحمول مصنوع من الماغنيسيوم.



الجدول الدوري للعناصر



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)

العنصر في كل عمود تدعى مجموعة، وله خواص كيميائية متشابهة.

		العنصر		العدد الذري	الرمز	الكتلة الذرية	حالة المادة	
1	Hydrogen	1	Hydrogen	1	H	1.008	غاز	سائل
2	Lithium	3	Beryllium	4	Be	9.012	جامد	مُصنوع
3	Sodium	11	Magnesium	12	Mg	24.305		
4	Potassium	19	Calcium	20	Ca	39.098		
5	Rubidium	37	Scandium	21	Sc	85.468		
6	Cesium	55	Titanium	22	Ti	132.905		
7	Francium	87	Vanadium	23	V	(223)		
			Chromium	24	Cr			
			Manganese	25	Mn			
			Iron	26	Fe			
			Cobalt	27	Co			
			Ruthenium	44	Ru			
			Rhodium	45	Rh			
			Osmium	76	Os			
			Iridium	77	Ir			
			Bohrium	107	Bh			
			Hassium	108	Hs			
			Meitnerium	109	Mt			
			Cerium	58	Ce			
			Praesodymium	59	Pr			
			Neodymium	60	Nd			
			Promethium	61	Pm			
			Samarium	62	Sm			
			Thorium	90	Th			
			Protactinium	91	Pa			
			Uranium	92	U			
			Neptunium	93	Np			
			Plutonium	94	Pu			

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 عمرًا 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 توفيرًا للمكان.

سلسلة الالثانيات

سلسلة الأكتنيات

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في خواص العناصر

بيانات الفلزات القلوية				
العنصر	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C	نصف القطر (pm)	نطاق القطر
الليثيوم	180.5	1347	152	
الصوديوم	97.8	897	186	
البوتاسيوم	63.3	766	227	
الروبيديوم	39.31	688	248	
السيزيوم	28.4	674.8	248	
الفرانسيوم	؟	؟	؟	؟

عنصر الفرانسيوم: هل هو صلب أم سائل أم غاز؟ اكتُشف الفرانسيوم في عام 1939 م إلّا أن مندليف تنبأ بوجوده عام 1870 م. 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 دمترى مندليف في توقع خواص العناصر غير المكتشفة، استخدم المعلومات الخاصة بخواص الفلزات القلوية لاستنباط طريقة لتحديد خواص عنصر الفرانسيوم.

التفكير الناقد

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 واردة 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 **اللانثانيدات والأكتينيدات** 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 بالرميغات 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. وبعد الأكسجين أكثر العناصر وفرة في جسم الإنسان، حيث يشكل 65% من كتلته. وتتألف المجموعة 17 من عناصر شديدة التفاعل تعرف باسم **الهالوجينات**. وتكون الهالوجينات عادةً 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 الخاملة 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 تكنولوجيات الغواصات بصنع غواصة آلية على صورة سمكة، قادرة مثلها على السباحة. وصنع جسم الغواصة الآلية من راتنج السليكون الذي يصبح ليناً في الماء.



أشباء الفلزات تُعرف العناصر في المربعات الخضراء على جانبي الخط المتعرج في **الشكل 5-3** **بأشباء الفلزات**. ولأشباء الفلزات خواص فизيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات **معًا**. 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. **الغمرة الرئيسية** صف التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كل من لافوازييه، ونيولاندز، ومندليف، وماير، وموزلي في ذلك.
2. ارسم خطوطاً مبسطاً للجدول الدوري، وأشر إلى موقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
3. صف الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.
4. حدد: أي العناصر الآتية عناصر مماثلة، وأيها عناصر انتقالية?

a. ليثيوم Li	b. بلاتين Pt
c. بروميثيوم Pm	d. كربون C
5. قارن اكتب اسمَيْ عنصرين لهما خصائص مشابهة لكل من:

Fe	a. الاليود I
Fe	b. الباريوم Ba
Fe	c. الحديد
6. قارن استناداً إلى الجدول الدوري الحديث، ما العنصر ان اللذان تكون قيمة الكتلة الذرية لكل منها أقل من ضعف عدده الذري؟
7. تفسير البيانات تخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، ما يتطلب استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقل من كتلة الكادميوم 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 لترابيد أعدادها الذرية.

تدرج الخواص الفизيائية والكميائية للعناصر عند ترتيبها تصاعدياً حسب أعدادها الذرية.

ترتبط العناصر في الجدول الدوري في دورات (صفوف) وجموعات (أعمدة)، وتقع العناصر المشابهة في خواصها في المجموعة نفسها.

تصنف العناصر إلى فلزات، ولافلزات وأشباه فلزات.

الأهداف

- تفسير سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة.
- تحديد فئات الجدول الدوري الأربع استناداً إلى التوزيع الإلكتروني.

مراجعة المفردات

إلكترونات التكافؤ: إلكترونات موجودة في مستوى الطاقة الأخير للذرّة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لها.

تصنيف العناصر

Classification of the Elements

الفكرة الرئيسية رُتبَت 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 تعرف 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 الإلكترونات 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.

الإلكترونات التكافؤ يوجد لكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخيرة. لذا تتشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي على العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتُعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرّات المجموعة الواحدة لها خواص نفسها لأنّ لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني¹. ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنان من إلكترونات التكافؤ توزيعهما الإلكتروني². وللمجموعتين 1 و 2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

الإلكترونات التكافؤ والدورة يحدّد رقم مستوى الطاقة الأخير الذي يحتوي على إلكترونات التكافؤ رقم الدورة التي يوجد فيها العنصر في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، يوجد إلكترون التكافؤ لعنصر الليثيوم في مستوى الطاقة الثانية، لذا يكون عنصر الليثيوم في الدورة الثانية. أما عنصر الجاليم ذو التوزيع الإلكتروني¹ $[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^1$ فإن إلكترونات تكافؤه تقع في مستوى الطاقة الرابعة، لذا يكون عنصر الجاليم في الدورة الرابعة.

الجدول 3-3 التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة 1		
$1s^1$	$1s^1$	H الهيدروجين
$[He] 2s^1$	$1s^2 2s^1$	Li الليثيوم
$[Ne] 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	Na الصوديوم
$[Ar] 4s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	K البوتاسيوم

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	H.	2															18
1	Li.	Be.	.B.	.C.	.N:	.O:	:F:	:Ne:									
2			.Al.	.Si.	.P:	.S:	:Cl:	:Ar:									
3	Na.	Mg.	.Ga.	.Ge.	.As:	.Se:	:Br:	:Kr:									
4	K.	Ca.	.In.	.Sn.	.Sb:	.Te:	:I:	:Xe:									
5	Rb.	Sr.	.Tl.	.Pb.	.Bi:	.Po:											
6	Cs.	Ba.															

الكترونات تكافؤ العناصر الممثلة عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأماماً عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 فهي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونًا 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 الأحاداد فيها.

عناصر الفئات Block Elements s,p,d,f

تحتوي الجدول الدوري أعمدةً وصفوفاً ذات أحجام متفاوتة. ويعود السبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الثانوية للذررة، 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

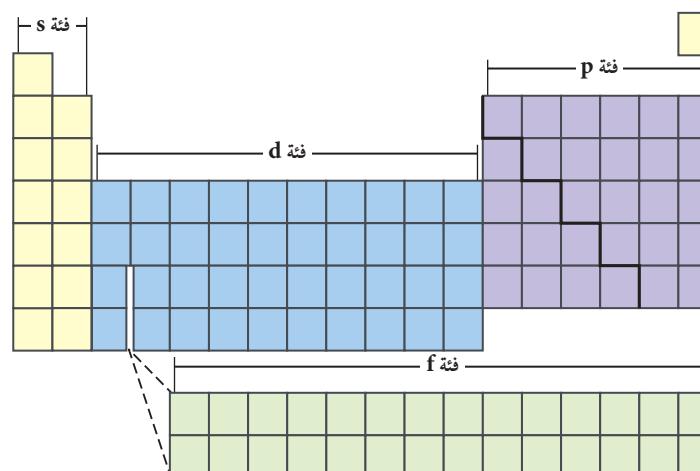
فئات هي .s, p, d, f

حل ما العلاقة بين العدد الأقصى لعدد

الإلكترونات التي يمكن أن توجد في

مستوى الطاقة الفرعى وحجم الفئة في

الشكل؟



الجدول 3-4 التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة			
العنصر	مستوى الطاقة الرئيس	الدورة	
$1s^2$	هليوم	$n=1$	1
$[He] 2s^2 2p^6$	نيون	$n=2$	2
$[Ne] 3s^2 3p^6$	أرجون	$n=3$	3
$[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^6$	كريبيتون	$n=4$	4

المفردات.....

الاستعمال العلمي

البنية: Structure

شيء ما يتم عمله من عناصر أو أجزاء مترابطة بعضها بعض.

اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

عناصر الفئة - S تتكون من عناصر المجموعتين الأولى والثانية وعنصر الهيليوم. حيث تحتوي عناصر المجموعة الأولى على مستويات S شبه مماثلة بـ إلكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني S . في حين تحتوي عناصر المجموعة الثانية على مستويات S مماثلة بـ إثنين من إلكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني S^2 . ولأن مستويات S تتسع لإلكترونين على الأكثر فإن فئة S تشتمل على مجموعتين فقط.

عناصر الفئة - p وبعد امتلاء المستوى الثاني S بـ إلكترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئته المستوى الشانوي p . وتشمل مجموعات العناصر 13 – 18، في الجدول الدوري، التي لها مستويات p الفرعية المماثلة كلّياً أو جزئياً بـ إلكترونات التكافؤ. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الثانية لا توجد في مستوى الطاقة الرئيس الأول $n=1$. والبوروون B هو العنصر الأول في فئة p ، ويوجد في الدورة الثانية. ومتقدمة 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 الأربع الأولى. إن مستويات الطاقة الفرعية S و p في مستويات الطاقة الخارجية لها مماثلة تماماً بـ إلكترونات. ويتحقق عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار بنائها الذري.

الشكل 3-9 تاريخ الجدول الدوري

الجدول الدوري الحديث نتاج عمل عدة علماء على مدى قرون، والذين درسوا العناصر واكتشفوا التدرج في خواصها.



1913م حدد هنري موزلي العدد الذي للعناصر المعروفة، وأثبت أنَّ خواص العناصر تتغير بشكل دوري مع العدد الذري.

1789م عرف أنتسوني لفوازيه العنصر، وأعد قائمة بالعناصر المعروفة وميّز بين الفلزات واللافزات.

مفهوم في الكيمياء

الباحث الكيميائي يتخصص بعض الكيميائيين النوويين في دراسة أحد العناصر وأثقلها. 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 تميز بامتلاء كلٍّ للمستوى الفرعي s من مستوى الطاقة الرئيس n، وبامتلاء جزئي أو كليًّا لمستويات d الفرعية من مستوى الطاقة 1-n. وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بتباعبة المستوى d. فعلى سبيل المثال، الإسكانديوم Sc أول عناصر الفئة d، له التوزيع الإلكتروني [Ar]4s²3d¹. أما عنصر التيتانيوم - وهو العنصر الثاني في الجدول - فله التوزيع الإلكتروني [Ar]4s²3d². 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 Aufbau على أن المستوى 4s له طاقة أقل من طاقة المستوى 3d. لذا فإن المستوى 4s يمتلك قبل المستوى 3d. وأن 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. ولو جود 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 الدورتان الثانية والثالثة على عناصر من الفئتين s، p، d، أما الدورتان الرابعة والخامسة فتحتويان على عناصر من فئات s، p، d، f، كما تحتوي الدورتان 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؟ شخص كيف يمكن تعريف كل فئة من الجدول الدوري؟

أعلن علماء من روسيا عن اكتشاف العنصرين 113 و 115 عام 2004م.

Ununtrium 113 Uut (284)	Ununpentium 115 Uup (288)
----------------------------------	------------------------------------

● 1985م تبني الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحثة والتطبيقية الجدول الدوري الحالي المستخدم في أنحاء العالم.

● 1940م تم ضم العناصر المحضرة صناعيًّا التي لها عدد ذري أكبر من 92 إلى فئة جديدة في الجدول تُسمى الأكتنيدات.

● 1999م أعلن بعض الباحثين اكتشاف العنصر 114، وسمي أونوكواديوم (الذي أطلق عليه -لاحقًا- الفلوريوم). ويعتقد العلماء أن هذا العنصر ربما يكون أول العناصر ذات الاستقرار النسبي ضمن العناصر المحضره صناعيًّا.

● 1969م قام الباحثون في جامعة بيركلي بتحضير أول العناصر الصناعية الأثقل من الأكتنيدات، وفترة عمر النصف له 4.78 وسمى رذرфорديوم.



التوزيع الإلكتروني والجدول الدوري لعنصر الإسترانشيوم الذي يستخدم في إضفاء اللون الأحمر على الألعاب النارية، التوزيع الإلكتروني $5s^2$ [Kr]. حدد المجموعة والدورة والفئة التي يتبعها عنصر الإسترانشيوم دون استخدام الجدول الدوري.

1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

المطلوب

الفئة = ? المجموعة = ? الدورة = ?

المعطيات

التوزيع الإلكتروني = [Kr] $5s^2$

2 حساب المطلوب

يشير s^2 إلى أن إلكترونات تكافؤ الإسترانشيوم تملأ المستوى الثانوي (s)،

لذا يوجد عنصر الإسترانشيوم في **الفئة 2 والمجموعة 5**

ويشير رقم 5 في $5s^2$ إلى أن عنصر الإسترانشيوم يقع في **الدورة 5**

يشير عدد الإلكترونات التكافؤ إلى رقم

مجموعة العناصر الممثلة.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري بطريقة صحيحة.

مسائل تدريبية

8. حدد، دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة والفئة التي تتبعها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:

a. $[Xe] 6s^2$ b. $[Kr] 5s^2$ c. $[He] 2s^2$ d. $[Ne] 3s^2$

9. بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية لإلكترونات تكافتها:

a. $s^2 d^5$ b. $s^2 p^6$ c. $s^2 p^3$ d. $s^2 d^1$

10. تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

- c. غاز نبيل في الدورة 5
- a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4
- d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2
- b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4

التقويم 3-2

الخلاصة

11. **الفرقة الرئيسية** فسر ما الذي يحدد فئات الجدول الدوري؟

12. حدد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافتها على النحو الآتي:

a. $s^2 p^1$ b. $s^2 d^1$ c. s^1 d. $s^2 p^4$

f, d, p, s

13. توقع عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويستخدم في المصايد الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلفزات أو أشباه الفلزات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.

14. فسر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟

15. نمذج ارسم خططاً بسيطةً للجدول الدوري، وبين فئات s, p, d, f.

يحتوي الجدول الدوري على 4 فئات هي

عناصر 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.



3-3

الأهداف

- تقارن بين أنماط التغير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والجموعات.
- ترتبط التدرج في أنصاف قطرات الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها، وطاقة تأينها، وسائليتها الكهربائية.

درج خواص العناصر Periodic Trends

الفكرة الرئيسية يعتمد درج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجم 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 سلسلةً 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 التغير بالنطاق، 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 متباينتين 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 .

مراجعة المفردات

مستوى الطاقة الأساسي: هو مستوى الطاقة الرئيس للذررة.

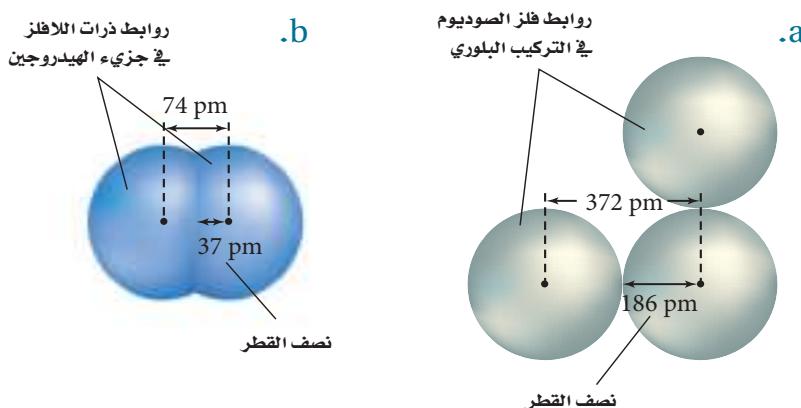
المفردات الجديدة

الأيون

طاقة التأين

الكهربوسالبية

القاعدة الثمانية

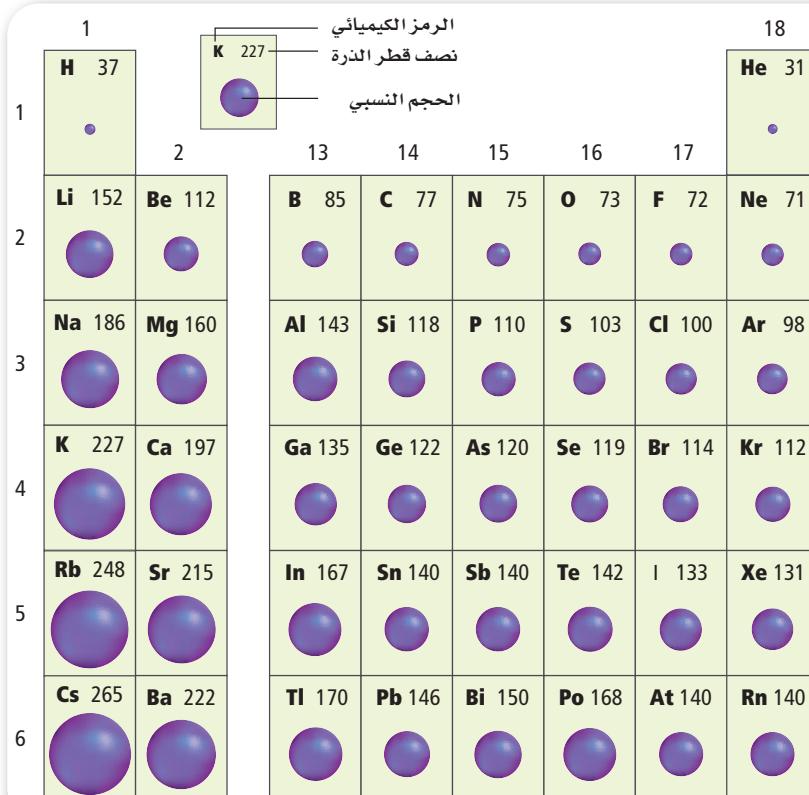


يتحدد نصف قطر الذرة للذرات اللافلزات بنصف المسافة بين نواعي ذرتين متباينتين في التركيب البلوري. ومتحددين كيميائياً.

نصف قطر ذرة الفلز هو نصف المسافة بين نواعي ذرتين متباينتين في التركيب البلوري.

$$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$$

الشكل 10-3 تتمد أنصاف قطرات الذرات على نوع الروابط التي تكونها الذرات.



الشكل 3-11 تغير أنصاف قطر العناصر الممثلة والمحسوبة بالبيكوميت (10⁻¹² m) عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وإلى أسفل المجموعة.

استنتاج لماذا يزداد نصف القطر
كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في
المجموعة الواحدة؟

تدرج نصف القطر الذري عبر الدورات يتناقض في الغالب نصف القطر عند الانتقال من يسار الدورة إلى يمينها. وسبب هذا التغير - كما في الشكل 11-3 - هو زيادة الشحنة الموجبة في النواة مع بقاء مستويات الطاقة الرئيسية في الدورة ثابتًا؛ 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 الخارجية، لتصبح أقرب إلى النواة.

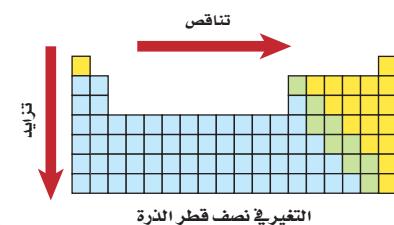
ماذا قرأت؟ ناقش كيف يفسّر نقصان نصف القطر عبر الدورة في الجدول الدوري، مع بقاء مستوى الطاقة الالئيس. دون تغطية؟ ✓

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 أنّ شحنة النواة المؤثرة في إلكترونات مستوى الطاقة الأخير تبقى ثابتة تقريرًا لعناصر المجموعة الواحدة. وفي المقابل يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسية (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 بمحبب هذه الإلكترونات عن النواة. وبلخص، الشكل 12-3

هذه التغيرات عبر الدورة والمجموعة.

أدخل معلومات من هذا القسم في
مطهتك.

الشكل 12-3 ينقص 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 ذرتها أكبر.

2 حساب المطلوب

بالرجوع إلى الجدول الدوري تجد أن العناصر جميعها موجودة في الدورة الثانية. حدد الدورات

وبترتيب العناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورة يظهر التسلسل الآتي: Be، Li،

C، F.

إن أول عنصر في الدورة الثانية هو الليثيوم Li، لذا فلذرته أكبر نصف قطر.

طبق اتجاه تناقص نصف القطر عبر الدورة

3 تقويم الإجابة

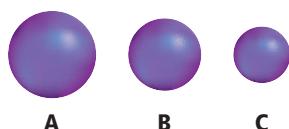
تم تطبيق اتجاه نمط التغير في مقدار نصف القطر عبر الدورة بشكل صحيح.

وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في الشكل 11-3 تتحقق من الإجابة.

مسائل تدريبية

استعن بمعارفتك 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 أي العنصرين المجهولين له أكبر نصف قطر إذا علمت فقط أن العدد الذري لأحدهما أكبر 20 مرة من العدد الذري للآخر؟ فسر إجابتك.

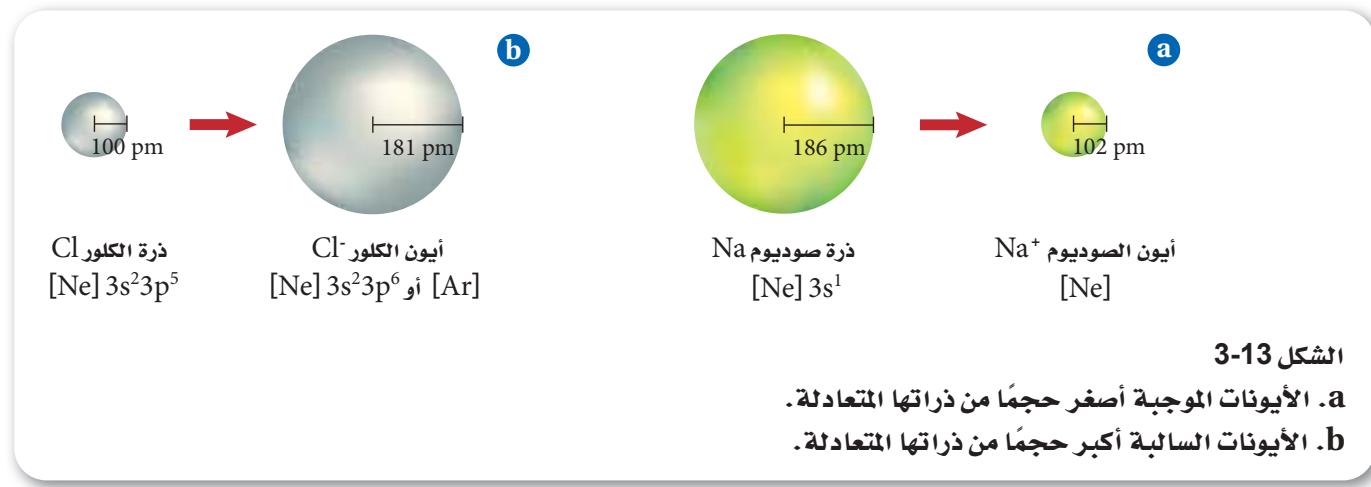
19. تحفيز حدد أي العنصرين في كل زوج مما يأتي له نصف قطر أكبر:

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



Ionic Radius نصف قطر الأيون

تستطيع الذرات فقد أو اكتساب إلكترون أو أكثر لتكوين الأيونات. ولأن الإلكترونات سالبة الشحنة فإن الذرات تصبح مشحونةً عندما تكتسب الإلكترونات أو تفقدها. لذا فالإلكترون ذرة أو مجموعة ذرية لها شحنة موجبة أو سالبة.

عندما تفقد الذرة الإلكترونات وتكون أيوناً موجباً يصغر حجمها. ويعزى ذلك إلى عاملين: أولهما أن الإلكترون الذي تفقده الذرة غالباً ما يكون إلكترون تكافؤ. وقد يتبع عن فقدانه فراغ المدار الخارجي، مما يسبب نقصان نصف القطر. ثانياً: يقل التناقض 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. ويتيح عن زيادة المسافة بين الإلكترونات الخارجية زيادة في مقدار نصف القطر مما لا يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة. ويوضح **الشكل 13a** كيف يقل نصف قطر ذرة الصوديوم عندما تكون أيونًا موجباً، كما يوضح **الشكل 13b** كيف يزيد نصف قطر ذرة الكلور عندما تكون أيونًا سالبًا.

المطويات

أدخل معلومات من
هذا القسم في مطويتك.

	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+ ●		

النسبة المئوية

نصف قطر الأيون

الرمز الكيميائي

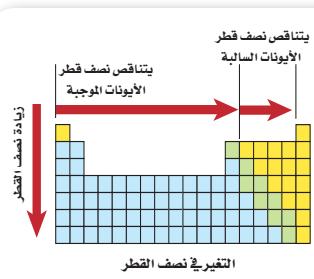
الشحنة

الحجم النسبي

الشكل 14-3 يوضح نصف القطر الأيوني للعناصر الممتدة مقيساً بوحدة pm (10^{-12} m).

فسر لماذا يزيد نصف قطر الأيون الموجب
والأيون السالب عند الانتقال إلى أسفل

المجموعة في معظم المجموعات؟



الشكل 15-3 يلخص الشكل التغيير العام في نصف قطر الأيون.



تدرج نصف قطر الأيون عبر الدورات يوضح الشكل 14-3 أن صفات أقطار أيونات معظم العناصر الممثلة. لاحظ أن العناصر التي في الجهة اليسرى في الجدول تكون أيونات موجبة أصغر حجمًا، في حين تكون العناصر التي في الجهة اليمنى من الجدول أيونات سالبة أكبر حجمًا. وفي الغالب، كلما تحركت من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تناقص حجم الأيون الموجب. وعند بداية المجموعة 15 أو 16 يتناقص حجم الأيون السالب أيضًا تدريجيًّا.

تدرج نصف قطر الأيون عبر المجموعات عندما تنتقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل فإن الإلكترونات المستويات الخارجية في الأيون تكون في مستويات طاقة أعلى؛ مما يتبع عنه زيادة في حجم الأيون. لذا يزداد نصف قطر كل من الأيونات الموجبة والسلبية عند الانتقال إلى أسفل خلال المجموعة. ويلخص الشكل 15-3 اتجاه التغيير في نصف قطر الأيونات عبر المجموعات والدورات.

طاقة التأين Ionization Energy

يُطلب تكوين أيون موجب انتزاع الإلكترون من ذرة متعادلة. ويحتاج هذا العمل إلى طاقة للتغلب على قوة التجاذب بين شحنة النواة الموجبة والشحنة السلبية للإلكترون. وتعرف طاقة التأين بالطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من ذرة العنصر في الحالة الغازية. فمثلاً نحتاج إلى $J^{-19} \times 10^{19}$ لانتزاع إلكترون من ذرة الليثيوم في الحالة الغازية. وتسمى الطاقة اللازمة لانتزاع أول إلكترون من الذرة المتعادلة طاقة التأين الأولى. لذا طاقة التأين الأولى لليثيوم هي $J^{-19} \times 8.64$. كما يتبع عن فقدان الإلكترون تكوين أيون Li^+ . ويبين الشكل 16-3 طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات من 1 إلى 5.

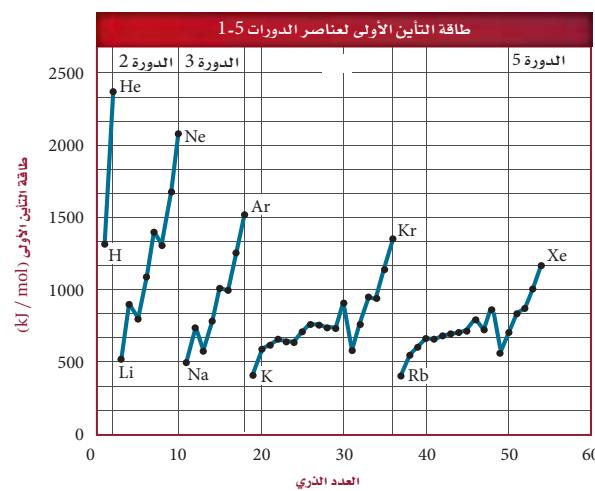
ماذا قرأت؟ عرف طاقة التأين.

فكّر في طاقة التأين على أنها إشارة إلى مدى قوة تمكّن نواة الذرة بإلكترونات تكافئها. لذا تشير طاقة التأين الكبيرة إلى أن القوة التي تمكّن النواة بهذه الإلكترونات كبيرة أيضًا. ولذا تمثل الذرات التي قيم طاقة تأينها كبيرة إلى تكوين الأيونات السلبية. فعل سهل 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 مقارنة بالعدد الذري لها.

اختبار الرسم البياني

صف اتجاه التغيير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.



طاقة التأين لعناصر الدورة 2									الجدول 5-3	
طاقة التأين (kJ/mol)									الكترونات 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 النقط المتصلاة في الرسم الموضح في الشكل 16-3 العناصر الموجودة في دورة واحدة. وتكون طاقة تأين فلزات المجموعة 1 منخفضة، لذا تمثل إلى تكوين أيونات موجبة. أما طاقة تأين عناصر المجموعة 18 فهي عالية جدًا، لذا لا تكون أيونات في أغلب الأحيان؛ حيث إن التوزيع الإلكتروني المستقر لهذه العناصر يحد من نشاطها الكيميائي.

انتزاع أكثر من الكترون قد تنتزع إلكترونات أخرى بعد انتزاع الإلكترون الأول من الذرة. وتسمي الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثان من أيون أحادي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثانية. وتسمي الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثالث من أيون ثالثي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثالثة، كما هو موضح في الجدول 5-3.

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 جدًا. 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 ثانياً.

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 إلكترونات 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.

درج طاقة التأين عبر الدورات يتبيّن من الشكل 16-3 والقيم في الجدول 5-3، أن طاقة التأين الأولى تزداد عند الانتقال من اليمين إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتُتنبّح الزيادة في شحنة نواة كل عنصر زيادةً في قوّة جذبها لإلكترونات التكافؤ.

الكيمياء في واقع الحياة

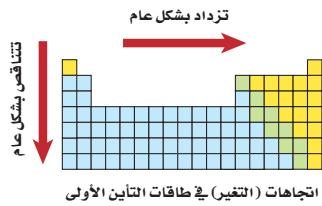
طاقة التأين



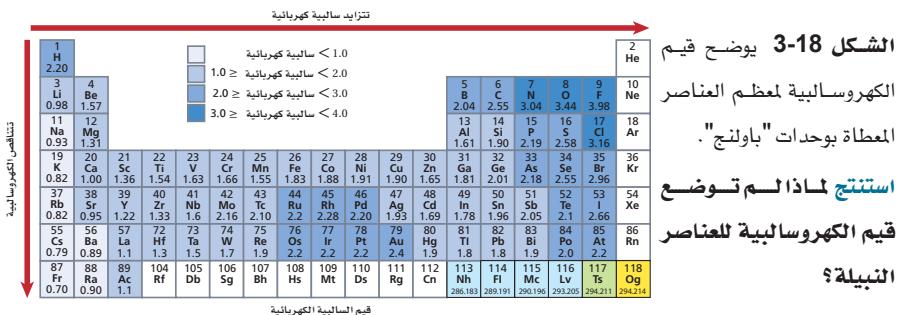
الغوص إن الزيادة في الضغط الذي يتعرض له الغواصون تحت سطح الماء يتسبب في دخول كمية أكبر من الأكسجين إلى الدم، مما يسبب الإرباك والغشيان. ولتجنب ذلك يلجأ الغواصون إلى استخدام خليط هيليوكس - أكسجين خفف بالهيليوم.

إن طاقة تأين الهيليوم العالية لا تسمح بتفاعلاته كيميائياً مع الدم.

تدرج طاقة التأين عبر المجموعات تقل طاقة التأين الأولى عند الانتقال من أعلى إلى أسفل المجموعة. ويعود ذلك إلى زيادة حجم الذرة، وال الحاجة إلى طاقة أقل لانtraction الإلكترون كلما ابتعد الإلكترون عن النواة، كما هو موضح في الشكل 17-3.



الشكل 3-17 تزداد طاقة التأين عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص عند الانتقال إلى أسفل المجموعة.



الكهروسالبية (السائلية الكهربائية)

تعرف الكهروسالبية على أنها مدى قابلية ذرات العنصر على جذب الإلكترونات في الرابطة الكيميائية. وبين الشكل 18-3 أن الكهروسالبية غالباً تقل عند الانتقال إلى أسفل المجموعة، وتزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة. وتراوح قيم الكهروسالبية للعناصر بين 0.7 و 3.98 ووحدتها باولنج؛ نسبة إلى العالم الأمريكي باولنج (1901-1994م) فالفلور F مثلاً أكثر العناصر كهروسالبية بقيمة 3.98، في حين أن السبيزيوم والفرانسيوم أقل العناصر كهروسالبية بقيم 0.79 و 0.7 على الترتيب. ويكون للندرة ذات الكهروسالبية الكبرى قوة جذب أكبر لإلكترونات الرابطة. ولذا لم تُعين قيم الكهروسالبية للغازات النبيلة؛ لأنها تشكل عدداً قليلاً من المركبات.

3. صف التدرج في الكتلة عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعددته، وفسر موقع أي عنصر لا ينسجم مع النمط.

4. توقع أين يمكن وضع عنصر غازي جديد اسمه ph في الجدول الذي أعددته؟ 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

تجربة

ترتيب العناصر كيف تدرج الخواص؟ الخطوات

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- اعمل بطاقة تعريف لكل عنصر من واقع المعلومات في الجدول المقابل.

- اعمل جدولًا في هيئة مصفوفة (4 أعمدة × 3 صفوف).
- رتّب بطاقات العناصر تصاعديًا حسب كتلتها.
- ابدأ بوضع البطاقات في الجدول مراعيًا تسلسل كتل العناصر وخصائصها، واترك مربعات فارغة عند الضرورة.

التحليل

- اعمل جدولًا تبين فيه التنظيم في صورته النهائية.
- صف التدرج في اللون عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعددته.

القاعدة الثمانية عندما تخسر ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ الوحيد لديها لتنتج أيون صوديوم Na^+ يتغير التوزيع الإلكتروني لها على النحو الآتي:



لاحظ أن التوزيع الإلكتروني للأيون Na^+ مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وترتدي 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 الأخيرة. وتعزز هذه المعرفة ما تعلمناه من قبل من أن التوزيع الإلكتروني لمستويات s و p الفرعية لنفس مستوى الطاقة المماثلة بالإلكترونات يكون أكثر استقراراً. 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 يتتجه العنصر. فالعناصر التي تقع على الجانب الأيمن من الجدول الدوري تكتسب عادةً الإلكترونات لتحصل على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا السبب تتجه هذه العناصر أيونات سالبة، إلا أنه - بطريقة مشابهة - تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

تجربة
عملية

تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرانية



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
 - b. نصف قطر الذرة
 - c. 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 بيانياً أنصاف قطر العناصر المماثلة في الدورات 2 ، 3 ، 4 مقابل أعدادها الذرية. على أن تحصل على ثلاثة منحنيات منفصلة (منحنى لكل دورة). ثم لخص نمط التغير (الدرج) 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 غالباً 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 غالباً من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

الكيمياء والصحة

العناصر في جسم الإنسان



الشكل 2 تقطي العضلات معظم جسم الإنسان.

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 توافرًا 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 ضروريًا للجسم. فمثلاً، لا تستطيع العظام والأنسان 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.

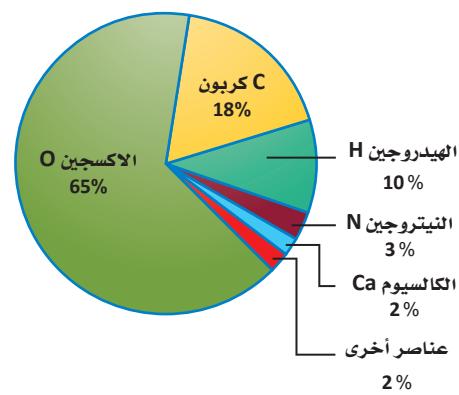
كلما أكل الإنسان أو تنفس أخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. وهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتماداً على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح الشكل 1 النسبة المئوية الكتليلية للعناصر في خلايا جسم الإنسان.

الأكسجين يوجد في جسم الإنسان البالغ ما يزيد على 14 بليون بليون ذرة من الأكسجين. وقد يموت الإنسان خلال دقائق معدودة، إذا لم يُزوّد الدم بالأكسجين.

الكربون يكوّن روابط قوية بين ذراته وذرات العناصر الأخرى، كما يكوّن 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 جدًا. ولا يحتاج جسم الإنسان إلى الهيدروجين في صورة عنصر فقط، ولكن من خلال العديد من المركبات الضرورية ومنها الماء. وبعد 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 1 يتكون جسم الإنسان من الكثير من العناصر المختلفة.

مختبر الكيمياء

الكيمياء الوصفية (النوعية)

واعلم أن تكون الفقاعات يعَدّ دليلاً على التفاعل بين الحمض والعنصر، ثم سجل ملاحظاتك.

ملاحظة العناصر	
الخواص	التصنيف
<ul style="list-style-type: none"> قابلة للطرق. موصلة جيدة للكهرباء. ذات لمعان. لها لون فضي أو أبيض. يتفاعل معظمها مع الأحماض. 	الفلزات
<ul style="list-style-type: none"> توجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. غير موصلة للكهرباء. لا تتفاعل مع الأحماض. غالباً ما تكون هشة في الحالة الصلبة. 	اللافزات
تجتمع بين خواص الفلزات واللافزات.	أشبه الفلزات

الخلفية: يمكنك ملاحظة العديد من العناصر المماثلة، ثم تصنيفها والمقارنة بين خواصها. تسمى عملية تعرف خواص العناصر بالكيمياء الوصفية.

سؤال: كيف تدرج خواص العناصر المماثلة؟

المواد والأدوات اللازمة

أنابيب قابلة للإغلاق

سدادات أنابيب اختبار وأوعية

مخبار مدرج 10 mL

ملعقة صغيرة

قلم للكتابة على الزجاج

جهاز التوصيل الكهربائي

حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 M

إجراءات السلامة



تحذير لاتفحص المواد الكيميائية بتذوقها. وحمض الهيدروكلوريك ذو التركيز 1 M ضار بالعين والملابس.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. لاحظ ثم دون المظهر (الحالة الفизيائية، اللون، المعان) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.

3. خذ عينة صغيرة من كل عنصر في الوعاء البلاستيكى، وضعها على سطح صلب، واطرقها برفق. سيصبح العنصر مسطحاً إذا كان قابلاً للطرق. أما إذا كان هشاً فسوف يتكسر إلى قطع صغيرة، ثم دون ملاحظاته.

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 المخار 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،

7. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص من المواد جميعها حسب تعليمات المعلم.

حل واستنتاج

1. فسر البيانات اعتقاداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.

2. فسر البيانات اعتقاداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للافزات.

3. فسر البيانات اعتقاداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشبه الفلزات.

4. اعمل نموذجاً ارسم مخططاً للجدول الدوري وحدد موقع العناصر المماثلة من المجموعة 1 إلى 17. بالاعتراض 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 أعددته.

5. استنتاج كيف تدرج خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.

دليل مراجعة الفصل

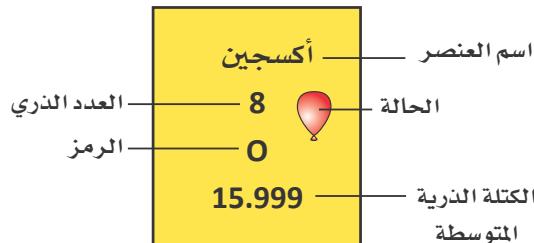
3

الفكرة (العامة) 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 رتبت 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) وجموعات (أعمدة)، وتكون العناصر ذات الخواص المتشابهة في المجموعة نفسها.
- تصنف العناصر إلى فلزات ولا فلزات وأشباه فلزات.



الفكرة الرئيسية لقد تطور الجدول الدوري للعناصر تدريجياً مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

المفردات

- التدrog في خواص العناصر
- الفلزات الانتقالية
- العنصر
- الفلزات الانتقالية
- المجموعات
- الداخلية
- الدورات
- سلسلة الالانزانيات
- العناصر المماثلة
- سلسلة الأكتينيدات
- العناصر الانتقالية
- اللافلزات
- الفلزات
- الهالوجينات
- الفلزات القلوية
- الغازات النبيلة
- الفلزات القلوية
- أشباء الفلزات
- الأرضية

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 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.

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

المفردات

- تناقض قيم نصف قطر الذرة والأيون من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزايد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تزايد طاقة التأين غالباً من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتناقض من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب إلكترونات، أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على مجموعة من ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- غالباً ما تزايد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتناقض من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.

الفكرة الرئيسية يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجم الذرات، وقابليتها لفقدان إلكترونات أو اكتسابها.

3-3 تدرج خواص العناصر

المفاهيم الرئيسية

- الأيون
- طاقة التأين
- الكهروسالبية
- القاعدة الثمانية

3-1

اتقان المفاهيم

Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49
Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)

الشكل 3-19

34. وضح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف الشكل 3-3.
- ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية؟
- a. فلز يستخدم في مقياس الحرارة.
- b. غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، وهو غاز نبيل له أكبر كتلة ذرية مقارنةً بعناصر مجموعته.
- c. يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، وهو فلز له أقل كتلة ذرية في المجموعة 14.
- d. عنصر انتقالى يستخدم في صناعة الخزائن، ويقع في المجموعة 12 في الجدول الدوري.
36. إذا اكتشف عنصر جديد من الهايوجينيات وأخر من الغازات النبيلة فما العدد الذري لكل منها؟

اتقان حل المسائل

37. لو رتب العناصر وفق كتلتها الذرية فأي العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفاً عنها هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟
38. عنصر ثقيل جدید لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتوناً، فما المجموعة والدورة التي يتبعها إليناً؟ وهل يكون فلزاً أو لا فلزاً أو شبه فلزاً؟

25. ما النقص في الجدول الدوري لمندليف؟
26. وضح كيف ساهمت قاعدة الثنائيات لنيولاندز في تطور الجدول الدوري؟
27. أعد كل من لوثر ماير وديمترى مندليف جداول دورية متشابهة في عام 1869 م. فلماذا حظي مندليف بسمعة أكبر بالجدول الدوري الذي أعدّه؟
28. ما المقصود بدرج خواص العناصر؟
29. صف الخواص العامة للفلزات.
30. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟
31. صنف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات.
- a. الأكسجين O
- b. الباريوم Ba
- c. الجرمانيوم Ge
- d. الحديد Fe
32. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:
- | | |
|----------------------------|----------------|
| a. العناصر القلوية | 1. المجموعة 18 |
| b. الهايوجينيات | 2. المجموعة 1 |
| c. العناصر القلوية الأرضية | 3. المجموعة 2 |
| d. الغازات النبيلة | 4. المجموعة 17 |
| | 5. المجموعة 15 |
33. ارسم خططاً بسيطةً للجدول الدوري، وحدد عليه مواقع كل من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية والغازات النبيلة والهايوجينيات، باستخدام المتصفات.

3

تقدير الفصل

47. حدد كلاً من المجموعة، والدورة والفتة لكل عنصر مما يأتي:

- .a [Kr] 5s² 4d¹
- .b [Ar] 4s² 3d¹⁰ 4p³
- .c [He] 2s² 2p⁶
- .d [Ne] 3s² 3p¹

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. يوضح الجدول 6-3 عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 6-3 عدد العناصر في الدورات من 1 إلى 5					
5	4	3	2	1	الدورة
18	18	8	8	2	عدد العناصر

50. النقوذ تسمى إحدى جمادات العناصر الانتقالية بمجموعه النقود؛ لأن معظم قطع النقود المعدنية تصنع من عناصر هذه المجموعة. ما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تتضمن إليها؟ وهل ما زالت مستخدمة في صناعة النقود حتى الآن؟

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ جميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسر 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 والفتة في الجدول الدوري.

53. الساعات تستخدم المغناط 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؟ حدد رقم مجموعته. ودورته، وفتته في الجدول الدوري.

39. ما الرمز الكيميائي للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي؟

a. عنصر في الدورة 3 يمكن استخدامه في صناعة رقائق الحاسوب لأنّه شبه فلز.

b. عنصر في المجموعة 13 والدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفاز.

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

3-2

إتقان المفاهيم

40. المتتجات المنزلية ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يستخدم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسر 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 الرئيسية في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا؟

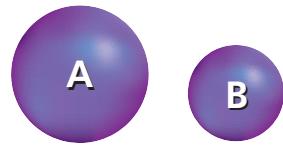
45. فسر كيف يمكن أن يحدد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري؟

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي:

a. عنصر في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءًا من مركبات مساحيق التجميل.

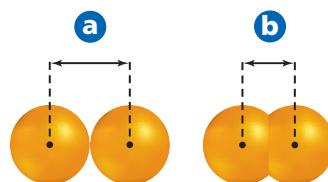
b. هالوجين في الدورة 3، يدخل في تركيب منظفات الملابس، ويستخدم في صناعة الورق.

c. فلز انتقالي سائل عند درجة حرارة الغرفة، ويستخدم أحياناً في مقاييس درجة الحرارة.



64. استخدم الشكل 3-20 للإجابة عن الأسئلة الآتية، فسر إجابتك.

- a. إذا كانت A تمثل أيوناً، و B تمثل ذرة للعنصر نفسه. فهل يكون الأيون موجباً أم سالباً؟
- b. إذا كان A وبـB يمثلان نصف قطر ذري عنصرين في الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟
- c. إذا كان A وبـB يمثلان نصف قطر ذري أيونين لعنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟



الشكل 3-21

65. يمثل الشكل 3-21 طرفيتين لتعريف نصف قطر الأيون. صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منها؟

66. الكلور التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو $[Ne]3s^2 3p^5$ وعندما يكتسب إلكتروناً 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 مكون من الكلور والكربون والأكسجين. ربّ هذه العناصر تنازلياً حسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

68. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معاً. اعمل جدولًا يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف قطر كل من ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثم اشرح أي الذرات تصبح أكبر، وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

55. املأ الفراغ في الجدول 7-3.

الجدول 7-3 التوزيع الإلكتروني

الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	[Ne]3s 2
4		Ge	
12		Cd	Kr]5s 2 4 [d 10
2			[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. أي 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 المتالية 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. حدد أي العناصر له أكبر طاقة تأين في كل من الأزواج الآتية؟

a. N و Li . b. Kr و Ne . c. Cs و Li

63. ما المقصود بالقاعدة الشهانية؟ ولماذا لا يتبع غازاً الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟

76. فسر لماذا تتدن الفئة 5 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 والتيلريوم والسلينيوم - تصاعدًا حسب نصف قطر الذرة. وهل يعد ترتيبك مثالاً على تدرج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟
79. الحليب يعد 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، ولهم أقل كتلة ذرية؟
82. أيهما له طاقة تأين أكبر: البلاتين المستخدم في عمل تاج الضروس، أم الكوبالت الذي يُكسب الفخار ضوءه الأزرق الساطع؟

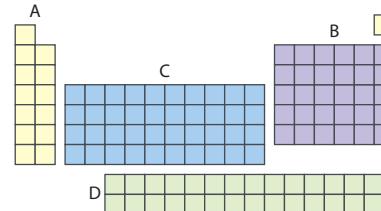
التفكير الناقد

83. طبق يكون الصوديوم Na أيوناً موجباً $+1$ ؛ في حين يكون الفلور F أيوناً سالباً -1 . اكتب التوزيع الإلكتروني لكل أيون منها. وفسّر لماذا لا يشكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟
84. أعمل رسماً بيانيًّا واستخدمه استعن ببيانات الواردة في الجدول 8-3. ومثّل بيانيًّا الكثافة مقابل العدد الذري، واذكر أي نمط تغيُّر يمكن أن تلاحظه.

69. المُحلي الصناعي تحتوي بعض المشروبات الغازية التي تجنب زيادة الوزن على المحلي الصناعي أسبارتام، وهو مركب يحتوي على الكربون والنيدروجين والأكسجين وذرات أخرى. اعمل جدولًا يوضح أنصاف قطرات الذرات والأيونات للكربون والنيدروجين والأكسجين. افترض حالة التأين الموضحة في الشكل 14-3 واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيدروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتام.

مراجعة عامة

70. عَرِّف الأيون.
71. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟
72. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءًا من مركب يستعمل لإزالة عسر الماء؟
73. أيهما أكثر كهروسالبية: عنصر السبيزيوم في المجموعة 1 المستخدم في مصابيح الأشعة تحت الحمراء، أم البروم وهو المالوجين المستخدم في مركبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟



الشكل 22-3

74. يوضح الشكل 22-3 فئات الجدول الدوري. سُمّ 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. N أو Sb
 - c. Sr أو Be

3 تقويم الفصل

87. تعرّف أحد العناصر الممثلة في الدورة 3 جزء من المواد الخشنة التي تستعمل على سطوح علب الثقاب. والجدول 3 يوضح طاقات التأين لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول لاستنتاج نوع العنصر.

الجدول 9-3 طاقات التأين بوحدة kJ/mol							
العدد	طاقة التأين	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
21238	6265	4957	2910	1905	1010		

مسألة تحفيز

88. يعبر عن طاقات التأين بوحدة (kJ/mol)، إلا أنه يعبر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجouل (J). استخدم القيم في الجدول 5-3 لحساب الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الأول بوحدة الجouل من ذرة كل من B، و Be، و C، Li، و Au، 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 ما يأتي مادة أم لا.

- a. موجات الميكرويف
- b. الهيليوم داخل بالون
- c. حرارة الشمس
- d. السرعة
- e. ذرة من الغبار
- f. اللون الأزرق

90. حول كلاً من وحدات القياس الآتية إلى ما هو مبين:

- a. kg إلى 11 mg
- b. kg إلى 76.2 pm
- c. m إلى 1.1 cm
- d. mm إلى 7.23 mg

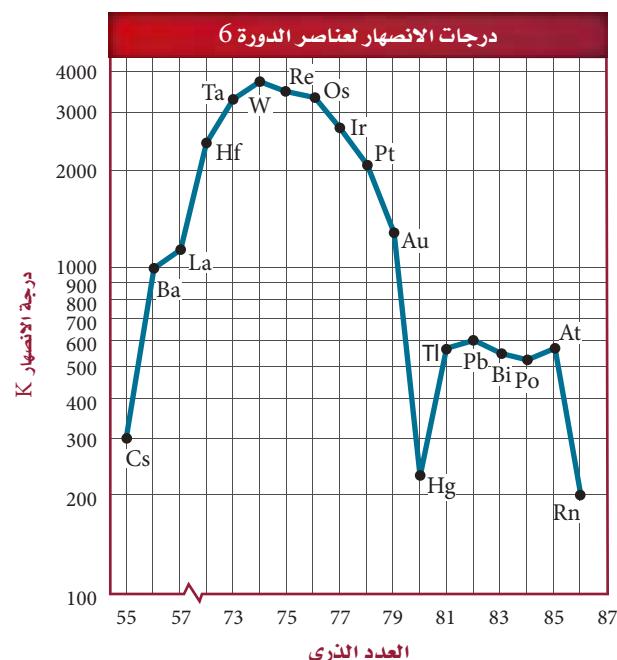
91. ما العلاقة بين الطاقة التي تبعث من الإشعاع وتردداته؟

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني $[Ar] 4s^2 3d^6$ وهو في حالة الاستقرار؟

الجدول 8-3 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm^3)
النيتروجين	7	1.25×10^{-3}
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
الأنتيمون	51	6.70
البزموثر	83	9.78

85. فسر 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 $n\text{s}^1$ عن التوزيع الإلكتروني للمستوى الخارجي لعناصر المجموعة الأولى، حيث n هو رقم دورة العنصر ومستوى طاقته الرئيس. اكتب رمزاً مشابهاً لكل مجموعات العناصر الممثلة.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبيرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبيرنر، واتكتب تقريراً عنها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

94. الميل الإلكتروني خاصية دورية أخرى. اكتب تقريراً عن الميل الإلكتروني، وصف تدرجاته عبر المجموعة وعبر الدورة.

أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي مندليف جديراً باللاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه، لذلك فهو يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول مندليف الموضح في الجدول 10-3 والجدول الدوري الحديث الموضح في الشكل 5-3.

الرقم الذري	الجدول 10-3 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 مقمن

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

- s .a
- p .b
- d .c
- f .d

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7:

الجدول الدوري																	18
1	2																w
Y	Y	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	w	w	w	w	w	w
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	w	w	w	w	w	w
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	w	w	w	w	w	w
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	w	w	w	w	w	w
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	w	w	w	w	w	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

6. أي العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

- Z .d
- Y .c
- X .b
- W .a

7. أي مستويات الطاقة الثانوية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

- f .d
- d .c
- p .b
- s .a

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

- d .الفئة a
- b .المجموعات 13 إلى 17
- c .الفئة f
- d .المجموعتين 1 و 2

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللالفatzات فقط؟

- 1 .a
- 13 .b
- 15 .c
- 18 .d

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. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟

- a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنيسيوم Mg.
- b. قيمة الكهروسانالية للكربون C أكبر من قيمة الكهروسانالية للبورون 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 للذرة 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 و5:

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. أي مجموعة في الجدول الدوري يقع فيها العنصر X؟

- 1 .a
- 17 .b
- 18 .c
- 4 .d

اختبار مقنن

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 الآقي، 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 الآقي للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

طاقات التأين لعناصر مختارة من الدورة 2 بوحدة mol/kJ					
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 جدًا 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



الفكرة العامة تربط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنة.

4-1 تكوُّن الأيون

الفكرة الرئيسية تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

4-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسية تجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعدلة كهربائياً.

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

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.

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسية تُكون الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "بحر" من إلكترونات التكافؤ الحرقة الحركة.

حقائق كيميائية

- غوص الغواصون عادة على عمق 40 m، أما أكبر عمق وصل إليه غواص محترف فقد زاد على 300 m قليلاً.

- يحمل الغواصون الأكسجين والنيتروجين في أسطوانات معدة لهذه الغاية، لذا عليهم اتباع إجراءات خاصة لتجنب التسمم بالأكسجين، والتخدير النيتروجيني.

نشاطات تمهيدية

المركبات الأيونية اعمل
المطوية الآتية لتساعدك على
تنظيم المعلومات الخاصة
بالمركبات الأيونية.



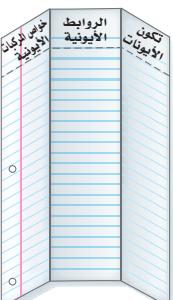
المطويات

منظمات الأفكار

خطوة 1 اطو الورقة طولياً
لتعمل ثلاثة أقسام متساوية.

خطوة 2 اطو الجزء العلوي
من الورقة نحو الأسفل
بمقدار 2 cm تقريباً.

خطوة 3 ارسم خطوطاً
على طول الشيئات، ثم عنون
الأعمدة على النحو الآتي:
تكوين الأيونات، الروابط
الأيونية، خواص المركبات
الأيونية.



المطويات استخدم هذه المطوية في
القسمين 1-4 و 4-2. وبعد قراءتها
دوّن المعلومات الخاصة بـ المركبات
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 بعض المعلومات عن الروابط بين الذرات.

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
- املاً إحدى فجوات طبق التفاعلات البلاستيكى بملح الطعام الصلب NaCl .
- استخدم الماصة لنقل 1mL NaCl من محلول ملح الطعام المعد باستخدام ماء الصنبور إلى فجوة أخرى في الطبق نفسه.
- 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.
- كرر الخطوات 3 - 5 مستخدماً السكر $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ بدلاً من ملح الطعام.
- أعد الخطوات 3 - 5 مستخدماً الماء المقطر بدلاً من ماء الصنبور.



التحليل

- اعمل جدولًا ودوّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
- فسر النتائج التي حصلت عليها.

استقصاء صمم نموذجاً يوضح الاختلاف بين المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركبات التي لا توصل محاليلها التيار الكهربائي.

الأهداف

تعرف الرابطة الكيميائية.

تصف تكوين الأيونات الموجبة

والسلبية.

ترتبط بين تكوين الأيون

وتوزيعه الإلكتروني.

مراجعة المفردات

القاعدة الثمانية : تميل الذرات إلى اكتساب الإلكترونات أو فقدانها أو مشاركتها للتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

المفردات الجديدة

الرابطة الكيميائية
الكاتيون

الأيون

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 إلى حالة من الاستقرار بحيث تكون طاقتها أقل ما يمكن، وذلك بامتلاك مستوى طاقة آخر مختلف 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 واحداً أو أكثر لتحصل على التوزيع الإلكتروني المشابه للتوزيع الإلكتروني لأقرب غاز نبيل. ويُسمى الأيون الموجب **بالكاتيون**. 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 1-4** كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.



تكوين الأيون Ion Formation

الفكرة الرئيسية ت تكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات

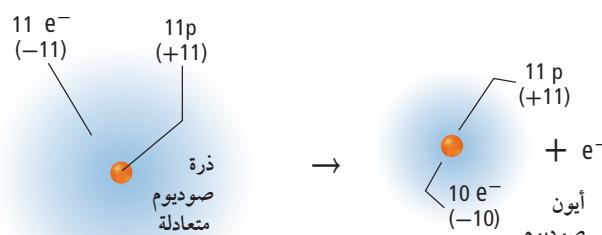
التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

الربط مع الحياة تخيل أنك ذاهب و مجموعة من الأصدقاء لتلعبوا كرة القدم، فوجدم هناك مجموعة أخرى أكثر عدداً ي يريدون اللعب أيضاً، فانفقتهم على تشكيل فريقين متساوين مما يؤدي إلى أن تفقد إحدى المجموعتين بعض لاعبيها لينضموا إلى المجموعة الأخرى. وهكذا بطريقة مشابهة يكون سلوك الذرات أحياناً عند تكوين المركبات.

الشكل 4-4 يتكون الأيون الموجب عند فقد الذرة المتعادلة واحداً أو أكثر من إلكترونات التكافؤ. تحتوي الذرة المتعادلة كهربائياً على أعداد متساوية من البروتونات والإلكترونات، في حين يحتوي الأيون الموجب على عدد من البروتونات أكبر من عدد الإلكترونات.

حل 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 تحول إلى ذرة نيون، بل تحولت إلى أيون صوديوم أحادي الشحنة الموجبة، وأن عدد البروتونات (11) الذي يميز ذرة الصوديوم ما زال ثابتاً داخل النواة لم يتغير.

ماذا قرأت؟ ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لذرة مستقرة؟

أيونات الفلزات إن ذرات الفلزات نشطة كيميائياً؛ لأنها تفقد إلكترونات تكافئها بسهولة. وفلزات المجموعتين الأولى والثانية أكثر الفلزات نشاطاً في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، تُكوّن فلزات البوتاسيوم والماغنيسيوم الموجودة في المجموعتين 1 و 2 على الترتيب، الأيونات K^{+} و Mg^{2+} ، كما تُكوّن بعض ذرات عناصر المجموعة 13 أيونات موجبة أيضاً. ويلخص الجدول 4-1 الأيونات التي تُكوّنها ذرات فلزات المجموعات 1 و 2 و 13.

أيونات المجموعات 1 و 2 و 13		الجدول 4-1
شحنة الأيون المتكون	التوزيع	المجموعة
(1) (+) عند فقد إلكترون s^1	ns^1 [غاز نبيل]	1
(2) (+) عند فقد إلكتروني s^2	ns^2 [غاز نبيل]	2
(3) (+) عند فقد إلكترونات $s^2 p^1$	$ns^2 np^1$ [غاز نبيل]	13

أيونات الفلزات الانتقالية

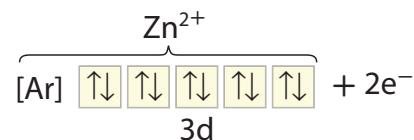
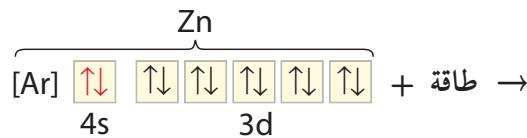
تذكر أن مستوى الطاقة الخارجي للفلزات الانتقالية هو ns^2 . وعند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تقوم ذرة كل عنصر بإضافة إلكترون إلى المستوى الثانوي d. وعادة ما تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونين من إلكترونات التكافؤ، لتكون أيونات موجبة ثنائية الشحنة $2+$. وقد تفقد أيضاً إلكترونات من المستوى d. لذا تكون الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثة 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 أن هذه الفلزات تكون أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثة الشحنة.

على الرغم من أن توزيع إلكترونات الثنائي هو التوزيع الإلكتروني للذرة المستقرة، إلا أنه يوجد توزيعات أخرى للإلكترونات تزودها ببعض الاستقرار.



الشكل 2-4 عندما يتتفاعل

الخارصين مع اليود فإن حرارة التفاعل تجعل اليود الصلب يتسامي إلى بخار بنفسجي اللون. ويكون أسفل الأنوب ZnI₂ الذي يحتوي على أيون Zn²⁺ الذي توزيعه الإلكتروني شبيه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.



عند فقدان إلكتروني تكافئ مستوى 4s يتكون توزيع إلكتروني من مستويات s,p,d ممولة بالإلكترونات، يشبه التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

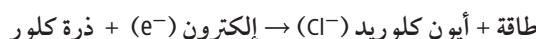
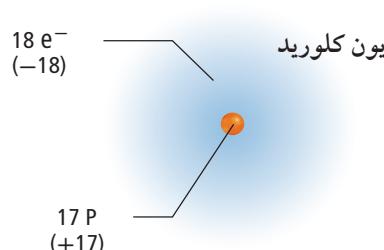
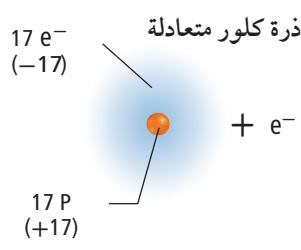
فعل سيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14–11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجياً ذات مستويات ثانية (هي d, p, s) ممولة بالإلكترونات. وبين الشكل 2-4 التوزيع الإلكتروني لذرة الخارصين: 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶4s²3d¹⁰. وعندما تكون ذرة الخارصين الأيون الثنائي الموجب فقد إلكترونين من المستوى 4s ويترتب التوزيع الإلكتروني المستقر: 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d¹⁰. ويُشار إلى هذا التوزيع الإلكتروني المستقر نسبياً بالتوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل.

Negative Ion Formation تكوين الأيون السالب

تميل عناصر اللافزات 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 إلكتروناً لتكون أيوناً شحنته -1 ، ويصبح التوزيع الإلكتروني لأيون الكلوريد بعد اكتساب إلكترون مثل التوزيع الإلكتروني للأرجون:



ويسمى الأيون السالب **بالأنيون**. ولتسمية الأيونات السالبة يضاف المقطع (يد) إلى نهاية اسم العنصر، فتصبح ذرة الكلور أيون كلوريد. فما اسم أيون النيتروجين؟



الشكل 3-4 في أثناء تكون أيون الكلوريد السالب تكتسب ذرة الكلور متعادلة إلكتروناً، 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 عدداً من الإلكترونات، وعندما تُضاف إلى الإلكترونات تكافئها تصل إلى التوزيع الإلكتروني الثنائي الأكثر استقرار. فعلى سبيل المثال، لذرة الفوسفور خمسة إلكترونات تكافؤ، وحتى تحصل على التوزيع الإلكتروني الثنائي المستقر تكتسب ثلاثة إلكترونات، وتكون أيون الفوسفید الذي شحنته -3. وبالمثل ذرة الأكسجين التي لها ستة إلكترونات تكافؤ تكتسب إلكترونين و تكون أيون الأكسيد الذي شحنته -2.

وقد تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعداداً من الإلكترونات للوصول إلى حالة التركيب الثنائي المستقر. فمثلاً، 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 إلكتروناً واحداً للوصول إلى حالة الثنائية وبين الجدول 2-4 أيونات المجموعات 15 و 16 و 17.

أيونات المجموعات من 15 إلى 17		الجدول 4-2
شحنة الأيون المتكون	التوزيع الإلكتروني	المجموعة
(3-) عند اكتساب ثلاثة إلكترونات	[غاز نبيل] $ns^2 np^3$	15
(2-) عند اكتساب إلكترونين	[غاز نبيل] $ns^2 np^4$	16
(1-) عند اكتساب إلكترون واحد	[غاز نبيل] $ns^2 np^5$	17

التفصيم 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 نسبياً، 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.
- a- النيتروجين b- الكبريت c- الباريوم d- الليثيوم
- 5. نموذج ارسم نموذجين يمثلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.
- تكون بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجية ملوءاً بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
- يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتاً عند تكوين الأيون.

الروابط الأيونية والمركبات الأيونية Ionic Bonds and Ionic Compounds

الفكرة الرئيسية تتجاذب الأيونات ذات الشحنة المختلفة لتكون مركبات أيونية متعدلة كهربائياً.

الربط مع الحياة هل حاولت يومًا فصل كيس التغليف البلاستيكي بعضه عن بعض؟ تعود صعوبة فصل هذه المواد إلى تجاذب بعضها إلى بعض بسبب وجود أسطح مختلفة الشحنة.

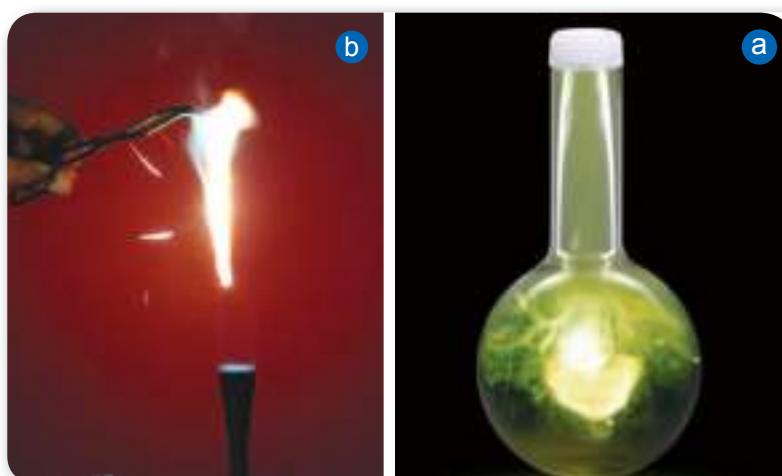
Formation of Ionic Bonds

تكوين الروابط الأيونية

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهرين في الشكل 4-4؟ تفاعل العناصر معًا في كلتا الحالتين لتكوين مركب كيميائي. وبين الشكل 4a التفاعل بين عنصري الصوديوم والكلور، وينتقل في أثناء هذا التفاعل إلكترون تكافؤ من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور، فتصبح ذرة الصوديوم أيونًا موجباً. وتستقبل ذرة الكلور هذا الإلكترون في مستوى الطاقة الخارجي لتصبح ذرة الكلور أيونًا سالبًا. وبين الشكل 4b التفاعل بين عنصري الماغنيسيوم والأكسجين لتكوين أكسيد الماغنيسيوم MgO .

وتعنى تجاذب الشحنات المختلفة بين أيون الصوديوم والكلوريد يتكون مركب كلوريد الصوديوم.
وتسمى القوة الكهروستاتيكية التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات الأيونية
الرابطة الأيونية. كما تسمى المركبات التي تحتوى 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 ثانوي؛ لأنّه يتكون من أيونين مختلفين هما أيونا الصوديوم والكلور، وأكسيد الماغنيسيوم MgO الناتج عن التفاعـل الظاهـر في الشـكـل 4-4b، مركـ أيـونـيـ ثـانـيـ، أـيـضاـ.



الشكل 4-4 يُنتج كل من هذين التفاعلين الكيميائيين

طاقة كبيرة في أثناء تكوين المركبات الأيونية

a. ينبع عن التفاعل بين عنصر الصوديوم وغاز الكلور بثارات صلبة بيضاء اللون.

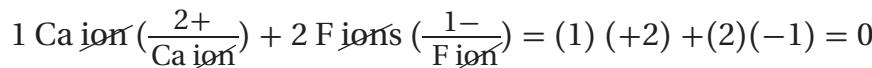
b. ينبع عن اشتعال شريط فلز الماغنسيوم في الهواء مركب أيوني يسمى أكسيد الماغنسيوم.

الشحنات وتكون المركبات الأيونية

ما الدور الذي تقوم به شحنة الأيون في تكوين المركبات الأيونية؟

لإجابة عن هذا السؤال تفحص طريقة تكوين مركب فلوريد الكالسيوم. إن التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم هو $4s^2$ [Ar] ، لذا فإنها تحتاج أن تفقد إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون.

أما التوزيع الإلكتروني لذرة الفلور فهو $2s^2 2p^5$ [He]، ويجب أن تكتسب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة النيون. ولأن عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يجب أن يكون متساوياً فإننا نحتاج إلى ذرتين من الفلور لكتسبياً إلكترونين اللذين فقدتهما ذرة الكالسيوم. وبذلك تكون الشحنة النهائية في مركب فلوريد الكالسيوم CaF_2 صفرًا.



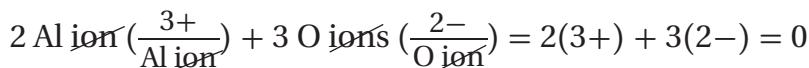
ويخلص الجدول 3-4 طائق عدة تمثل تكوين المركبات الأيونية، ومنها كلوريد الصوديوم.

الجدول 3-4

تكوين كلوريد الصوديوم

المعادلة الكيميائية	
$\text{Na} + \text{Cl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	طاقة
التوزيع الإلكتروني	
$\underbrace{[\text{Ne}]3s^1}_{\text{Na}} + \underbrace{[\text{Ne}]3s^2 3p^5}_{\text{Cl}} \xrightarrow{\text{انتقل إلكترون}} [\text{Ne}] + \underbrace{[\text{Ar}]}_{\text{Na}^+} + \underbrace{[\text{Ar}]}_{\text{Cl}^-}$	طاقة
التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات المستويات	
	انتقل إلكترون
$\begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 1s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2p \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \\ 3s \\ \end{array} + \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 1s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2p \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \\ 3s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 3p \\ \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 1s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 2p \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \\ 3s \\ \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \\ 3p \\ \end{array} \\ \text{Na} \qquad \qquad \qquad \text{Cl} \qquad \qquad \qquad \text{Na}^+ \qquad \qquad \qquad \text{Cl}^- \end{array}$ <td style="text-align: center;">ثانية طاقة</td>	ثانية طاقة
التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)	
$\text{Na} \circ + \cdot \ddot{\text{C}}\text{i}: \rightarrow [\text{Na}]^+ + [\cdot \ddot{\text{C}}\text{i}:]^-$	طاقة
النماذج الذرية	
	-
$\begin{array}{c} 11 e^- \\ (-11) \\ \text{ذرة صوديوم} \end{array} + \begin{array}{c} 17 e^- \\ (-17) \\ \text{ذرة كلور} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} 10 e^- \\ (-10) \\ \text{أيون صوديوم} \end{array} + \begin{array}{c} 18 e^- \\ (-18) \\ \text{أيون كلوريد} \end{array}$	طاقة

يتطلب تكوين أكسيد الألومنيوم فقدان كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، واكتساب كل ذرة أكسجين إلكترونين. وبناءً على ذلك نحتاج إلى ثلاث ذرات من الأكسجين لتكسب 6 إلكترونات تُفقد من ذري ألومنيوم لإنتاج مركب أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 المتعادل كهربائياً.

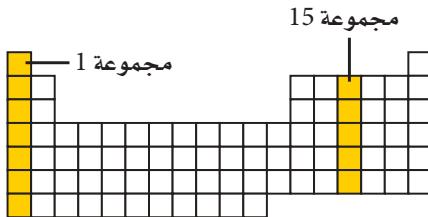


مسائل تدريبية

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

وضح كيف تكون المركبات الأيونية من العناصر الآتية؟



6. الصوديوم واليtroجين.
7. الليثيوم والأكسجين.
8. الاسترانشيوم والفلور.
9. الألومنيوم والكبريت.

10. تحضير: وضح كيف يتعدد عنصران من عناصر المجموعتين المبيتين في الجدول الدوري لتكوين مركب أيوني؟

خواص المركبات الأيونية

تحدد الروابط الكيميائية في المركب الكثير من خصائصه. فعلى سبيل المثال، تكون الروابط الأيونية بناءات فيزيائية فريدة للمركبات الأيونية لا تشبه المركبات الأخرى. ويساهم البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية في تحديد خصائصها الفيزيائية التي استخدمت في استعمالات متعددة كالتي يبيّنها الشكل 4-5.

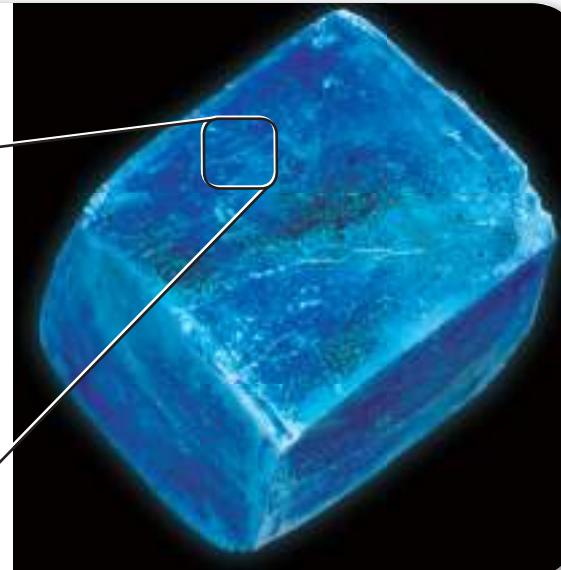
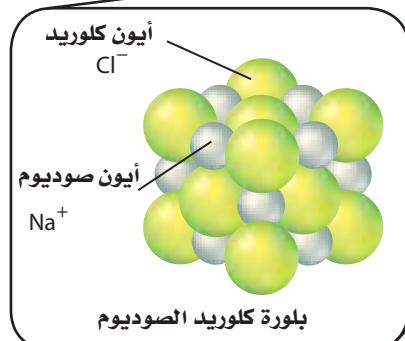
الشكل 4-5 الروابط الأيونية والفلزية ساعدت عدّة اكتشافات متماثلة العلماء على فهم خواص المركبات الأيونية والفلزية، مما أدى إلى تصنيع أدوات ومواد جديدة.



الشكل 6 يظهر المجهر

الإلكتروني الماسح شكل بلورة كلوريد الصوديوم المكعبية.

فسّر ما نسبة أيونات الصوديوم إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟



البناء الفيزيائي يحتوي البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية على عدد كبير من الأيونات الموجبة والسلبية، ويتحدد عددها بنسبة عدد الإلكترونات التي تنتقل من ذرات الفلز إلى ذرات اللالفلز. وتترتب هذه الأيونات بنمط متكرر يحفظ التوازن بين قوى التجاذب والتنافر بينها.

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظہر في **الشكل 6-4**، 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 6-4**، فإن نسبة 1:1 من أيونات الصوديوم والكلوريد تكون 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 معاً. ترى، ما شكل بلورات ملح الطعام إذا فحصتها بعدسة مكبرة؟

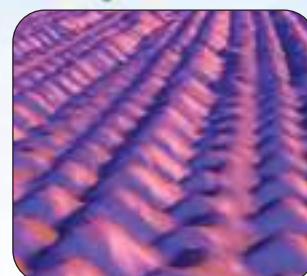
ماذا قرأت؟ فسر ما الذي يحدد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السلبية في المركب الكيميائي؟

2004م طور 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"، وتستعمل كثيراً في تقويم الأسنان.



1981م أتاح اكتشاف المجهر الماسح الأنبوي للباحثين دراسة صور على المستوى النري بالأبعاد الثلاثة.



الشكل 7-4 تعد مركبات الأراجونيت CaCO_3 والباريت BaSO_4 أمثلة على خامات المركبات الأيونية. وتنظم الأيونات التي تكون منها هذه المركبات في شبكة بلورية. ويؤدي الاختلاف في حجم الأيونات وشحذتها إلى تكون بلورات مختلفة الأشكال.



تكون الشبكة البلورية نتيجة لقوة الجذب الكبيرة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة. **الشبكة البلورية** ترتيب هندسي للجسيمات ثلاثي الأبعاد. يحيط فيها الأيون الموجب بالأيونات السالبة، كما يحيط الأيون السالب بالأيونات الموجبة. وتحتفل البلورات الأيونية في شكلها بسبب حجم الأيونات وأعدادها المتراقبة كما في **الشكل 7-4**.

الربط علم الأرض **الشكل 7-4** 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 تعرُّفها أيضًا من خلال أنواع الأيونات السالبة المتوافرة فيها. فعلى سبيل المثال، تكون السليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السليكات السالبة SiO_3^{2-} الناتجة عن اتحاد السليكون مع الأكسجين. وتحتوي الاهاليدات على أيونات الفلوريد، والكلوريد، والبروميد، واليووديد. 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 7-4** 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 ببعضها البعض. وتعتمد المقدرة على التوصيل الكهربائي - وهي خاصية فيزيائية أخرى - على توافر جسيمات مشحونة حرارة الحركة. فالأيونات جسيمات مشحونة فإذا كانت حرارة الحركة فإنها تجعل المركب الكيميائي يوصل الكهرباء. ولأن الأيونات مقيدة الحرارة في حالة المادة الصلبة بسبب قوى الجذب الكبيرة، لذا لا تستطيع المواد الأيونية الصلبة توصيل الكهرباء.

الجدول 4-4

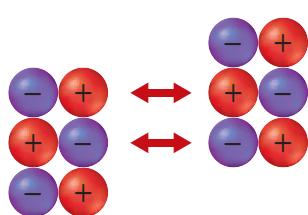
درجات انصهار وغليان بعض المركبات الأيونية

المركب	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
NaI	660	1304
KBr	734	1435
NaBr	747	1390
CaCl ₂	782	>1600
NaCl	801	1413
MgO	2852	3600

عندما ينصلح المركب الأيوني الصلب ويصبح سائلاً أو عند ذوبانه في محلول، تصبح الأيونات التي كانت مقيدة في أماكنها قادرةً الآن على الحركة الحرية، 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**.

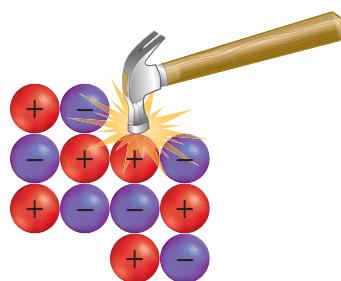
ولأن الروابط الأيونية قوية نسبياً، لذا تحتاج البلورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وغليانها مرتفعة، كما يبين الجدول 4-4. ومتانز الكثير من البلورات - ومنها الأحجار الكريمة - بألوانها الزاهية؛ بسبب وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

ومتانز البلورات الأيونية أيضاً بالقوة والصلابة والهشاشة؛ 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 تتشقق أو تفتت إلى أجزاء كما في **الشكل 8-4**؛ لأن القوة الخارجية تحرّك الأيونات ذات الشحنات المتشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التناحر تفتت البلورة إلى أجزاء.

الشكل 8-4 تجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب التغلب عليها قوة أكبر.

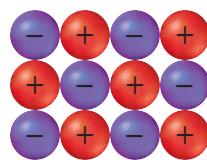
تؤدي قوة التناحر إلى كسر البلورة

تؤدي قوة التناحر بين الأيونات ذات الشحنات المشابهة إلى كسر البلورة.



تؤدي القوة الخارجية إلى إعادة ترتيب الجسيمات

إذا كانت القوة المؤثرة كبيرة بقدر كافٍ فإنها تحرّك الأيونات من أماكنها.



بلورة أيونية منتظمة

للبلورة نمط منتظم للأيونات قبل تأثير القوة الخارجية فيها.



الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

تُمتص الطاقة أو تنطلق أثناء التفاعل الكيميائي، فإذا امتصَّت الطاقة في أثناء التفاعل وُصف التفاعل بأنه ماض للطاقة، أما إذا انطلقت الطاقة في أثناء التفاعل فيوصَف بأنه طارد للطاقة. تكون المركبات الأيونية من الأيونات الموجبة والسلبية يوصف دائمًا بأنه طارد للطاقة. فعندما تتجاذب الأيونات الموجبة والسلبية يتقارب بعضها من بعض لتكوين نظامًا أكثر استقرارًا، طاقتَه أقل من طاقة الأيونات المنفردة. إذا امتصَّ مقدار الطاقة نفسه الذي تم إطلاقه خلال تكوُّن الرابطة فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الروابط التي تربط الأيونات الموجبة والسلبية.

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 متصنة، 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 المبعثة عند اتحاد أيونات 1 mol من المركب الأيوني، وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة منبعثة. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الطاقة المتصنة تكون موجبة، في حين تكون قيمة الطاقة المبعثة 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 تقريًباً من طاقة NaF ؛ لأن شحنة الأيونات في MgO أكبر من شحنة الأيونات في NaF . كما أن طاقة الشبكة البلورية SrCl_2 تقع بين طاقة الشبكة البلورية MgO والشبكة البلورية NaF ، لأن الشبكة البلورية SrCl_2 تحتوي على أيونات ذات شحنة موجبة عالية وأيونات ذات شحنة سالبة منخفضة معاً.

ترتبط طاقة الشبكة البلورية بصورة مباشرة بحجم الأيونات المرتبطة معاً. فالإيجيونات الصغيرة الحجم تكون مركبات أيوناتها متراصَة؛ أي لا يوجد بينها فراغات. ولأن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة تزداد كلما قلت المسافة بينها فإن الأيونات الصغيرة تكون 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 يؤكِّد أن طاقة الشبكة البلورية مرتبطة مع حجم الأيون. والآن، تفحص طاقة الشبكة البلورية لكل من SrCl_2 و AgCl . كيف توضح هذه القيم العلاقة بين طاقة الشبكة البلورية ومقدار شحنة الأيون؟

الجدول 4-5

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 محليل أو مصاہير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

- 11. الغمرة الرئيسية** لخص تكوين الرابطة الأيونية من خلال وضع المصطلحات الآتية في صورة أزواج صحيحـة: الكاتيون، الأنيون، اكتساب الإلكترونات، فقد الإلكترونات.
- 12.** وضع 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.** حدد ثلاثة خواص فيزيائية للمركبات الأيونية تعتمد على الرابطة الأيونية، وبين علاقتها بقوة الرابطة.
- 15.** فسر كيف تكون الأيونات الروابط؟ وصف بناء المركب الناتج.
- 16.** اربط بين طاقة الشبكة البلورية وقوة الرابطة الأيونية.
- 17.** طبق باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات المستويات والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركب الأيوني من فلز الإسترانشيوـم ولافلـر الكلور.
- 18.** صمم خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطة الأيونية والخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية، وطاقة الشبكة البلورية واستقرارها.

الأهداف



صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

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 تتشابه أسماء المركبات الأيونية في أنها تكون من مقاطعين أيضاً.

Formulas for Ionic Compounds

صيغ المركبات الأيونية

طور العلماء بعض القواعد لتسمية المركبات؛ تسهيلاً للتفاهم فيما بينهم؛ حيث يسهل عليك عند استخدام هذه القواعد كتابة صيغة المركب الأيوني، ويمكنك كذلك تسمية المركب من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تذكّر 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 الماغنيسيوم هي $MgCl_2$ ؛ لأن نسبة أيونات 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 أو 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^- ، وبين الجدول 6-4 شحنة بعض الأيونات الشائعة الأحادية الذرة حسب موقعها في الجدول الدوري. ما صيغة كل من أيون البريليوس، وأيون اليوديد، وأيون النيريدي؟

لا يتضمن الجدول 6-4 الفلزات الانتقالية التي تقع في المجموعات 3-12 أو الفلزات المجموعتين 13 و 14؛ بسبب تعدد الشحنات الأيونية لذرات هذه المجموعات. وتكون معظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين 13 و 14 أيونات موجبة مختلفة ومتعددة.

- ١ تربط وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.

- ٢ تكتب صيغ المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

- ٣ تطبق طريقة التسمية على المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

مراجعة المفردات

اللافلز: عنصر صلب وهش، ورديء التوصيل للكهرباء والحرارة.

المفردات الجديدة

وحدة الصيغة الكيميائية والأيون الأحادي الذرة

عدد التأكسد
أيون عديد الذرات
أيون أكسجيني سالب

أيونات أحادية الذرة		الجدول 6-4
شحنة الأيون	الذرات التي تكون 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

الجدول 7-4

أيونات فلزية أحادية الذرة

المجموعة	الأيونات الشائعة
3	Sc^{3+} , Y^{3+} , La^{3+}
4	Ti^{2+} , Ti^{3+}
5	V^{2+} , V^{3+}
6	Cr^{2+} , Cr^{3+}
7	Mn^{2+} , Mn^{3+} , Tc^{2+}
8	Fe^{2+} , Fe^{3+}
9	Co^{2+} , Co^{3+}
10	Ni^{2+} , Pd^{2+} , Pt^{2+} , Pt^{4+}
11	Cu^+ , Cu^{2+} , Ag^+ , Au^+ , Au^{3+}
12	Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg_2^{2+}
13	Al^{3+} , Ga^{2+} , Ga^{3+} , In^+ , In^{2+} , In^{3+} , Tl^+ , Tl^{3+}
14	Sn^{2+} , Sn^{4+} , Pb^{2+} , Pb^{4+}

أعداد تأكسد تُعرَّف شحنة الأيون الأحادي الذرة بعدد تأكسد، أو حالة الأكسدة. وكما يبين الجدول 7-4، فإن معظم الفلزات الانتقالية، وفلزات المجموعتين 13 و 14 أكثر من عدد تأكسد محتمل. وتتجدر الإشارة هنا إلى أن أعداد تأكسد الظاهرة في الجدول 7-4 ليست الوحيدة المحتملة ولكنها الأكثر شيوعاً.

وعدد تأكسد لأي عنصر في المركب الأيوني يساوي عدد الإلكترونات التي تفقدتها أو تكتسبها أو تشارك بها الذرة في أثناء التفاعل الكيميائي. فمثلاً، تفقد ذرة الصوديوم إلكتروناً واحداً لينتقل إلى ذرة الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم، مما ينتج عنه تكون Na^+ و Cl^- . لذا فإن عدد تأكسد الصوديوم في المركب $+1$ ، حيث انتقل إلكترون واحد منها. أما عدد تأكسد ذرة الكلور -1 لأن إلكتروناً واحداً 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 يمين 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 تأكسد لكتابه صيغ المركبات الأيونية بناءً على ذلك. تذكر أن المركبات الأيونية لا تحمل شحنة كهربائية. لذا عند جمع حاصل ضرب أعداد تأكسد لكل أيون في عدد أيوناته الموجودة في وحدة الصيغة الكيميائية، يجب أن يكون الناتج صفرًا.

افترض أنك تريدين 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 يفقدتها الفلز يساوي عدد الإلكترونات التي يكتسبها الفلز. ويحدث هذا عندما يفقد أيون الصوديوم إلكتروناً واحداً، وينتقل إلى أيون الفلور، فتصبح وحدة الصيغة الكيميائية NaF .

ماذا قرأت؟ حدد العلاقة بين شحنة الأيون وعدد تأكسده.

مهن في الكيمياء

علماء التغذية هل فكرت يوماً في علاقة العلم بالطعام الذي تتناوله؟ يهتم علماء التغذية بدراسة تأثير طائق تحضير الطعام في مظهره ورائحته ومذاقه والفيتامينات والمعادن المتواجدة فيه. كما أنهم يقومون بتطوير صناعة الأطعمة والعصائر ويسخنونها.

المفردات

الانتقال

التغير في موضع شيء.

اضطر أحmd إلى الانتقال إلى مدرسة أخرى عند انتقال والديه إلى منطقة أخرى.

صيغة المركب الأيوني أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكون من البوتاسيوم والأكسجين.

١ 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 ثنائياً سالباً 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.



٢ حساب المطلوب

تفقد ذرة البوتاسيوم إلكتروناً واحداً، 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، فتتصبح الصيغة الكيميائية K_2O

٣ تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا.

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

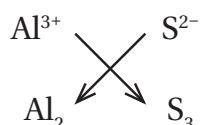
صيغة المركب الأيوني أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

١ 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 ثلثي الشحنة $+3$ ، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيوناً سالباً ثنائياً 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.



٢ 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 فقدانها من ذرتي ألومنيوم. فت تكون الصيغة الصحيحة للمركب هي Al_2S_3 وهي توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات كبريت.

٣ تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا.

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

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

19. اليوديد والبوتاسيوم 20. البروميد والألومنيوم

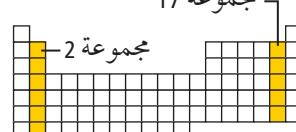
21. الكلوريد والماغنيسيوم 22. النيترید والسيزيوم

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 الشكل 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 $(\text{NH}_4)_2\text{O}^{2-}$.

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؟



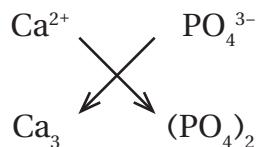
الجدول 4-8

الإسم	الأيون	الإسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البوتاسيوم	IO_4^-
النترات	NO_3^-	النيتريت	CH_3COO^-
الهيدروكسيد	OH^-	السيانيد	CO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	البيكربونات	SO_4^{2-}
الميكروبونات	HCO_3^-	البيروكسيد	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
الميكروكلورايت	ClO^-	الكلورايت	O_2^{2-}
الكلورات	ClO_2^-	البرومات	CrO_4^{2-}
البيروكلورات	ClO_3^-	الثئائي الكرومات	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
البيروجينيطة	ClO_4^-	الفوسفات الميدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيوادات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

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

١ تحليل المسألة

تعلم أن أيونات الكالسيوم والفوسفات تكون مركباً أيونياً وصيغة هذا المركب مجهرولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرافقاً بشحنته الكهربائية. وأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكون أيوناً موجباً ثانياً الشحنة $+2$ ، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية -3 .



٢ 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، فتتصبح الصيغة الصحيحة للمركب هي: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

٣ تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية في وحدة الصيغة لفوسفات الكالسيوم تساوي صفرًا.

$$3 \text{ Ca ion } \left(\frac{2+}{\text{Ca ion}} \right) + 2 \text{ PO}_4 \text{ ions } \left(\frac{3-}{\text{PO}_4 \text{ ion}} \right) = 3 (+2) + 2(-3) = 0$$

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 المكون من الكربون والأكسجين فقط.

أسماء الأيونات والمركبات الأيونية Names for Ions and Ionic Compounds

يسخدم العلماء طرائق منتظمةً 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 اللافازات لها أكثر من أيون أكسجيني، ومنها النيتروجين والكبريت. وتسمى هذه الأيونات باستخدام القواعد المبينة في الجدول ٩-٤.

الجدول ٩-٤ تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين

الجدول ٩-٤

- عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافاز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره.
- عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافاز 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
---	------------------------

<ul style="list-style-type: none"> • 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 من ثلاثة ذرات بإضافة مقطع (هيبو)، ثم المقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز. 	ClO ⁻ كلورات ClO ⁻ هيبوكلوريت	ClO ₄ ⁻ بيركلورات ClO ₂ ⁻ كلوريت
--	--	---

يبين الجدول 4-10 كيف يكون الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الحالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في تسمية أيونات الكلور. فعلى سبيل المثال، يكون البروم أيون البرومات BrO_3^- ، ويكون اليود أيون البيروأيدات IO_4^- وأيون أيودات IO_3^- .

تسمية المركبات الأيونية تسمى 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 متبعاً باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية يكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم إليه 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: تطبق هذه القاعدة على الفلزات الانتقالية والفلزات في الجهة اليمنى من الجدول الدوري، انظر الجدول 4-4. ولا تطبق هذه القاعدة على أيونات المجموعتين 1 و 2 الموجبة لأن لها عدد تأكسد واحداً.

أمثلة:

- يكون أيون Fe^{2+} وأيون O^{2-} المركب FeO ، المعروف باسم أكسيد الحديد II. ويكون أيون Fe^{3+} وأيون O^{2-} المركب Fe_2O_3 ، المعروف باسم أكسيد الحديد III.
5. عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسمية الأيون السالب أولاً، ثم تسمية الأيون الموجب.
- أمثلة:**

تسمية NaOH هييدروكسيد الصوديوم
تسمية $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ كبريتيد الأمونيوم.

مسائل تدريبية

سُمّ 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؟

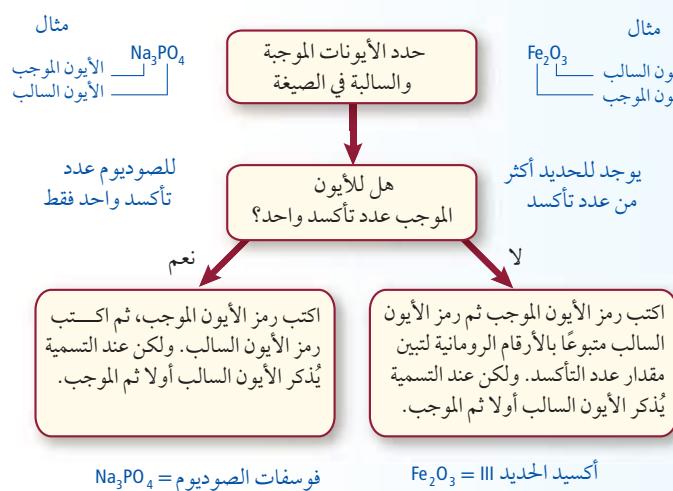
استراتيجيات حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المقابل.

طبق الاستراتيجية

سم المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط.



توضّح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتّبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو محلول. اشرح كيف يمكن أن تغيّر المخطط السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني؟

التقويم 4-3

الخلاصة

- 34. الفكرة الرئيسية** صفت 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 منها.
- 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 النيترونات وصيغته.
- 39.** حلّل ما الأرقام السفلية المصغرة التي تستعملها في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:
- فلز قلوي وهالوجين.
 - فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16.
 - فلز قلوي أرضي وهالوجين.
 - 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 وتعبر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعبر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة تأكسد.
- ت تكون 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.

تربيط نموذج بحر الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.

تعرف السبائك، وتذكر خواصها.

مراجعة المفردات

الروابط الفلزية Metallic Bonds

الخاصية الفيزيائية: خاصية المادة التي يمكن مشاهدتها وقياسها دون تغيير تركيب المادة.

المفردات الجديدة

نموذج بحر الإلكترونات

الإلكترونات الحرة

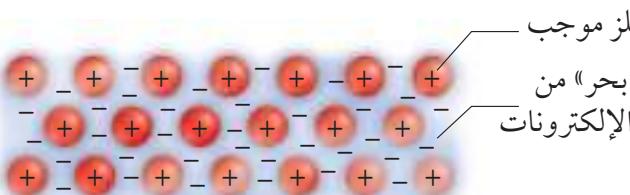
الرابطة الفلزية

السبائك

على الرغم من أن الفلزات ليست مركبات أيونية إلا أنها تشتراك 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 ذرات الفلزات إلكترون تكافؤ على الأقل، إلا أنها لا تشتراك في إلكترونات التكافؤ مع الذرات المجاورة، ولا تفقدها. وبدلًا من ذلك تتدخل 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 الحركة 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 10-4.

الشكل 10-4. الرابطة الفلزية هي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرة في الشبكة الفلزية.



الشكل 10-4 توزع الإلكترونات 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.

فهل تعرف الإلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

خواص الفلزات يفسر الترابط الفلزي الخواص الفيزيائية للفلزات، والتي تظهر قوة الروابط الفلزية.

درجة 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 يبينها الجدول 4-11، إلا أن درجات الانصهار ليست مرتفعة جدًا كدرجات الغليان؛ لأن الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الحركة في الفلز ليست بحاجة إلى طاقة كبيرة جدًا لجعلها تتحرك بعضها فوق بعض. إلا أنه في أثناء الغليان يجب فصل الذرات عن مجموعة الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الأخرى، مما يتطلب طاقة كبيرة جدًا.

قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أي أنها تحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضًا 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 المحاطة بها بصورة قوية، ولا يمكن فصلها بسهولة عن الفلز.

توصيل الحرارة والكهرباء يجعل 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. وتفاعل هذه الإلكترونات الحرة مع الضوء من خلال امتصاصه وإطلاق الفوتونات مما يتبع عنه خاصية البريق واللمعان.

الصلابة والقوية لا تقتصر الإلكترونات الحرة الحركة في الفلزات الانتقالية على الإلكترونات الخارجيين في المستوى s، وإنما تشمل أيضاً الإلكترونات الداخلية في المستوى d. وكلما زادت أعداد الإلكترونات الحرة الحركة زادت خواص الصلابة والقوية.

على سبيل المثال، توجد الروابط الفلزية القوية في الفلزات الانتقالية ، ومنها الكروم والحديد والنحاس، في حين أن الفلزات القلوية لينة؛ لأن لها إلكتروناً واحداً حر الحركة في المستوى ns¹.

ماذا قرأت؟ قارن بين ما يحدث عند طرق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالطرق؟



الجدول 4-11	درجات الانصهار والغليان	العنصر
	درجة الغليان (°C)	درجة الانصهار (°C)
الليثيوم	180	1347
القصدير	232	2623
الألومنيوم	660	2467
الباريوم	727	1850
الفضة	961	2155
النحاس	1083	2570

الشكل 4-11 تؤدي القوة المؤثرة الخارجية (كمطرقة مثلاً) إلى جعل الأيونات تتحرك عبر الإلكترونات الحرة، مما يجعل الفلز قابلاً للطرق والسحب.

السبائك الفلزية Metal Alloys



الشكل 4-12 تُصنع أجزاء الدراجات الهوائية في بعض الأحيان من سبيكة التيتانيوم، التي تحتوي على 2.5% من الألومنيوم و 3% من الفاناديوم.

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 السبيائد الكثيرة المفيدة. كما تستعمل سبيكة التيتانيوم والفنadiوم لبناء هياكل الدراجات الهوائية كالتي تظهر في الشكل 4-12.

خواص السبيائد تختلف خواص السبيائد 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. وتتفاوت خواص بعض السبيائد وتتغير باختلاف طرائق تصنيعها. وفي حالة بعض الفلزات تنتج بعض الخواص المختلفة اعتماداً على طريقة التسخين والتبريد. ويبيّن الجدول 4-12 أسماء بعض السبيائد المهمة واستعمالاتها المتنوعة.

الاسم الشائع	السبائك التجارية	الجدول 4-12
الاستعمالات	التركيب	
النيکو	50% Fe, 20% Al, 20% Ni, 10% Co	المغناطيسات
البراس (النحاس الأصفر)	67-90% Cu, 10-33% Zn	السباكه، 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	القوالب
الذهب - عيار 10 قارات	42% Au, 12-20% Ag, 37.46% Cu	المجوهرات (الحلي الذهبية)
حبيلات الرصاص	99.8% Pb, 0.2% As	حبيلات الطلاقات 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

الفردات
أصل الكلمة
النبيكية Alloy
 جاءت من الكلمة اللاتينية
alligare والتي تعني يثنى.

التقويم 4-4

الخلاصة

- ت تكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرجة الحركة.
- تحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- ت تكون السبيائد الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

الكيمياء في واقع الحياة

السم المفید كان للرصاص العديد من الاستخدامات قبل تعرف سميته العالية بخلاف ما هو مستخدم في صناعة الفخار والتميدادات الصحية. فقد استخدم الرصاص في صناعة الأصياغ والجاذولين، حيث يقلل من احتمال احتراق الجاذولين 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 إحلال 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. أبحث في السموم الحديثة الأخرى - ومنها الرصاص ومضاد التجدد (إيثيلن جلايكول) - لمعرفة لماذا لا تُظهر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها؟

الموسة القاتلة غالباً ما تكون الحلي البراقة اللامعة والمزركشة الألوان رخيصة ومسليّة. ولكن هل هي آمنة؟ الإجابة في العادة: نعم. ولكن قد تؤدي بعض الحلي السائدة - ولا سيما بعض الأنواع منخفضة الجودة مما لا تتطابق عليها مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، والتي تُصنّع في بعض الدول كالصين والهند وهذا لا ينافي حقيقة أنها دول صناعية متقدمة في صناعات عدّة - إلى مخاطر كثيرة لاحتوائها على عنصر الرصاص Pb السام بنسبة عالية.

السباكـة السامة عندما يتبل الرصاص تذوب كمية محددة منه في الماء متحوّلاً إلى أيونات Pb^{2+} وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تحل محل أيونات الكالسيوم Ca^{2+} . ورغم تشابههما في الشحنات الكهربائية، فإن أيونات الرصاص أثقل كثيراً من أيونات الكالسيوم، مما قد يسبب الإعاقة في التعلم، والغيبوبة، 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 السبّاك.

الفخار السام على الرغم من أن الرصاص لا يستخدم في التميدادات الصحية الحديثة، إلا أنه ما زال يستخدم في أمور أخرى. فالإناء الظاهر في الشكل 1 تم طلاؤه بالرصاص، ثم حرقه لإعطاء اللون الأسود المميز. وتولّد مركبات الرصاص المستخدمة في الطلاء ألواناً زاهية عند حرقها في ظروف محددة.



الشكل 1 مركبات الرصاص المستخدمة في تلوين الفخار

تعطي الوعاء مظهراً متميزاً.

مختبر الكيمياء

تحضير مركب أيوني

- 10. التنظيف والتخلص من النفايات:** تخلص من النفايات حسب تعليمات المعلم. نظف البوتقة بالماء، وأعد أدوات المختبر إلى أماكنها.



حل واستنتاج

1. حلل البيانات: احسب كتلة الشريط والناتج، وسجل قيم الكتل في جدول البيانات.
2. صنف أشكال الطاقة المنبعثة. ماذا تستنتج عن استقرار المواد الناتجة؟
3. استنتاج: هل يتفاعل الماغنيسيوم مع الهواء؟
4. توقع الصيغ الكيميائية للهاديين الناتجين، واتكتب اسميهما.
5. حلّ واستنتاج: لون ناتج تفاعل الماغنيسيوم مع الأكسجين أبيض، في حين أن لون ناتج تفاعل الماغنيسيوم مع النيتروجين أصفر. أي هذين المركبين يشكل الجزء الأكبر من الناتج؟
6. حلّ واستنتاج: هل توصل محاليل مركبات الماغنيسيوم التيار الكهربائي؟ وهل تؤكّد النتائج أن المركبات أيونية؟
7. حلل مصادر الخطأ: إذا أظهرت النتائج أن الماغنيسيوم فقد جزءاً من كتلته بدل أن يكتسب كتلة إضافية فاذكر الأسباب المحتملة لذلك.

الاستقصاء

صمّم تجربة إذا كانت محاليل مركبات الماغنيسيوم موصلة للتيار الكهربائي فهل تستطيع التأثير في جودة توصيلها للكهرباء؟ وإذا لم تكن موصلة للتيار فكيف تجعلها قادرة على ذلك؟
صمّم تجربة لمعرفة ذلك.

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 الماغنيسيوم (25cm)	بوتقة
مثبت خففي	حامل الحلقة ومثبت
قضيب للتحريك	لهب بنزن
ميزان يقيس 1/100g	ملقط بواتق
ماء مقطر	كأس سعتها 100 mL

اجراءات السلامة



تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الماغنيسيوم المشتعل؛ لأن وهج الضوء يؤذى العين، وتجنب حمل المواد الساخنة حتى تبرد.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. دون القياسات كلها في جدول البيانات.
3. ضع الحلقة الدائرية على الحامل على ارتفاع 7cm فوق لهب بنزن، ثم ضع المثلث الخففي عليها.
4. قس كتلة البوتقة بعد تنظيفها وتجفيفها.
5. لف 25cm من شريط الماغنيسيوم على شكل كروي، ثم قس كتلة شريط الماغنيسيوم والبوتقة معاً.
6. ضع البوتقة على المثلث، وسخنها بواسطة اللهب (يجب أن يكون رأس اللهب قرب البوتقة).
- 7.أغلق اللهب بنزن عندما يبدأ الماغنيسيوم في الاحتراق بشعلة بيضاء ساطعة، ثم دع البوتقة حتى تبرد، وقس كتلة نواتج احتراق الماغنيسيوم والبوتقة.
8. ضع المكونات الصلبة الجافة في الكأس.
9. أضف 10 mL من الماء المقطر إلى الكأس وحرك الخليط جيداً، ثم افحص المخلوط بواسطة جهاز الموصولة الكهربائية.

دليل مراجعة الفصل

الفكرة (العامة) تربط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

٤-١ تكوُّن الأيون

المفاهيم الرئيسية

تكون بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. يعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي ملوءاً بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.

ت تكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها. يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتاً في أثناء عملية تكوين الأيون.

الفكرة الرئيسية تكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثنائي الأكثر استقراراً.

المفردات

الرابطة الكيميائية
الأنيون
الكاتيون

٤-٢ الروابط والمركبات الأيونية

المفاهيم الرئيسية

- الرابطة الكيميائية قوة تربط بين ذرتين.

تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات. ترتب 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 مصاہير توصل التيار الكهربائي. تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

الفكرة الرئيسية تجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

المفردات

الرابطة الأيونية
الإلكتروليت
الشبكة البلورية
طاقة الشبكة البلورية

٤-٣ صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

المفاهيم الرئيسية

تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني. يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبر شحنته عن عدد تأكسده. تعبر 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.

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

٤-٤ الروابط الفلزية وخواص الفلزات

المفاهيم الرئيسية

ت تكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرقة حرقة.

تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.

يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.

ت تكون السبايك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

الفكرة الرئيسية تكون الفلزات شبكات بلورية، ويمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ حرقة حرقة.

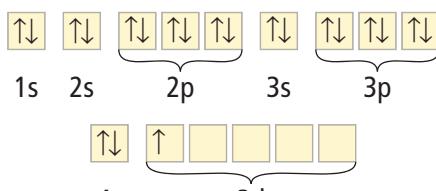
المفردات

نموذج بحر الإلكترونات • الرابطة الفلزية
الإلكترونات حرقة • السبيكة

4-1

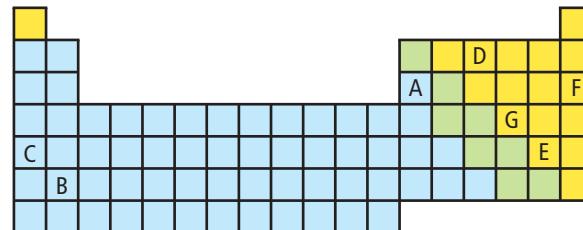
إتقان المفاهيم

54. وضح كيف يتكون أيون النيتروجين السالب؟
55. كلما زاد نشاط الذرة ارتفعت طاقة الوضع لها. فأيهما له طاقة وضع أكبر: النيون أم الفلور؟ فسر إجابتك.
56. اشرح كيف تكون ذرة الحديد أيون حديد Fe^{2+} ، وأيون الحديد Fe^{3+} أيضاً؟
57. تنبأ بالنشاط الكيميائي لذرات العناصر الآتية استناداً إلى توزيعها الإلكتروني:
- a. البوتاسيوم
 - b. الفلور
 - c. النيون
58. اشرح تكوين أيون الإسكانديوم Sc^{3+} اعتماداً على رسم مربعات المستويات الموضح في الشكل 4-15.



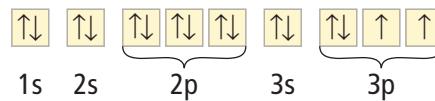
الشكل 4-15

45. كيف تتكون الأيونات الموجبة والسالبة؟
46. متى تتكون الروابط الأيونية؟
47. لماذا تكون المالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسر إجابتك.
48. يوضح الشكل 4-13 العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر، وتعرف الأيون الذي يكونه.



الشكل 4-13

49. نقاش أهمية طاقة التأين عند تكوين الأيونات.
50. يوضح الشكل 4-14 رسم مربعات مستويات الكبريت. اشرح كيف يكون الكبريت أيونه؟



الشكل 4-14

إتقان حل المسائل

59. ماذا يعني مصطلح متعادل كهربائياً عند مناقشة المركبات الأيونية؟
60. وضح كيف تتكون الروابط الأيونية؟
61. وضح لماذا لا يتحد البوتاسيوم والنيون لتكوين مركب؟
62. نقاش باختصار ثلاث خواص فيزيائية للمواد الصلبة الأيونية التي ترتبط في روابط أيونية.
63. صفات البلورة الأيونية، واسرح لماذا تختلف أشكال بلورات المركبات الأيونية؟
64. يظهر في الشكل 4-13 الرمز B وهو للباريوم، والرمز E وهو للليود. اشرح لماذا لا يكون ناتج تفاعل هذين العنصرين يوديد الباريوم BaI ؟

51. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من العناصر الآتية؟

- a. السيزيوم
- b. الخارصين
- c. الروبيديوم
- d. الإستراتشيوم
- e. الجاليوم

52. وضح لماذا لا تكون الغازات النبيلة روابط كيميائية؟
53. وضح كيف يتكون أيون الباريوم الموجب؟

4 تقويم الفصل

4

اتقان حل المسائل

75. متى يستخدم الرقم السفلي في صيغة 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.

اتقان حل المسائل

79. اكتب صيغة كل من المركبات الأيونية الآتية:

- a. يوديد الكالسيوم
- b. بروميد الفضة I
- c. كلوريد النحاس II
- d. بيرأيدات البوتاسيوم
- e. أسيتاتات الفضة I

80. سُمّ كلاً من المركبات الأيونية الآتية:

- K₂O .a
- CaCl₂ .b
- Mg₃N₂ .c
- NaClO .d
- KNO₃ .e

81. أكمل الجدول 13-4 ببيانات الناقصة.

الجدول 13-4 تعرُّف المركبات الأيونية

الصيغة الكيميائية	الاسم	الأنيون (الأنيون السالب)	الكاتيون (الأنيون الموجب)
	كربونات الأمونيوم		
PbF ₂			
	بروميد الليثيوم		
Na ₂ CO ₃			
		PO ₄ ³⁻	Mg ²⁺

اتقان حل المسائل

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 الإسترانيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

66. انظر الشكل 13-4، ثم صِف المركب الأيوني الذي يكوّنه العنصران C و D.

67. وضِّحْ كيف تتكون الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين؟

68. وضِّح بالرسم تكون الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدماً رسم مربعات المستويات.

69. وضِّح بالرسم تكون الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. الموصلات: توصل المركبات الأيونية التيار الكهربائي في ظروف محددة. وضِّح هذه الظروف، وفسر لماذا لا توصل المركبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

71. أي المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه: Na₂S ، CaKr ، MgF₃ ، BaCl₃؟ فسر إجابتك.

72. استخدم الجدول 5-4 لتحديد المركب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار: MgO ، KI ، AgCl ، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: (CsCl) أو (KCl) أو (CaO)؟ فسر إجابتك.

4-3

اتقان المفاهيم

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

4

تقدير الفصل

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 والكربون والزرنيخ والفسفور 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 صيغة المركبات الأيونية الآتية؟

a. كبريتيد الصوديوم

b. كلوريد الحديد III

c. كبريتات الصوديوم

d. فوسفات الكالسيوم

e. نترات الخارصين

98. يكون الكوبالت - وهو عنصر انتقالي - أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضاً. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكسيد الكوبالت التي تتكون من كل الأيونين.

99. أكمل الجدول 4-15

الجدول 4-15 بيانات العنصر والإلكترون والأيون

الأيون الناتج	إلكترونات التكافؤ	العنصر
		السيليسيوم
		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 صحيح؟ 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 السالب	الأيون الموجب
SO_3^{2-}	K^+
I^-	NH_4^+
NO_3^-	Fe^{3+}

4-4

تقان المفاهيم

85. صنف الرابطة الفلزية.

86. اشرح باختصار لماذا تُصنَّع السبائك المعدنية؟

87. صنف باختصار كيف تفسر الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟

88. فسر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

تقان حل المسائل

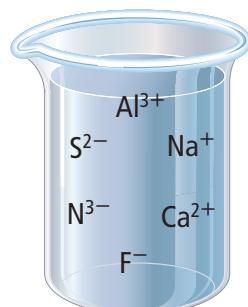
89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟

90. الفضة اشرح باختصار لماذا يعد عنصر الفضة موصلًا جيدًا للكهرباء؟

91. الفولاذ اشرح باختصار لماذا يستخدم الفولاذ - أحد سبائك الحديد - في دعائم هيكل العديد من المباني؟

4 تقويم الفصل

a. أسيتات النحاس b. أكسيد الصوديوم الثنائي



الشكل 4-16

110. طبق تفحص الأيونات في الشكل 4-16، وحدد مركبين يمكن أن يتكونا من الأيونات الموجودة، واشرح كيف يحدث ذلك؟

111. طبق البراسيوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتكون كلوريد البراسيوديميوم III. كما تفاعل مع حمض النيتريك ليكون نترات البراسيوديميوم III. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسيوديميوم هو $[Xe]4f^36s^2$

a. فتفحص التوزيع الإلكتروني، واشرح كيف يكون البراسيوديميوم الأيون $+3$ ؟

b. واتكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركبين اللذين يكونهما عنصر البراسيوديميوم.

112. كون فرضية تفحص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وصنع 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 الخل والوصلات 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 يتفتت كلوريد الصوديوم عند طرقه بالقوة نفسها. ما سبب هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصلبتين؟

105. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية؟



التفكير الناقد

106.صمم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكل من المركبات الأيونية والمواد الفلزية الصلبة.

107. توقع: تفحص كلاً من الأزواج الآتية، ثم بین المادة الصلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسر إجابتك.



108. قارن بين الأيونين الموجب والسلبي.

109. لاحظ ثم استنتاج حدّ الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمم مخططاً توضيحيًا لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

تقدير إضافي

الكتاب في ← الكيمياء

121. الجنور الحرة يعتقد الكثيرون من الباحثين أن الجنور الحرة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجنور 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 الائنة عشر

الأكثر شيوعاً في البحر

إجمالي المواد الصلبة المذابة (%)	التركيز (mg/dm ³)	الأيون
55.04	19,000	Cl ⁻
30.42	10,500	Na ⁺
7.69	2655	SO ₄ ²⁻
3.91	1350	Mg ²⁺
1.16	400	Ca ²⁺
1.10	380	K ⁺
0.41	140	CO ₃ ²⁻
0.19	65	Br ⁻
0.06	20	BO ₃ ³⁻
0.02	8	SiO ₃ ²⁻
0.02	8	Sr ²⁺
0.003	1	F ⁻

123. بين الأيونات الموجبة والسلبية 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 البحر. تعرّف أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

115. حلل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحضير

116. المركبات الأيونية يعد الكريسويريل من المعادن الشفافة أو شبه الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متلائماً اللون، ويكون من أكسيد الألومنيوم والبريليوم BeAl_2O_4 . حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا المركب، واشرح طريقة تكوّنه.

مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكربون؟

118. قارن بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، واشرح سبب هذا الاختلاف.

119. ما العناصر الانتقالية؟

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

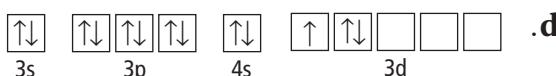
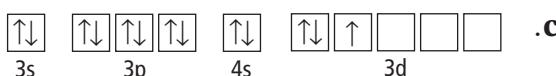
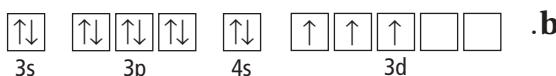
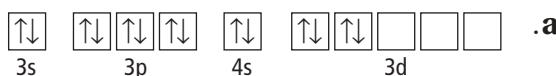
- a. هالوجين له ثانٍ أقل كتلة.
- b. شبه فلز له أقل رقم دورة.
- c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.
- d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة.
- e. لافلز في المجموعة 15 صلب عند درجة حرارة الغرفة.

اختبار مقتني

5. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لمركب كبريتات الكروم III؟

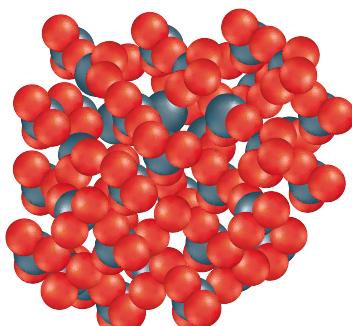


6. أي رسوم مربعات المستويات لعنصر الفناديوم في الشكل أدناه يعد صحيحاً؟



أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أي حالات المادة يمثلها هذا الشكل؟

a. الصلبة؛ لأن الدقائق متراصة جداً.

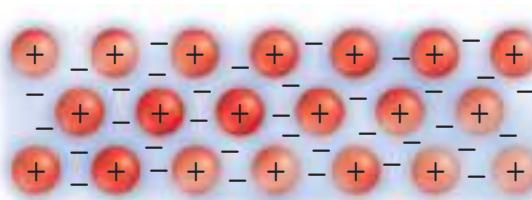
b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.

c. الصلبة؛ لأن النموذج شكلاً ثابتاً محدداً.

d. السائلة؛ لأن الدقائق تتحرك بعضها فوق بعض.

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1



1. أي الأوصاف الآتية ينطبق على النموذج الذي يظهر في الشكل أعلاه؟

a. الفلزات مواد لامعة وقدرة على عكس الضوء.

b. الفلزات جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

c. المركبات الأيونية قابلة للطرق.

d. المركبات الأيونية جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

2. العبارة التي لا تنطبق على أيون Sc^{3+} هي أنه:

a. له توزيع إلكتروني يشبه التوزيع الإلكتروني للأرجون Ar .

b. عبارة عن أيون عنصر الإسكانديوم بثلاث شحنات موجبة.

c. يعد عنصراً مختلفاً عن ذرة Sc المتعادلة.

d. تم تكوينه بإزالة إلكترونات التكافؤ من Sc .

3. أي الأملاح الآتية تحتاج إلى أكبر مقدار من الطاقة لكسر الروابط الأيونية فيها؟

NaBr .c BaCl₂ .a

KI .d LiF .b

4. تتعلق جميع خواص كلوريد الصوديوم NaCl الآتية بقوة روابطه الأيونية ما عدا:

a. صلابة البلورة.

b. ارتفاع درجة الغليان.

c. ارتفاع درجة الانصهار.

d. انخفاض القابلية للذوبان.

اختبار مقتن

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 – 12.

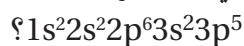
- a. صوديوم
- b. كروم
- c. بورون
- d. أرجون
- e. كلور

8. ما العنصر الذي يتنهي مداره الأخير بالمستوى الثانوي s^2 ؟

9. أي هذه العناصر له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

10. أيها يعد عنصراً انتقالياً؟

11. أي العناصر له التركيب الإلكتروني الآتي:

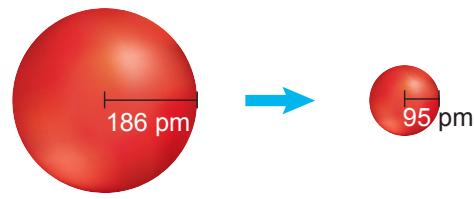


12. أيها غاز نبيل؟

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 بالرسوم أدناه للإجابة عن السؤال 14.



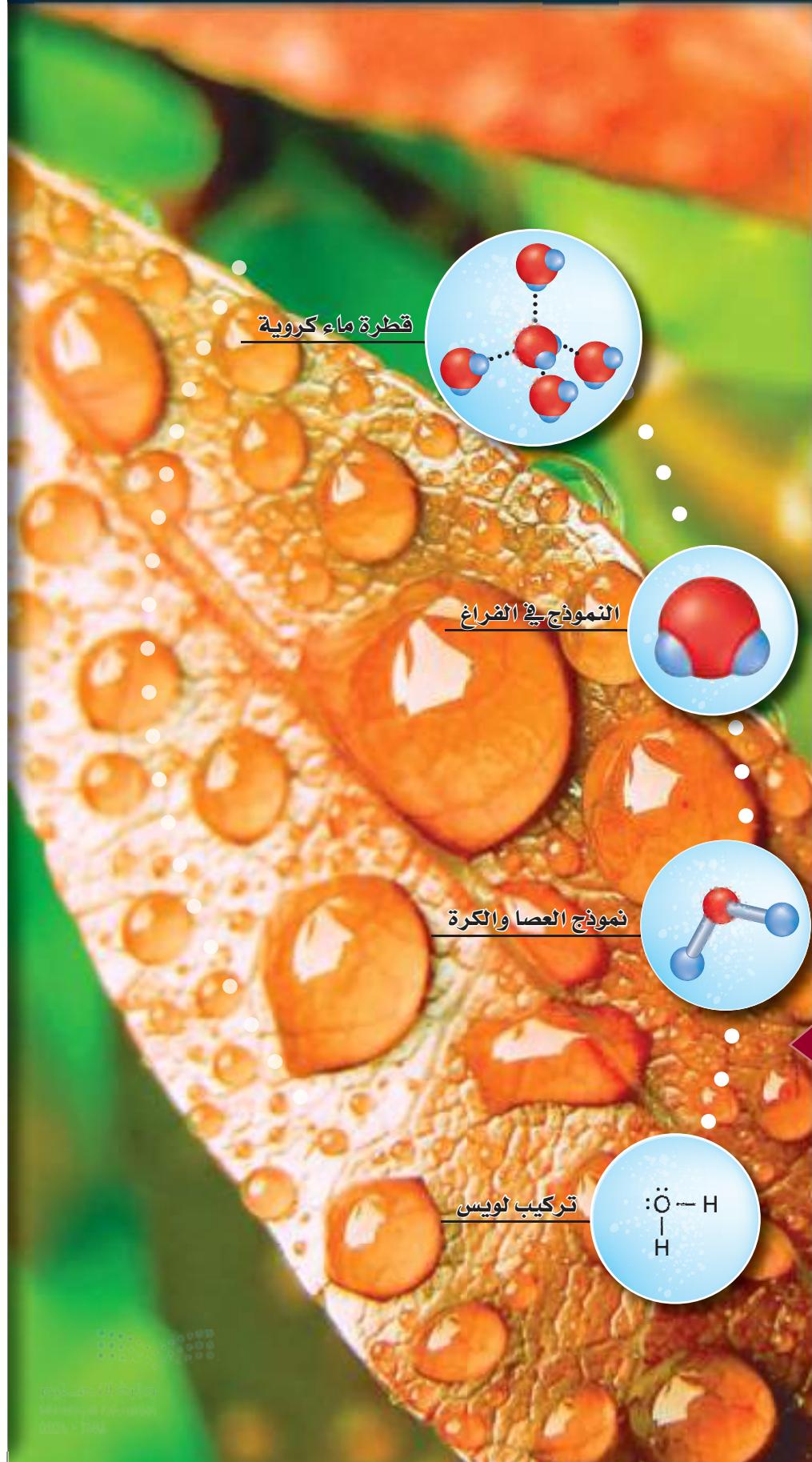
ذرة صوديوم
 $[Ne]3s^1$

أيون صوديوم
 $Na^+ [Ne]$

14. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الأيون والتغيرات التي تحدث عند تكون الأيون من ذرته المتعادلة عبر الجدول الدوري؟

الروابط التساهمية Covalent Bonding

5



الفكرة العامة ت تكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

5-1 الرابطة التساهمية

الفكرة الرئيسية تستقر ذرات بعض العناصر عندما تشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

5-2 تسمية الجزيئات

الفكرة الرئيسية تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية للذرات، والأحماض الثنائية للذرات، والأحماض الأكسجينية.

5-3 التراكيب الجزيئية

الفكرة الرئيسية تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معًا داخل الجزيء.

5-4 أشكال الجزيئات

الفكرة الرئيسية يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

5-5 الكهروسالبية والقطبية

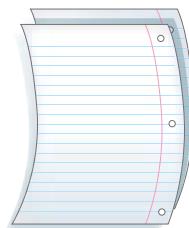
الفكرة الرئيسية يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة لإلكترونات في الرابطة.

حقائق كيميائية

- يعود الشكل الكروي ل قطرة الماء إلى قوة التوتر السطحي، بسبب القوى بين الجزيئات.
- تعمل قوة التوتر السطحي في الماء عمل غشاءٍ مرن على السطح. وتستطيع بعض الحشرات المشي على سطح هذا الغشاء الذي يكونه الماء.
- الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء تجعله سائلاً فريداً.

نشاطات تمهيدية

خواص الرابطة اعمل
المطوية الآتية لتساعدك
على تنظيم دراستك لأنواع
الروابط الرئيسية الثلاث.



المطويات

منظمات الأفكار

خطوة 1 ضع ورقتين إحداهما
فوق الأخرى، ودع حافة
إحداهما العلوية أسفل الحافة
الأخرى بـ 2cm تقريباً.



خطوة 2 اطه حافتي صفحات
الورق السفلية إلى الأعلى
لعمل ثلاثة أجزاء متساوية،
ثم اضغط على الشنتات
لتثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبت المطوية بدبوس كما في الشكل،
واكتب عنواناً لكل جزء على النحو الآتي:
خواص الرابطة، رابطة
تساهمية غير قطبية، رابطة
تساهمية قطبية، رابطة أيونية.

رابطة أيونية
تساهمية قطبية
تساهمية غير قطبية
خواص الرابطة

المطويات استعمل هذه المطوية في القسم 1-5،
ولخص ما تعلمته عن خواص الروابط، وكيف يؤثر
ذلك في خواص المركب الكيميائي؟

تجربة استهلاكية

ما نوع المركب المستخدم لعمل كرة مميزة؟

تصنع هذه الكرات في الغالب من مركب يدعى أكسيد السليكون
العضوي $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2\text{O}$.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. غط الطاولة بالمناديل الورقية، وضع فوقها كوبًا ورقًا.
والبس القفازين.

3. قس 20.0mL من محلول سليكات الصوديوم بالمخار
الدرج وصبّها في الكوب. وأضف إلى الكوب قطرة
من ملوّن الطعام و 10.0mL من الإيثانول، ثم حرك
المحتويات جيداً مدة 3 ثوانٍ في اتجاه عقارب الساعة.

تحذير: إياك أن تضع الإيثانول قرب اللهب أو أي مصدر
آخر للشرار؛ لأن بخاره قابل للانفجار.

4. صب الخليط في راحة اليد وأنت لا تزال تلبس القفازات
وتعمل فوق الطاولة المغطاة بمناديل الورق، ثم اضغط
برفق على السائل عندما يبدأ في التصلب.

5. كور العجينة في راحة اليد لتصنع كرة، ثم أسقطها على
الأرض، وسجل ملاحظاتك.

6. احفظ الكرة في مكان معزول عن الهواء؛ لأنك ستحتاج إلى
تشكيّلها قبل استخدامها مرة أخرى.

تحليل النتائج

1. صف خواص الكرة التي شاهدتها.

2. قارن بين الخواص التي شاهدتها وخواص المركب الأيوني.

استقصاء ما عدد الإلكترونات التي يحتاج إليها كل من السليكون
والأكسجين للوصول إلى حالة الثنائية؟ وإذا كانت كلتا الذرتين
بحاجة إلى اكتساب الإلكترونات فكيف يكونان رابطة معاً؟



الأهداف

- تطبق القاعدة الشهانية على الذرات التي تكون روابط تساهمية.
- تصف كيفية تكون الرابطة التساهمية الأحادية، والثنائية والثلاثية.
- تقارن بين روابط سيجما وروابط باي.
- تربط بين قوة الرابطة التساهمية وطواها وطاقة تفككها.

الرابطة التساهمية

The Covalent Bond

الفكرة الرئيسية تستقر ذرات بعض العناصر عندما تتشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

الربط مع الحياة لعلك أردت يوماً أن تشتري كرة تلعب بها أنت وأصدقاؤك، إلا أن المبلغ الذي معك لا يكفي لشرائها، وعندئذ شاركك أحد أصدقائك بالمثل المتبقي لشراء الكرة. إن هذا يشبه تشارك الذرات بالإلكترونات لتكوين مركبات تساهمية.

What is a covalent bond?

ما الرابطة التساهمية؟

تشترك بعض الذرات بالإلكترونات ليستقر توزيعها الإلكتروني. فكيف يحدث ذلك؟ وهل هناك طرائق مختلفة تتيح المشاركة بالإلكترونات؟ وكيف تختلف خواص هذه المركبات عن المركبات التي تتكون من الأيونات؟

الإلكترونات المشتركة تشارك الذرات في المركبات غير الأيونية في الإلكترونات، كما في جزيئات قطرات الماء في الشكل 1-5. وتسمى الرابطة الكيميائية التي تنتج عن مشاركة كلاً من الذرتين الداخليتين في تكوين الرابطة بزوج إلكتروني واحد أو أكثر من الأزواج الإلكترونية الرابطة التساهمية. ويكون **الجزيء** عندما ترتبط ذرتان أو أكثر برابطة تساهمية. وتعد الإلكترونات المشتركة في تكوين الرابطة جزءاً من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلاً من الذرتين المشتركتين. وعادة ما تكون الروابط التساهمية بين ذرات اللافلزات المجاورة في الجدول الدوري.

تكون الروابط التساهمية تكون الجزيئات الثنائية الذرات - ومنها الهيدروجين (H_2) والنيتروجين (N_2)، والأكسجين (O_2)، والفلور (F_2)، والكلور (Cl_2)، والبروم (Br_2)، واليود (I_2) - عندما تشارك ذرتان من نفس العنصر في إلكترونات التكافؤ، حيث أن الجزء المكون من ذرتين أكثر استقراراً من الذرة في حالتها الفردية.

مراجعة المفردات

الرابطة الكيميائية القوة التي تربط ذرتين معاً.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية

الجزيء

تركيب لويس

رابطة سيجما σ

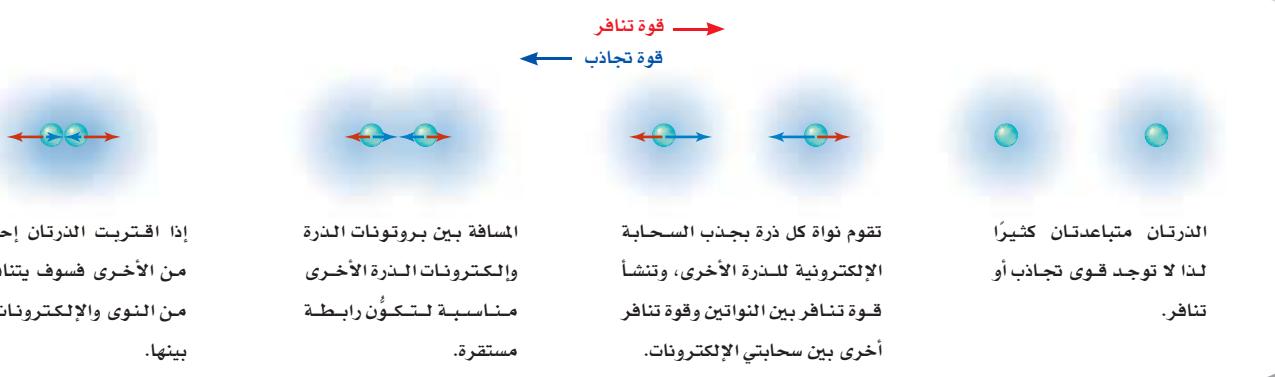
رابطة باي π

تفاعل ماض للطاقة

تفاعل طارد للطاقة



الشكل 1-5 تكون كل قطرة ماء من جزيئات يحتوي كل منها على ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين واحدة، وترتبط فيما بينها برابطة تساهمية. وتتشكل قطرة بحسب القوى بين الجزيئية.



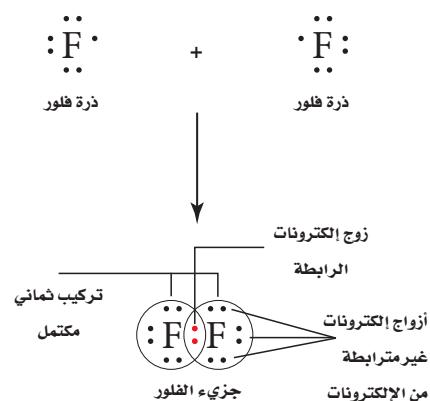
الشكل 2-5 تبيّن الأسماء في الأشكال أعلاه محصلة قوى التجاذب والتناصر بين ذرتي فلور عندما تقترب إحداهما من الأخرى. إن القوة الإجمالية بين الذرتين هي محصلة قوى التناصر بين الإلكترون والكترون، والتناصر بين نواة ونواة، والتجاذب بين نواة والكترون. وتكون الرابطة التساهمية عندما تكون محصلة قوى التجاذب أعلى ما يمكن.

اربطة كيف يرتبط استقرار الرابطة مع القوى التي تؤثر في الذرات؟

وباستعراض الفلور نجد أن له التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^5$ ، حيث لكل ذرة فلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد لتصل إلى الحالة الشهانية. وعندما تقترب ذرتا فلور تحت تأثير العديد من القوى - كما في **الشكل 2-5** - تولد قوتا تناصر تؤثران في الذرتان، إحداهما بين الإلكترونات الذرتين، والأخرى بين بروتونات الذرتين أيضاً. كما تنشأ أيضاً قوة تجاذب بين بروتونات إحدى الذرتين وإلكترونات الذرة الأخرى. وكلما اقتربت ذرات الفلور بعضها من بعض زادت قوة التجاذب بين بروتونات أحدهما مع إلكترونات الأخرى إلى أن تصل إلى نقطة تكون عندها محصلة قوى التجاذب أكبر من محصلة قوى التناصر، وعندئذ تربط الذرتان برابطة تساهمية، ويكون الجزيء. أما إذا اقتربت الذرتان إحداهما من الأخرى أكثر من ذلك فسوف تتغلب قوى التناصر على قوى التجاذب.

يحدث الترتيب الأكثر استقراراً والأمثل للذرتان في الرابطة التساهمية عند أفضل مسافة بين نواقي الذرتين. حيث تصبح محصلة قوى التجاذب عند هذه النقطة أكبر من محصلة قوى التناصر. يوجد الفلور على شكل جزيئات ثنائية الذرات، لأن مشاركة زوج من الإلكترونات يعطي كل ذرة فلور التوزيع الإلكتروني الشبيه بالتوزيع الخاص بالغاز النبيل. ويوضح **الشكل 3-5** أن لكل ذرة فلور في جزيء الفلور زوجاً واحداً من الإلكترونات المشتركة، وثلاثة أزواج من الإلكترونات غير المترابطة التي لا تشارك في تكوين الرابطة.

الشكل 3-5 تشارك ذرتا فلور في زوج من الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية. لاحظ أن زوج الإلكترونات المشتركة قد جعل الإلكترونات المدار الأخير ثمانية إلكترونات.



مقارنة درجات الانصهار

7. أدر مفتاح التسخين عند أعلى درجة حرارة واطلب إلى أحد الزملاء البدء في قياس زمن التسخين مستخدماً ساعة إيقاف.
8. راقب المركبات في أثناء فترة التسخين، وسجل أيها ينصهر أولاً، ووفق أي ترتيب.

- 9.أغلق جهاز التسخين بعد انقضاء 5 دقائق، وارفع الطبق بالملقط أو القفازات الخاصة بذلك.
10. دع الطبق حتى يبرد ثم تخلص منه بالطريقة الصحيحة.

تحليل النتائج

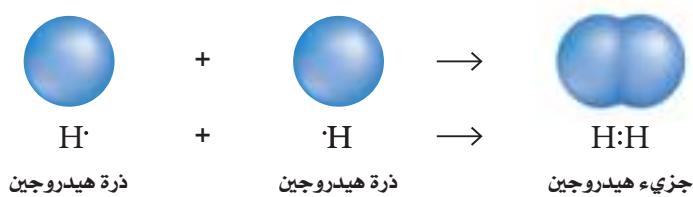
1. اذكر أي المركبات انصهر أولاً؟ وأيها لم ينصهر؟
2. طبق استناداً إلى النتائج والمشاهدات، صف درجة انصهار كل مادة صلبة باستخدام أحد الخواص الآتية: منخفضة، متوسطة، مرتفعة، مرتفعة جداً.
3. استنتج أي المركبات تحتوي على روابط أيونية، وأيها تحتوي على روابط تساهمية؟
4. لخص كيف يؤثر نوع الرابطة في درجة انصهار المركبات؟

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
 - صمم جدولًا لتسجيل بيانات التجربة.
 - اعمل ثلاثة فجوات بسيطة ومتاوية (A و B و C) في قاع طبق من الألومنيوم مستعيناً بقلم مناسب (قلم تخطيط مثلاً).
 - ضع الطبق على السخان الكهربائي.
- تحذير:** تعامل بحذر عند تسخين الوعاء.
- احصل من معلمك على عينات من كل من بلورات السكر ($C_{12}H_{22}O_{11}$)، وبلورات الملح ($NaCl$)، وشمع البارافين ($C_{23}H_{48}$)، وضعها في الفجوات على الترتيب.
 - توقع الترتيب الذي ستنصهر به المركبات عند تسخينها.

الروابط التساهمية الأحادية Single Covalent Bonds

عندما يشتراك زوج واحد من الإلكترونات في تكوين رابطة، كما في جزيء الهيدروجين تعرف هذه الرابطة باسم الرابطة التساهمية الأحادية. وعادة ما يشار إلى زوج الإلكترونات المشتركة بزوج إلكترونات الرابطة. وفي حال جزيء الهيدروجين المبين في الشكل 4-5 تقوم كل ذرة هيدروجين بجذب زوج إلكترونات الرابطة بالقدر نفسه. لذا يتضمن كلاً الإلكترونين المشتركيين إلى كل من الذرتين في الوقت نفسه، مما يعطي كل ذرة هيدروجين في الجزيء التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل $1s^2$ ، فيصبح جزيء الهيدروجين أكثر استقراراً من أي ذرة من ذرات الهيدروجين المنفردة. يوضح التمثيل النقطي للإلكترونات تركيب لويس Lewis structure ترتيب إلكترونات التكافؤ في الجزيء، حيث يمثل كل خط أو زوج من النقط العمودية رابطة تساهمية واحدة. فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة جزيء الهيدروجين هكذا $H-H$ أو $H:H$.



الشكل 4-5 عندما تشارك ذرتا هيدروجين في زوج من الإلكترونات تحصل كل ذرة على مستوى طاقة خارجي مماثل بـ الإلكترونات، وتصبح مستقرة.

المجموعة 17 والروابط التساهمية الأحادية

تضم المجموعات - عناصر المجموعة 17 - ومنها الفلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد للوصول إلى حالة الشهانية إلكترونات. لذا تكون ذرات عنصر المجموعة 17 رابطة تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها الكربون. وكما سبق، فقد قرأت أن ذرات عنصر المجموعة 17 تكون روابط تساهمية مع ذرات من النوع نفسه. فعلى سبيل المثال، يوجد الفلور على صورة F_2 ، والكلور على صورة Cl_2 .

المجموعة 16 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع ذرات عنصر المجموعة 16 أن تشارك بـإلكترونين وتكون رابطتين تساهليتين. فالأكسجين أحد عناصر المجموعة 16 وتوزيعه الإلكتروني هو $1s^2 2s^2 2p^4$ ، حيث يدخل الأكسجين في تركيب الماء الذي يتكون من ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين. ويصبح لكل ذرة هيدروجين التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل نفسه عندما تشارك في إلكترون مع ذرة الأكسجين، كما يصبح لذرة الأكسجين التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (نيون) عندما تشارك في إلكترون واحد مع كل ذرة هيدروجين. ويوضح الشكل 5a تركيب لويس لجزيء الماء. لاحظ أن لذرة الأكسجين رابطتين تساهليتين أحاديتين وزوجين من الإلكترونات غير المترابطة.

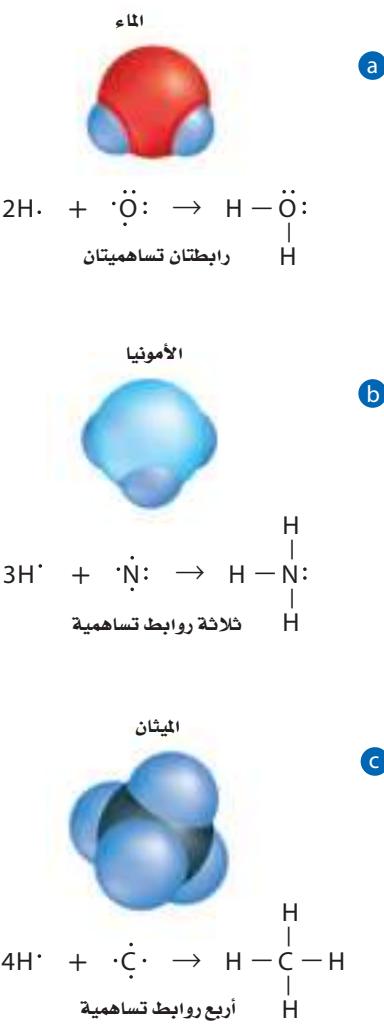
المجموعة 15 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 15 أن تكون ثلاثة روابط تساهمية مع ذرات اللافلز. فالنيتروجين من عناصر المجموعة 15 وتوزيعه الإلكتروني هو $1s^2 2s^2 2p^3$. ولغاز الأمونيا (النشادر) NH_3 ثلاثة روابط تساهمية أحادية، حيث ترتبط ثلاثة إلكترونات من النيتروجين بثلاث ذرات من الهيدروجين تاركة زوجاً وحيداً من الإلكترونات غير المشتركة على ذرة النيتروجين. ويوضح الشكل 5b تركيب لويس لجزيء الأمونيا. ويستطيع النيتروجين أيضاً تكوين مركبات مشابهة للأمونيا عند اتحاده بذرات عنصر المجموعة 17، مثل NF_3 ثلاثي فلوريد النيتروجين وثلاثي كلوريد النيتروجين NCl_3 ، وثلاثي بروميد النيتروجين NBr_3 . وتشارك كل ذرة من عناصر المجموعة 17 مع ذرة نيتروجين من خلال زوج واحد من الإلكترونات.

المجموعة 14 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 14 أن تكون أربع روابط تساهمية. ويكون جزيء الميثان CH_4 عندما ترتبط ذرة كربون واحدة بأربع ذرات هيدروجين. وللкарbon وهو عنصر في المجموعة 14 - التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^2$ ، وبواقع أربعة إلكترونات تكافؤ. لذا يحتاج الكربون إلى أربعة إلكترونات ليصل إلى التوزيع الإلكتروني المشابه للغازات النبيلة. لذا، عندما يتحد الكربون بالذرات الأخرى يكون أربع روابط. ولأن الهيدروجين، من عناصر المجموعة الأولى، ولله إلكترون تكافؤ واحد فإن ذرة الكربون تحتاج إلى أربع ذرات هيدروجين للحصول على أربعة إلكترونات تحتاج إليها. ويوضح الشكل 5c تركيب لويس للميثان. كذلك يكون الكربون أربع روابط تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها عناصر المجموعة 17.

ماذا قرأت؟ صف كيف يرمز تركيب لويس للرابطة التساهمية؟



الشكل 5-5 توضح هذه المعادلات الكيميائية كيف تشارك الذرات في الإلكترونات وتصبح مستقرة. كما يوضح نموذج لويس، كيف تحصل كل ذرة في الجزيء على مستوى طاقة خارجي ممتنئ.

صف كيف تصل الذرة المركزية للقاعدة الشهانية؟

مثال 1

تركيب لويس للجزيء تم عمل الرسم المبينة في الشكل 6-5 على الزجاج بالمعالجة الكيميائية (الحفر) لسطح الزجاج بواسطة فلوريد الهيدروجين HF. ارسم تركيب لويس لجزيء فلوريد الهيدروجين.

1 تحليل المسألة

لقد علمت أن جزيء فلوريد الهيدروجين مكون من الفلور والهيدروجين. ولأن ذرة الهيدروجين - وهو عنصر في المجموعة 1 - لها إلكترون تكافؤ واحد فإنهما تستطيع الاتحاد بأي من الالفلزات من خلال المشاركة بزوج واحد من الإلكترونات. كما أن ذرة الفلور من عناصر المجموعة 17 تحتاج إلى إلكترون لتصل إلى حالة الشاهنية، لذلك تكون رابطة تساهمية أحادية عند اتحاد الهيدروجين والفلور.

2 حساب المطلوب

لكي نرسم تركيب لويس نبدأ بالتمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ لكل ذرة، ثم نعيد كتابة الرموز الكيميائية ونرسم خطأً بينهما لتوسيع زوج الإلكترونات المشتركة. وأخيراً نضيف النقط لتوسيع أزواج الإلكترونات غير المترابطة.

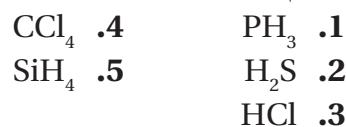


3 تقويم الإجابة

لكل ذرة في الجزيء التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل، وتكون في حالة الاستقرار.

مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس لكل جزيء مما يأتي:



4. تحضير ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد عنصرين أحدهما من عناصر المجموعة 1 والأخر من عناصر المجموعة 16.

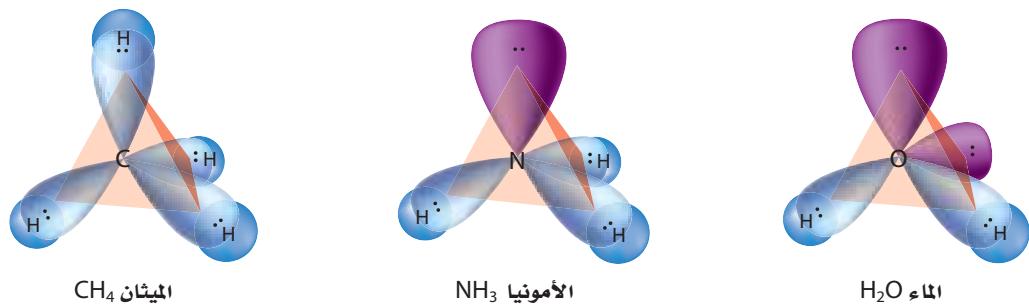


الشكل 6-5 تم حفر الزجاج الخشن الظاهر في الشكل كيميائياً باستعمال فلوريد الهيدروجين HF، وهو حمض ضعيف. يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع السليكا (أكسيد السليكون)، المكون الرئيس للزجاج وينتج عن ذلك SiF_4 والماء.

الرابطة سيجما 5 تسمى الروابط التساهمية الأحادية **روابط سيجما**، ويرمز إليها بالحرف الإغريقي σ . وتكون رابطة سيجا عندما تشارك ذرتان في الإلكترونات وتتدخل مستويات تكافؤهما تداخلاً رأسياً (رأساً مقابل رأس)، فتزداد الكثافة الإلكترونية في مستوى الرابط بين الذرتين. ويقع مستوى الرابط في المنطقة التي يكون احتمال وجود إلكترونات الرابطة فيها أكبر مما يكون. وتكون رابطة سيجا عندما يتداخل مستوى s مع مستوى p آخر أو مستوى d، أو عند تداخل مستوى p مع مستوى d آخر. ولجزئيات الماء H_2O ، والأمونيا NH_3 والميثان CH_4 روابط سيجا، كما في الشكل 7-5.



ماذا قرأت؟ كون قائمة بالمستويات التي تكون رابطة سيجا في المركب التساهمي.



الشكل 7-5 تكونت روابط سيجما في كل من هذه الجزيئات عندما تدخلت مستويات ذرات الهيدروجين الذرية مباشرة (رأساً مقابل رأس) مع مستويات الذرة المركزية. استنتج ما أنواع المستويات التي تتدخل لتكون روابط سيجما في الميثان؟

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الروابط التساهمية المتعددة Multiple Covalent Bonds

تكتسب الذرات في بعض الجزيئات التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة عندما تشتراك بأكثر من زوج من الإلكترونات مع ذرة أخرى أو أكثر. ويتتج عن المشاركة بأكثر من زوج من الإلكترونات الروابط التساهمية المتعددة. فالروابط التساهمية الثنائية والثلاثية أمثلة على ذلك. وفي العادة تكون ذرات الكربون والنيدروجين والأكسجين والكبريت روابط تساهمية متعددة مع اللافلزات. فكيف تعرف متى تكون ذرتان رابطة متعددة؟ إن عدد الإلكترونات التكافؤ التي تحتاج إليها ذرة العنصر للوصول إلى الحالة الثانوية يكون مساوياً لعدد الروابط التساهمية الممكن تكوينها.

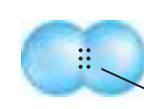
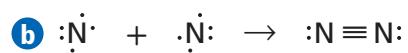
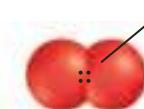
الروابط الثنائية تكون هذه الروابط عندما تشتراك ذرتان بزوجين من الإلكترونات فيما بينهما. فعلى سبيل المثال، يوجد الأكسجين على شكل جزيئات ثنائية الذرات. ويوضح الشكل 5-8a أن لكل ذرة أكسجين ستة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الخاص بالغاز النبيل. لذا تكون الرابطة التساهمية الثنائية عندما تقوم كل ذرة بالمشاركة بإلكترونين، ليصل المجموع إلى زوجين من الإلكترونات المشتركة بين الذرتين.

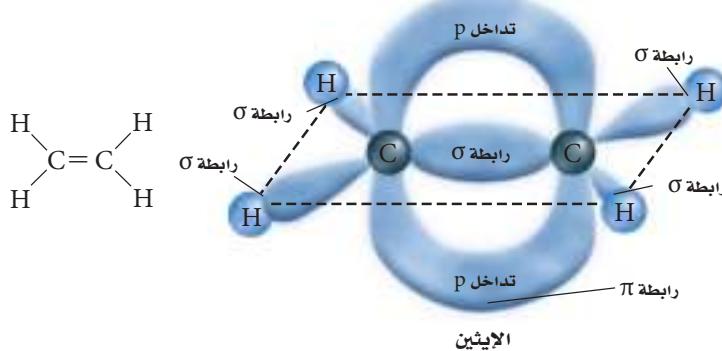
الروابط الثلاثية تكون هذه الروابط عندما تشتراك ذرتان في ثلاثة أزواج من الإلكترونات فيما بينهما. ويحتوي النيتروجين N_2 الثنائي الذرات على رابطة تساهمية ثلاثية. ويوضح الشكل 5-8b أن كل ذرة نيدروجين تشتراك بثلاثة إلكترونات لتكون رابطة تساهمية ثلاثية مع ذرة نيدروجين أخرى.

الرابطة باي π تتألف الرابطة التساهمية المتعددة من رابطة سيجاً واحدة ورابطة باي واحدة على الأقل، ويرمز إليها بالرمز الإغريقي π . وتكون هذه الرابطة عندما تتدخل مستويات p الفرعية المتوازية تدالحاً متوازياً وتشترك في الإلكترونات. وتشغل أزواج الإلكترونات المشاركة في رابطة باي المكان أو الفراغ أعلى الخط الذي يمثل اتحاد الذرتين معًا وأسفله.

الشكل 8-5 تكون الروابط التساهمية المتعددة عندما تشتراك ذرتان بأكثر من زوج من الإلكترونات:

- تكون ذرتان من الأكسجين رابطة ثنائية.
- تكون ذرتان من النيتروجين رابطة ثلاثية.





الشكل ٩-٥ لاحظ كيف تتكون الرابطة التساهمية المتعددة بين ذرتى الكربون في الإيثين C_2H_4 من رابطة سيجما ورابطة باي. تقترب ذرتان من الكربون إداهما من الأخرى لدرجة تسمح بالتدخل بشكل متوازي (جنبًا إلى جنب) بين مستويات p الفرعية. وينتج عن ذلك رابطة باي π .

من المهم أن نلاحظ أن الجزيئات التي لها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وروابط باي أيضًا. فالرابطة التساهمية الثنائية الموضحة في الشكل ٩-٥ تتألف من رابطة باي واحدة ورابطة سيجما واحدة. أما الرابطة التساهمية الثلاثية فت تكون من رابطي باي ورابطة سيجما واحدة.

قوة الروابط التساهمية The Strength of Covalent Bonds

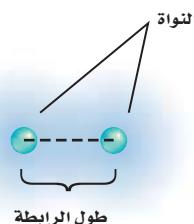
تذكّر أن الرابطة التساهمية تتضمن قوى التجاذب وقوى تنافر. وفي الجزيء تتجاذب النوى مع الإلكترونات، وتتنافر النوى مع النوى الأخرى، كما تتنافر الإلكترونات مع الإلكترونات الأخرى أيضًا. وعندما يختل هذا التوازن بين قوى التجاذب والتنافر يمكن كسر الرابطة التساهمية. ولاختلاف الروابط التساهمية في قوتها يسهل كسر بعض الروابط أكثر من غيرها. وهناك عدة عوامل تؤثر في قوة الرابطة التساهمية.

طول الرابطة تعتمد قوة الرابطة التساهمية على المسافة بين النواتين. وتعرف المسافة بين نواعي الذرتين المترابطتين بطول الرابطة، كما في الشكل ١٠-٥، حيث تعتمد قوة الرابطة على طول الرابطة وقوية التجاذب بين الذرتين، ويحدد ذلك بحجم الذرتين المترابطتين، وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة. ويوضح الجدول ١-٥ قائمة بأطوال الروابط لجزيئات الفلور F_2 والأكسجين O_2 والنيدروجين N_2 . لاحظ أنه كلما زاد عدد الإلكترونات المشتركة قصرت الرابطة. إن طول الرابطة وقوتها مرتبان أحدهما مع الآخر؛ فكلما قصر طول الرابطة كانت أقوى. فالرابطة الأحادية للفلور F_2 أضعف من الرابطة الثنائية للأكسجين O_2 ، وكذلك الرابطة الثنائية للأكسجين أضعف من الرابطة الثلاثية للنيدروجين.

ماذا قرأت؟ حدد العلاقة بين نوع الرابطة التساهمية وطولها.

نوع وطول الرابطة التساهمية		الجدول ٥-١
طول الرابطة	نوع الرابطة	الجزيء
$1.43 \times 10^{-10} \text{ m}$	تساهمية أحادية	F_2
$1.21 \times 10^{-10} \text{ m}$	تساهمية ثنائية	O_2
$1.10 \times 10^{-10} \text{ m}$	تساهمية ثلاثة	N_2

الشكل ١٠-٥ يُقدر طول الرابطة بالمسافة بين مركزي نواعي الذرتين المترابطتين.





الشكل 5-11 يتطلب كسر رابطة C-C في الفحم النباتي وكسر رابطة O-O في أكسجين الهواء إلى إضافة طاقة. وعند احتراق الفحم في الأكسجين يتكون CO_2 . ويصاحب ذلك إطلاق الطاقة على شكل حرارة وضوء. لذا يعد حرق الفحم في الأكسجين تفاعلاً طارداً للحرارة.

طاقة تفكك الرابطة	الجدول 5-2
طاقة تفكك الرابطة	الجزيء
159 kJ/mol	F_2
498 kJ/mol	O_2
945 kJ/mol	N_2

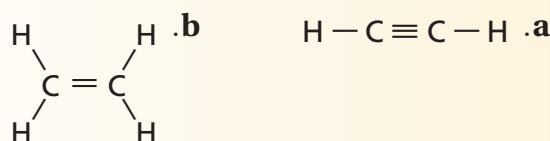
الطاقة والروابط يحدث تغير في الطاقة عند تكون أو تكسير الروابط بين ذرات الجزيئات. وتبعثر الطاقة عند تكون الرابطة، إلا أننا نحتاج إلى الطاقة لكسرها. وتعرف الطاقة اللازمة لكسر رابطة تساهيمية معينة بـ "طاقة تفكك الرابطة" وهي مقدار موجب. وبين الجدول 5-2 طاقة تفكك الروابط لجزئيات كل من الفلور والأكسجين والنيتروجين.

وتبيّن طاقة تفكك الرابطة قوّة الرابطة الكيميائية؛ بسبب العلاقة العكسيّة بين طول الرابطة وطاقتها. ويُشير الجدولان 5-1، 5-2، إلى أنه كلما قل طول الرابطة زادت طاقة تفكك الرابطة، وأن مجموع طاقات تفكك الروابط جميعها في جزيء من مركب ما يساوي مقدار الطاقة الكيميائية الكامنة في ذلك الجزيء. ويُحدّد إجمالي طاقة التفاعل الكيميائي بمقدار طاقة تفكك الروابط ومقدار طاقة تكونها. ويحدث التفاعل الماصل للطاقة عندما يكون مقدار الطاقة المطلوبة لتفكيك الروابط الموجودة في الماء المتفاعلة أكبر من مقدار الطاقة الناتجة عن تكون الروابط الجديدة في الماء الناتجة. أما التفاعل الطارد للطاقة فيحدث عندما تكون الطاقة المنبعثة في أثناء تكون روابط الماء الناتجة أكبر من الطاقة المطلوبة لتفكيك روابط الماء المتفاعلة. انظر الشكل 5-11.

التقويم 5-1

الخلاصة

7. **الفكرة الرئيسية** حدد نوع الذرات التي تكون في الغالب روابط تساهيمية.
8. صُف كيف تتطبق القاعدة الثانية على روابط تساهيمية؟
9. اشرح باستخدام تركيب لويس كيف تكون رابطة تساهيمية الأحادية والثنائية والثلاثية؟
10. قارن بين الرابطة الأيونية والرابطة تساهيمية.
11. قارن بين روابط سيجما وروابط باي.
12. طبق استعلن بالجداول 5-1 و 5-2، لرسم منحنى بياني يمثل طاقة الرابطة مقابل طول الرابطة، ثم صُف العلاقة بينهما.
13. توقع طاقة تفكك الروابط تساهيمية نسبياً لكل ما يأتي:



- تتكون روابط تساهيمية عندما تشتراك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- يتبع عن المشاركة بزوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات روابط تساهيمية أحادية أو ثنائية، أو ثلاثة على الترتيب.
- تتكون روابط سيجما نتيجة التداخل الرئيسي للمستويات. أما روابط باي فت تكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وتتكون الرابطة تساهيمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما ورابطة باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بمسافة بين نواتي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

الأهداف

- ١ ترجم الصيغة الجزيئية إلى أسماء للمركبات الجزيئية الثنائية الذرات.

- ٢ تسمى المحاليل الحمضية.

مراجعة المفردات

الأيون الأكسجيني السالب:
أيون يتكون من مجموعة من الذرات، وأحد عناصره في الغالب لا فلز متعدد بذرة أو أكثر من الأكسجين.

المفردات الجديدة

الحمض الأكسجيني.

تسمية الجزيئات Naming Molecules

الفكرة الرئيسية تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الأكسجينية.

الربط مع الحياة تعلم أن والدة والدتك هي جدتك، وأن أخت والدك هي عمتك، بينما آخر والدتك يسمى خالك. وكما أن هذه العلاقات تحكمها قواعد في تسميتها فكذلك تحكم تسمية الجزيئات مجموعة من القواعد.

تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات

Naming Binary Molecular Compounds

هناك العديد من الأسماء الشائعة للمركبات الجزيئية، إضافة إلى أسمائها العلمية التي تبين تركيبها. فعند كتابة الصيغة الجزيئية وتسمية الجزيئات تستعمل خطوات شبيهة بتلك التي استخدمت في المركبات الأيونية.

لنبدأ أولاً بالمركبات الجزيئية الثنائية الذرات. لاحظ أن المركبات الجزيئية الثنائية الذرات تتكون من لافلزين فقط. فعلى سبيل المثال، توضح القواعد الآتية خطوات تسمية غاز أكسيد ثاني النيتروجين N_2O ، وهو غاز لا لون له يستخدم طيباً في التخدير لإجراء العمليات الجراحية، كما يستخدم في بعض الحالات الخاصة لعلاج الألم الحاد، أو لتقليل التوتر والاسترخاء قبل عمليات الأسنان الجراحية، إلا أن الاستخدام المزمن له يمكن أن يسبب أضراراً عصبية خطيرة وأحياناً دائمة.

١. يظهر اسم العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية أولاً، ويظهر اسم العنصر الأول كاملاً.
N هو رمز النيتروجين.

٢. يُسمى العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية باستخدام جذر الاسم مع إضافة مقطع (يد).

O رمز الأكسجين ويظهر باسم أكسيد.

٣. تُستخدم البادئات في التسمية لتحديد عدد ذرات كل عنصر في الصيغة الجزيئية، ويبين الجدول ٣-٥ قائمة بالبادئات الأكثر شيوعاً واستعمالاً. ونظراً إلى وجود ذري نيتروجين **تُستخدم البادئة "ثنائي".**

بادئات أسماء المركبات التساهمية		الجدول 5-3	
البادئة	عدد الذرات	البادئة	عدد الذرات
سادس (سداسي)	6	أول (أحادي)	1
سابع (سباعي)	7	ثاني (ثنائي)	2
ثامن (ثاني)	8	ثالث (ثلاثي)	3
تاسع (تساعي)	9	رابع (رباعي)	4
عاشر (عشاري)	10	خامس (خماسي)	5



تسمية مركبات الجزيئات الثنائية الذرات ما اسم المركب P_2O_5 الذي يستخدم مادةً مجففة تنص الماء؟

1 تحليل المسألة

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

2 حساب المطلوب

أولاً سُمّ عناصر المركب.

العنصر الأول يُسمى باسمه الكامل.

العنصر الثاني يُضاف مقطع (يد) إلى أصل اسم العنصر

عند جمع الاسمين معاً.

ولأن نصف البادئات التي تعبر عن عدد ذرات كل عنصر.

خامس أكسيد ثنائي الفوسفور

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

سُمّ كلاً من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات الآتية:

CO_2 . 14

SO_2 . 15

NF_3 . 16

CCl_4 . 17

18. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لمركب ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

أسماء شائعة لبعض المركبات الجزيئية هل استمتعت يوماً بكأس بارِ من أكسيد ثاني الهيدروجين؟ لقد فعلت ذلك مراراً، غير أنك استخدمت الاسم الشائع لذلك وهو الماء. تذكر أن الكثير من المركبات الأيونية لها أسماء شائعة بالإضافة إلى الاسم العلمي. فعلى سبيل المثال، صودا الخبز هي كربونات الصوديوم الهيدروجينية، وملح الطعام هو كلوريد الصوديوم.

عرف الكثير من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، ومنها أكسيد النيتروز والماء، منذ زمن طويل، وأعطيت أسماء شائعة قبل تطوير النظام الحالي في تسمية المركبات. ومن المركبات التساهمية التي تعرف غالباً باسمها الشائع بدلاً من اسمها العلمي الأمونيا NH_3 والهيدرازين N_2H_4 وأكسيد النيتريك NO .

ماذا قرأت؟ طبق ما الاسم العلمي لكل من الأمونيا والهيدرازين وأكسيد النيتريك؟



تسمية الأحماض Naming Acids

تُكون المحاليل المائية لبعض الجزيئات حمضية، ويُسمى المركب حمضاً إذا أنتج أيونات الهيدروجين H^+ في محلول. فعلى سبيل المثال، HCl ينتج H^+ في محلول، لذا فهو حمض. وهناك نوعان من الأحماض، هما الأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية.

تسمية الأحماض الثنائية يحتوي الحمض الثنائي على الهيدروجين وعنصر آخر فقط. وتسمى الأحماض الثنائية الشائعة -ومنها حمض الهيدروكلوريك- وفق القواعد الآتية:

1. يستعمل المقطع "هيدرو" في الكلمة الثانية لتسمية الجزء الهيدروجيني من المركب. وتألف بقية الكلمة من جذر اسم العنصر الثاني مضافاً إليها الخاتمة "يك". لذا فإن **HCl** (الهيدروجين والكلور) يصبحان معًا هيدروكلوريك.

2. تكون الكلمة الأولى دائمًا كلمة حمض، لذا فإن محلول **HCl** في الماء يعرف باسم حمض الهيدروكلوريك. وعلى الرغم من أن تعبير ثنائي يشير إلى وجود عنصرين فقط، إلا أن بعض الأحماض التي تحتوي أكثر من عنصرين تُسمى بالطريقة نفسها التي تسمى بها الأحماض الثنائية العناصر مالم تحتوي صيغة الحمض على الأكسجين. ويكون جذر الجزء الثاني للاسم هو جذر الأيون المتعدد الذرات. فمثلاً **HCN** الذي يتتألف من الهيدروجين وأيون السيانيدي يعرف باسم حمض الهيدروسيانيك.

تسمية الأحماض الأكسجينية يعرف الحمض الذي يتتألف من الهيدروجين وأيون أكسجيني باسم **الحمض الأكسجيني**. ولابد أنك تذكرة أن الأيون الأكسجيني السالب عبارة عن أيون عديد الذرات يحتوي على ذرة أو أكثر من ذرات الأكسجين. والقواعد الآتية تشرح طريقة تسمية حمض النيتريل HNO_3 وهو حمض أكسجيني.

1. أولاً: تعرّف الأيون الأكسجيني الموجود. إن الكلمة الثانية التي يتتألف منها اسم الحمض الأكسجيني تأتي من مصدر الأيون الأكسجيني ومعه ما مقطع "بير" أو "هيبو". أما إذا انتهى اسم الأيون الأكسجيني بمقطع "ات" فيستبدل به مقطع "يك". وإذا انتهى اسم الأيون الأكسجيني بمقطع "يت" فإنه يستبدل به مقطع "وز". ، ويصبح **أيون النترات نيتريك**.

2. تكون الكلمة الأولى دائمًا كلمة حمض، فجزيء HNO_3 (المكون من الهيدروجين وأيون النترات) يصبح **حمض النيتريل**.

ويوضح الجدول 4-5 كيف تتفق أسماء عدة أحماض أكسجينية مع هذه القواعد. لاحظ أن الهيدروجين لا يذكر في عمود "اسم الحمض".

الجدول 4-5 تسمية الأحماض الأكسجينية

الجدول 4-5

اسم الحمض	المقطع	الأيون الأكسجيني	المركب
حمض الكلوريك	- يك	كلورات	$HClO_3$
حمض الكلوروز	- وز	كلوريت	$HClO_2$
حمض النيتريل	- يك	نترات	HNO_3
حمض النيتروز	- وز	نيتريت	HNO_2

صيغ بعض المركبات التساهمية وأسماؤها		الجدول 5-5
الصيغة الجزيئية	الاسم الشائع	اسم المركب الجزيئي
H_2O	ماء	أكسيد ثنائي الهيدروجين
NH_3	أمونيا	ثالث هيدريد النيتروجين
N_2H_4	هيدرازين	رابع هيدريد ثنائي النيتروجين
HCl	حمض الكلور	حمض الهيدروكلوريك

ويلخص الجدول 5-5 الصيغة الجزيئية وأسماء بعض المركبات التساهمية. لاحظ وجود أسماء شائعة للأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية بالإضافة إلى أسمائها العلمية.

مسائل تدريبية

سم كلاً من الأحماض الآتية مفترضاً أن جميعها تذوب في الماء.

$H_2S .23$ $H_2SO_4 .22$ $HClO_2 .21$ $HClO_3 .20$ $HI .19$

24. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لحمض البيريوديك؟

كتابة الصيغ الكيميائية من أسماء المركبات

Writing Chemical Formulas from Names

يُظهر اسم المركب الجزيئي تركيبه، ويُعدّ هذا مهماً لمعرفة طبيعة المركب الكيميائي؛ فعند إعطائك اسم أي جزء ثانوي ينبغي أن تعرف كيف تكتب صيغته الجزيئية. فالمقاطع المستخدمة في الاسم تشير إلى عدد الذرات فيالجزيء وتحدد الأرقام السفلية المستخدمة في الصيغة الجزيئية.

ويمكن معرفة الصيغة الجزيئية للحمض أيضاً من اسم الحمض نفسه. ومن المفيد أن تتذكر أن كل الأحماض الثنائية تحتوي على الهيدروجين وعنصر آخر.

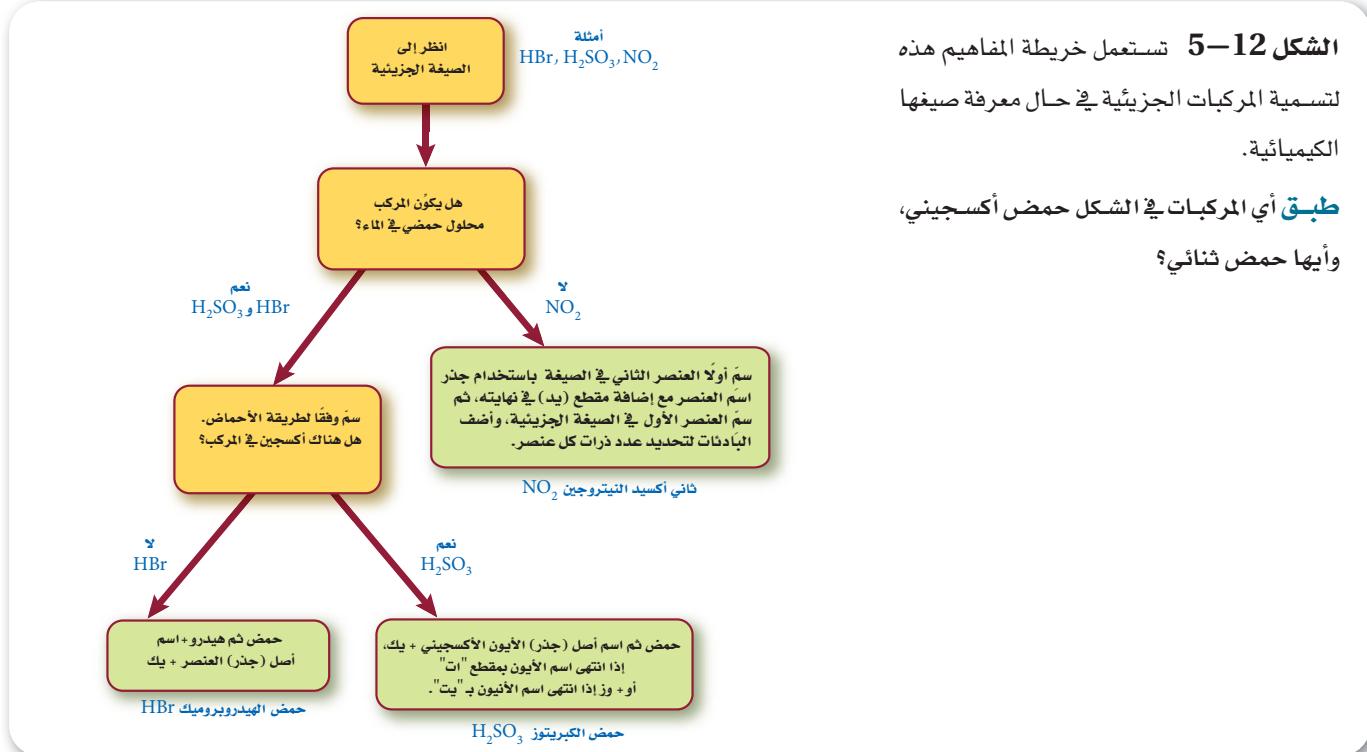
مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الآتية:

25. كلوريد الفضة.
26. أكسيد ثنائي الهيدروجين.
27. ثلاثي فلوريد الكلور.
28. ثلاثي أكسيد ثنائي الفوسفور.
29. عشاري فلوريد ثنائي الكبريت.
30. تحفيز ما الصيغة الكيميائية لحمض الكربونيك؟

الشكل 12-5 تستعمل خريطة المفاهيم هذه لتسمية المركبات الجزيئية في حال معرفة صيغها الكيميائية.

طبق أي المركبات في الشكل حمض أكسجيني، وأيها حمض ثانوي؟



ويتعين عليك لتسمية الأحماض الأكسجينية - وهي الأحماض التي تحتوي على أنيون الأكسجين - أن تعرف الأسماء الشائعة للأنيون الأكسجيني أولاً.

يساعد الشكل 12-5 على تحديد اسم المركب الجزيئي التساهمي، واستخدام خريطة المفاهيم ابدأ من القمة وطبق الإرشادات الموجودة في الأشكال الملونة، حتى تحدد اسم المركب المطلوب.

التقويم 5-2

الخلاصة

31. الفكرة الرئيسية لخص القواعد المستخدمة في تسمية المركبات الجزيئية الثانوية للعناصر.

32. عرف المركب الجزيئي الثنائي.
33. صف الفرق بين الحمض الثنائي والحمض الأكسجيني.
34. طبق اشرح كيف تسمى الجزيء N_2O_4 ، باستخدام قواعد تسمية المركب الجزيئي الثنائي.
35. طبق اكتب الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية: حمض الأيوبيك، ثلاثي أكسيد ثنائي الكبريت، أكسيد ثنائي النيتروجين، حمض الهيدروفلوريك.
36. اكتب الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية:
 - a. ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين
 - b. أكسيد النيتروجين
 - c. حمض الهيدروكلوريك
 - d. حمض الكلوريك
 - e. حمض الكبريتيك
 - f. حمض الكبريتوز

- تحتوي أسماء الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية على مقاطع للإشارة إلى عدد الذرات الموجودة في الصيغة الجزيئية.
- تكون المركبات التي تنتج H^+ في محاليلها حمضية. وتحتوي الأحماض الثنائية على الهيدروجين وعنصر آخر، أما الأحماض الأكسجينية فتحتوي على الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

الأهداف

- تطبق الخطوات الرئيسية لرسم تركيب لويس.
- تحدد الجزيئات التي تحدث فيها ظاهرة الرنين.
- تحدد ثلاث حالات لجزيئات تشد عن القاعدة الشهانية، وتسمى هذه الجزيئات.

مراجعة المفردات

الرابطة الأيونية: قوة كهروستاتيكية تربط الجسيمات ذات الشحنات المختلفة بعضها مع بعض في المركب الأيوني.

المفردات الجديدة

الصيغة البنائية
الرنين
الرابطة التساهمية التناسقية

**Molecular Structures****التركيب الجزيئية**

الفكرة الرئيسية تبين الصيغة البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطراائق ارتباطها معاً داخل الجزيء.

الربط مع الحياة لعلك - عندما كنت صغيراً - قد لعبت بقطع المكعبات التي تُركب بطراائق محددة. إن شكل الجسم الذي بنيته يعتمد على طرائق تركيب هذه المكعبات. بطريقة مشابهة يتم بناء الجزيئات من ذراتها.

الصيغة البنائية Structural Formulas

نخبرنا الصيغة الجزيئية للمركبات التساهمية عن أنواع ذرات العناصر وأعدادها في الجزيء فقط. ولمعرفة التركيب الجزيئية للمركبات التساهمية تستعمل النماذج في تمثيل الجزيء. وبين الشكل 13-5 وجود أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيء. وقد تم تمثيل ذرات كل عنصر في نموذج الكرة والعصا ونموذج ملء الفراغ الجزيئي بواسطة كرة ذات لون مختلف. وتستعمل الألوان لتعريف الذرات إذا لم يكتب عليها الرمز الكيميائي للعنصر.

وأكثر النماذج الجزيئية فائدة نموذج الصيغة البنائية الذي يستعمل الرموز والروابط لبيان موقع الذرات. ويمكنك توقيع **الصيغة البنائية** من خلال رسم تركيب لويس، فقد سبق أن رأيت بعض الأمثلة البسيطة على تركيب لويس. إلا أنها تحتاج إلى بناء أكثر من تركيب لتحديد أشكال الجزيئات.

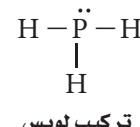
الشكل 13-5 يمكن استخدام هذه النماذج جميعها لتوضيح أماكن الذرات والإلكترونات لجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور (الفوسفين).

قارن بين المعلومات المبينة في كل نموذج.

PH_3
الصيغة الجزيئية



نموذج ملء الفراغ الجزيئي



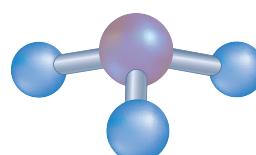
تركيب لويس

عملية
الروابط التساهمية في الأدوية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإشرافية



$\text{H} - \text{P} - \text{H}$
|
 H
الصيغة البنائية



نموذج لويس
نموذج الكرة-العصا

تراكيب لويس على الرغم من سهولة رسم تراكيب لويس لبعض المركبات المكونة من الفلزات إلا أنه من المفيد أن تتبع خطوات منتظمة لعمل ذلك؛ فكلما أردت أن ترسم تركيب لويس اتبع الخطوات المبينة في استراتيجية حل المسألة.

استراتيجية حل المسألة

رسم تراكيب لويس

1. توقع موقع ذرات معينة.

تكون الذرة التي لها أقل جذب للإلكترونات المشتركة هي الذرة المركزية في الجزيء. ويكون هذا العنصر أقرب إلى الجهة اليسرى من الجدول الدوري، وفي الغالب يكون مكان الذرة المركزية في مركز الجزيء، كما أنه يحيط بها أكبر عدد من الذرات في الجزيء. وعليه فإن باقي الذرات في الجزيء هي ذرات جانبية.

يكون الهيدروجين دائمًا ذرة جانبية؛ لأنه يشارك بالكترون واحد من الإلكترونات، ويتصل بذرة واحدة فقط.

2. حدد عدد الإلكترونات المتوافرة لتكوين روابط؛ إذ يساوي هذا العدد الكلي للإلكترونات تكافؤ الذرات الموجودة في الجزيء.

3. حدد عدد أزواج إلكترونات الربط. ولتحديد هذا العدد اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للربط على 2.

4. حدد أماكن أزواج الربط. ضع زوج ترابط واحداً (رابطة واحدة) بين الذرة المركزية وكل ذرة جانبية.

5. حدد عدد أزواج إلكترونات الترابط المتبقية. ولتحديد ذلك اطرح عدد الأزواج المستخدمة في الخطوة الرابعة من العدد الكلي للأزواج في الخطوة الثالثة. حيث تبين الأزواج المتبقية عدد الأزواج غير المترابطة والأزواج المستخدمة في الروابط الثنائية والثلاثية، ثم ضع الأزواج غير المترابطة حول كل ذرة جانبية (ما عدا الهيدروجين) مرتبطة مع الذرة المركزية لتحقيق القاعدة الثنائية، ثم ضع أي أزواج إضافية على الذرة المركزية.

6. حدد ما إذا كانت الذرة المركزية تحقق القاعدة الثنائية.

هل الذرة المركزية محاطة بأربعة أزواج من الإلكترونات؟ إذا كان الجواب لا فإنها لا تتحقق القاعدة الثنائية. ولتحقيق القاعدة الثنائية حول زوجاً أو زوجين من الأزواج غير المترابطة في الذرات الجانبية إلى رابطة ثنائية أو ثلاثة بين الذرة الجانبية والذرة المركزية، فتبقى هذه الأزواج مرتبطة مع الذرة الجانبية، وكذلك مع الذرة المركزية. تذكر أن الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت عادة ما تكون روابط ثنائية وثلاثية.

طبق الاستراتيجية

ادرس الأمثلة 3-5 و4-5 لمعرفة كيف طبقت هذه الخطوات في حل المسائل.

تركيب لويس لمركب تساهمي له روابط أحادية. تستخدم الأمونيا بوصفها خاماً لصناعة العديد من المواد الأخرى، ومنها مواد التنظيف والأسمدة والمنفجرات. ارسم تركيب لويس للأمونيا NH_3 .

1 تحليل المسألة

يتكون جزيء الأمونيا من ذرة نيتروجين وثلاث ذرات هيدروجين، ولكون الهيدروجين ذرة جانبية فلابد أن يكون النيتروجين الذرة المركزية.

2 حساب المطلوب

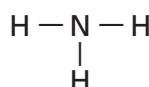
يجب أن نجد العدد الإجمالي للإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط.

$$\frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom H}} \times \frac{3 \text{ atom H}}{1 \text{ atom N}} = 8 \text{ إلكترونات تكافؤ.}$$

هناك 8 إلكترونات تكافؤ موجودة للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي. ول القيام بذلك اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط على 2.

يتوفر أربعة أزواج من الإلكترونات للترابط.

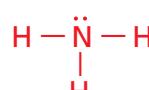


ضع زوجاً رابطاً من الإلكترونات بين ذرة النيتروجين المركزية وكل ذرة هيدروجين جانبية لتكوين رابطة أحادية.

حدد عدد الأزواج غير المرتبطة المتبقية.

اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من العدد الإجمالي للإلكترونات المتوافرة للترابط.

يكون الزوج المتبقى هو زوج غير رابط، ويجب أن يضاف إلى الذرة المركزية أو إلى الذرات الجانبية. ولأن ذرات الهيدروجين تقبل رابطة واحدة فقط فإنها لا تستقبل زوجاً غير رابط من الإلكترونات.



ضع الزوج غير المرتبط المتبقى على ذرة النيتروجين المركزية.

3 تقويم الإجابة

تشارك كل ذرة هيدروجين بزوج واحد من الإلكترونات. وتشارك ذرة النيتروجين المركزية بثلاثة أزواج من الإلكترونات، ولها زوج واحد غير رابط للحصول على حالة الثنائية المستقرة.

مسائل تدريبية

37. ارسم تركيب لويس لجزيء BH_3 .

38. تحضير يحتوي جزيء ثالثي فلوريد النيتروجين على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس لالجزيء.

تركيب لويس لمركب تساهمي يحتوي روابط متعددة ثانٍ أكسيد الكربون هو ناتج عملية تنفس الخلايا في الجسم. ارسم تركيب لويس لجزيء CO_2 .

1 تحليل المسألة

يحتوي جزيء ثانٍ أكسيد الكربون على ذرة كربون وذرتين أكسجين. ولأن الكربون أقل جذباً للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الكربون الذرة المركزية، وذرتها الأكسجين ذرات جانبية.

2 حساب المطلوب

لإيجاد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ الموجودة

$$\frac{4 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ ذرة O}} \times \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{2 \text{ ذرة O}} = 16 \text{ إلكترون تكافؤ.}$$

لذا، فهناك 16 إلكترون تكافؤ متوافر للترابط.

$$\frac{16 \text{ إلكترون}}{2 \text{ إلكترون / زوج}} = 8 \text{ أزواج}$$

حدد عدد أزواج الترابط الكلي بقسمة عدد الإلكترونات المتوافرة على 2.

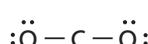
هناك 8 أزواج من الإلكترونات متوافرة للترابط.



ضع زوج رابط (رابطة أحادية) بين ذرة الكربون المركزية وذرتي الأكسجين الجانبين.

لتحديد عدد أزواج الترابط المتبقية، اطرح عدد الأزواج المستخدمة في الروابط من المجموع الكلي لأزواج الإلكترونات غير الرابطة.

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوافرة 8 أزواج (المجموع الكلي) - زوجين مستخدمين = 6 أزواج غير رابطة غير الرابطة.



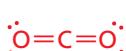
اضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة إلى كل ذرة أكسجين جانبية.

6 أزواج (المجموع الكلي) - 6 أزواج مستخدمة = 0
أزواج غير رابطة

اطرح الأزواج غير المرتبطة من الأزواج المتوافرة المتبقية.

تفحص التركيب غير المكتمل، وبين موقع الأزواج غير الرابطة. لاحظ أن ذرة الكربون ليس لها ثانية إلكترونات ولا توجد أزواج إلكترونات إضافية متاحة. وللحصول ذرة الكربون على ثمانية إلكترونات، يجب أن يكون الجزيء CO_2 روابط ثنائية.

استخدم زوجاً غير مرتبط من كل ذرة أكسجين لتكون رابطة ثنائية مع ذرة الكربون



3 تقويم الإجابة

حقق كل من الكربون والأكسجين القاعدة الثمانية.

مسائل تدريبية

39. ارسم تركيب لويس لـ C_2H_4 .

40. تحضير يحتوي جزيء ثانٍ كبريتيد الكربون على أزواج غير مرتبطة وأزواج مرتبطة متعددة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

تركيب لويس للأيونات المتعددة الذرات على الرغم من أن الأيون المتعدد الذرات يُعامل كأنه أيون واحد إلا أن الذرات فيه تكون مترتبة بروابط تساهمية. لذا تكون خطوات رسم تركيب لويس للأيونات المتعددة الذرات مشابهة لخطوات رسم المركبات التساهمية. ويتلخص الفرق الرئيس في إيجاد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط. وبالمقارنة مع عدد الإلكترونات التكافؤ الموجودة في الذرات التي تكون الأيون، إذا كان الأيون مشحوناً بشحنة سالبة يكون هناك عدد أكبر من الإلكترونات، وإذا كان مشحوناً بشحنة موجبة يكون عدد الإلكترونات أقل. ولإيجاد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ نجد أولاً العدد المتوافر لدى الذرات الموجودة في الأيون، ثم نطرح شحنة الأيون إن كان موجباً أو نجمع شحنته إن كان سالباً.

مثال 5

تركيب لويس للأيون المتعدد الذرات ارسم تركيب لويس الصحيح لأيون الفوسفات PO_4^{3-} المتعدد الذرات.

1 تحليل المسألة

نعلم أن أيون الفوسفات يحتوي على ذرة فوسفور وأربع ذرات أكسجين وشحنة ثلاثية سالبة 3-. ولأن للفوسفور أقل قوة جذب للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الفوسفور هي الذرة المركزية، وذرات الأكسجين الأربع هي الذرات الجانبيّة.

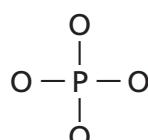
2 حساب المطلوب

أوجد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط.

$$\frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom P}} + \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{4 \text{ atoms O}} + 3 \text{ إلكترونات من الشحنة السالبة} = 32 \text{ إلكtronon تكافؤ}$$

حدد العدد الكلي لأزواج الترابط.

$$\frac{32 \text{ إلكترون تكافؤ}}{2 \text{ إلكترون / زوج}} = 16 \text{ زوجاً}$$

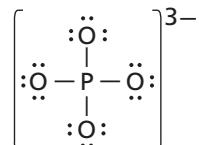


ارسم رابطة أحادية بين ذرة الفوسفور P المركزية وذرات الأكسجين O الجانبيّة.

16 زوجاً (المجموع الكلي) - 4 أزواج مستخدمة = 12
زوجاً غير رابطاً

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفّرة.

ضع ثلاثة أزواج غير رابطة لكل ذرة أكسجين جانبيّة
12 زوجاً غير رابطاً - 12 زوجاً مستخدماً = 0



تبين عملية طرح الأزواج غير المرتبطة المستخدمة من الأزواج المتوافرة عدم وجود إلكترونات متوفّرة لذرة الفوسفور. يبيّن الشكل الجانبي تركيب لويس لأيون الفوسفات.

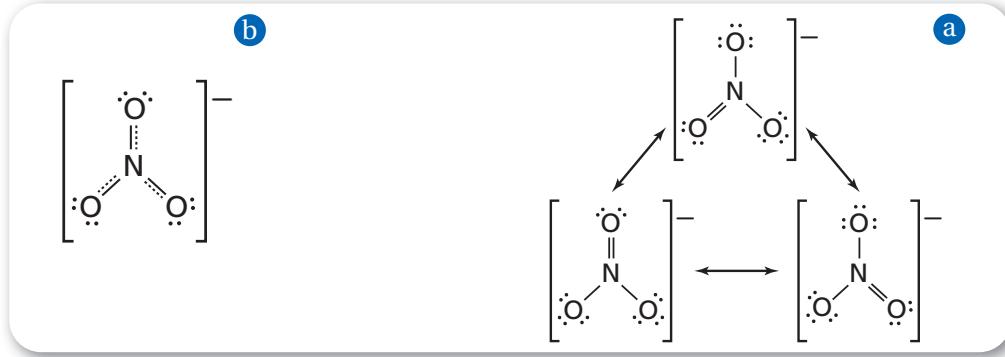
3 تقويم الإجابة

حققت الذرات حالة الثنائية إلكترونات، والشحنة الكلية للمجموعة هي 3-.

مسائل تدريبية

41. ارسم تركيب لويس لأيون NH_4^+ .

42. تحفيز يحتوي أيون ClO_4^- على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.



الشكل 14-5 أشكال الرنين

لأيون النترات NO_3^- .

a. تختلف أشكال الرنين هذه في مكان الرابطة الثنائية فقط. ولا تتغير أماكن ذرات النيتروجين والأكسجين.

b. يكون أيون النترات الحقيقي هو متوسط أشكال الرنين الثلاثة في.

a. تبين الخطوط المنقطة أماكن محتملة للرابطة الثنائية.

أشكال الرنين Resonance Structures

يمكن باستخدام مجموعة الذرات نفسها الحصول على أكثر من تركيب لوييس صحيح، وذلك حينما يكون للجزيء أو الأيون المتعدد الذرات روابط أحادية وثنائية في الوقت نفسه. ولأيون النترات المتعدد الذرات المبين في الشكل 14a-5 ثلات أشكال متكافئة، يمكن استعمالها لتمثيل هذا الأيون.

الرنين حالة تحدث عندما يكون هناك احتمال لرسم أكثر من تركيب لوييس لشكل الجزيء أو الأيون. ويشار إلى تركيب لوييس الصحيح الذي يمثل الجزيء نفسه أو الأيون بأشكال الرنين. وتختلف أشكال الرنين في مكان وجود أزواج الإلكترونات لا في مكان وجود الذرة. لذا تختلف أماكن الأزواج غير الرابطة وأزواج الروابط في الأشكال. وجزيء O_3 والأيونات المتعددة الذرات CO_3^{2-} ، SO_3^{2-} ، NO_2^- ، NO_3^- أشكال رنين.

ومن المهم معرفة أن كل جزيء أو أيون له رنين خاص به، يظهر كأن له بناءً واحداً فقط. انظر الشكل 14b-5، أظهرت القياسات العملية أن أطوال الروابط لهذا الجزيء المحسوبة في المختبر متباينة، وتكون الرابط أقصر من الرابط الأحادي، ولكنها أطول من الروابط الثنائية. وقد وجد أن الطول الحقيقي للرابطة هو المتوسط الحسابي لأطوال الروابط في أشكال الرنين.

مسائل تدريبية

رسم أشكال الرنين للجزئيات الآتية:

O_3 .45

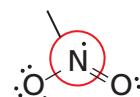
SO_2 .44

NO_2^- .43

46. تحفيز رسم أشكال رنين لوييس للأيون SO_3^{2-}

الشكل 15-5 لا تحقق ذرة النيتروجين المركزية في جزيء NO_2 القاعدة الثمانية. فهي تحتوي على سبعة إلكترونات فقط في مستوى الطاقة الخارجي.

القاعدة الثمانية غير مكتملة



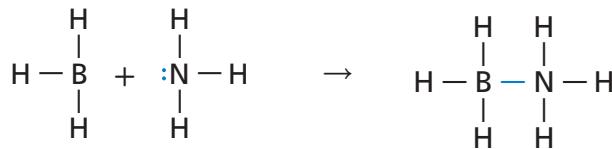
استثناءات القاعدة الثمانية Exceptions to the Octet Rule

عادةً ما تحصل الذرات على ثمانية إلكترونات عندما تتحدد بذرات أخرى. ولكن بعض الأيونات والجزئيات لا تُتبع القاعدة الثمانية. وهناك بعض الأسباب لهذه الاستثناءات.

العدد الفردي من إلكترونات التكافؤ يمكن أن يكون لمجموعة صغيرة من الجزيئات أعداد فردية لإلكترونات التكافؤ، ولا تستطيع أن تكون ثمانية إلكترونات حول كل ذرة. فمثلاً: NO_2 له خمسة إلكترونات تكافؤ من النيتروجين و12 من الأكسجين، أي أن المجموع 17 إلكترون تكافؤ، لذا لا يمكنه تكوين عدد صحيح من أزواج الإلكترونات. انظر الشكل 15-5.

وتعود NO ، ClO_2 أمثلة أخرى على جزيئات ذات إلكترونات تكافؤ فردية العدد.

الشكل 16-5 في تفاعل ثلاثي هيدريد البورون والأمونيا، تقدم ذرة النيتروجين إلكترونين يتم مشاركتهما بين البورون والأمونيا لتكوين رابطة تساهمية تناصية.



تشارك ذرة النيتروجين بالكترونيها
ل تكون رابطة تساهمية تناصية.

فَسَرْ هل تتحقق الرابطة تساهمية تناصية في هذا الجزيء القاعدة الثمانية؟

ليس لذرة البورون الكترونات لتشارك بها،
في حين أن لذرة النيتروجين إلكترونين
للمشاركة.

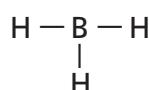
المركبات التساهمية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثارة



حالات الاستقرار بأقل من ثمانية إلكترونات والرابطة تساهمية تناصية تُعزى الحالات الاستثنائية الأخرى للقاعدة الثمانية إلى وصول بعض المركبات إلى التركيب المستقر بأقل من ثمانية إلكترونات حول الذرة. وهذه المجموعة نادرة الوجود، ومن الأمثلة عليها BH_3 . يوجد البورون في المجموعة 13، وهو عنصر شبه فلزوي، ويكون ثلاثة روابط تساهمية مع ذرات لا فلزية أخرى.



تشترك ذرة البورون بستة إلكترونات فقط؛ أي لا تتبع القاعدة الثمانية. وتكون مثل هذه المركبات في الغالب قابلة للفيروس، لأن لها القدرة على استقبال زوج من الإلكترونات من ذرة أخرى. تكون الرابطة تساهمية تناصية عندما تقدم إحدى الذرات إلكترونات لشاركة بها ذرة أخرى أو أيونا آخر بحاجة إلى إلكترونات ليكونا ترتيبا إلكترونيا مستقرًا بأقل طاقة وضع. انظر الشكل 16-5، عادة ما تكون الذرات، أو الأيونات ذات الأزواج غير الرابطة روابط تساهمية تناصية مع ذرات أو أيونات تحتاج إلى إلكترونات إضافيين.

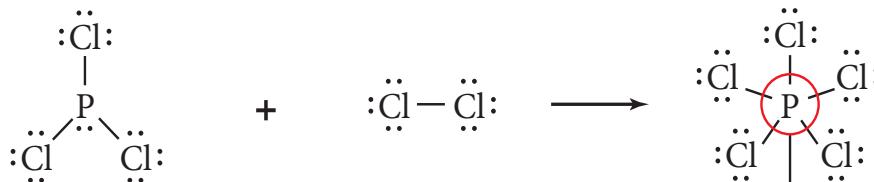
حالات الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات من المركبات التي لا تتبع القاعدة الثمانية ذرة مركبة تحتوي على أكثر من 8 إلكترونات تكافؤ. ويمكن تفسير ذلك بالأخذ بعين الاعتبار المستوى d الذي يوجد في مستويات طاقة عناصر الدورة الثالثة وما بعدها. وبين الشكل 17-5 كيف تصل ذرة الفوسفور في جزيء PCl_5 إلى حالة الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات؛ إذ تكون خمس روابط من عشرة إلكترونات مشتركة في مستوى s واحد، وثلاثة مستويات p ومستوى d واحد. والمثال الآخر هو جزيء SF_6 الذي يحتوي على ست روابط تشاركة في 12 إلكتروناً في مستوى s وثلاثة مستويات p، وأثنين من مستويات d.

وعندما نرسم بناء لويس لهذه المركبات فإذاً أن نصف أزواج إلكترونات غير رابطة للذرة المركزية، أو أن يكون هناك أكثر من أربع ذرات ترتبط في الجزيء.

ماذا قرأت؟ لخص الأسباب الثلاثة التي تجعل جزيئاً ما لا ينتمي إلى الجزيئات التي تتحقق القاعدة الثمانية.

الشكل 17-5 قبل تفاعل PCl_5 و Cl_2

تبعد كل ذرة في المادة المتفاعلة القاعدة الثمانية. وبعد التفاعل ينتج PCl_5 الذي لا يتبع ذرة الفوسفور فيه القاعدة الثمانية.



تصل إلى الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات

تراكيب لويس: استثناءات القاعدة الثمانية الزينون غاز نبيل، يكوّن مركبات نادرة عند تفاعله مع اللافلزات الشديدة الجذب للإلكترونات. ارسم تركيب لويس الصحيح للجزيء XeF_4 .

١ تحليل المسألة

لديك الجزيء XeF_4 الذي يحتوي على ذرة Xe واحدة، وأربع ذرات F . ولأن جاذبية Xe للإلكترونات قليلة لذلك يكون الذرة المركزية.

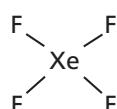
٢ حساب المطلوب

يجب أن نجد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ.

$$\frac{7 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom F}} \times 4 \text{ atom F}^+ = 36 \text{ إلكترون تكافؤ} \quad \frac{8 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom Xe}} \times 1 \text{ atom Xe}$$

$$\frac{36 \text{ إلكترونًا}}{2 \text{ إلكترون / زوج}} = 18 \text{ زوجًا}$$

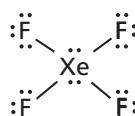
حدد العدد الكلي لأزواج الرابط.



استخدم أزواج الرابط الأربع لربط أربع ذرات F مع ذرة Xe المركزية.

$$18 \text{ زوجًا (المجموع الكلي)} - 4 \text{ أزواج مستخدمة} = 14 \text{ زوجًا غير رابط}$$

أضف ثلاثة أزواج إلكترونات إلى كل ذرة F .
وأوجد عدد الأزواج غير الرابطة.



ضع الزوجين المتبقيين على ذرة Xe المركزية.

٣ تقويم الإجابة

يعطي هذا التركيب ذرة الزينون 12 إلكترونًا. وهذا يعني أنها تصل إلى الاستقرار بأكثر من 8 إلكترونات. تعد مركبات الزينون - ومنها XeF_4 - سامة بسبب قدرتها العالية على التفاعل.

مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس للجزيئات الآتية:



49. تحفيز ارسم تركيب لويس للجزيء الناتج عن ارتباط 6 ذرات فلور مع ذرة كبريت بروابط تساهمية.

التقويم 5-3

الخلاصة

- هناك أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون هناك أكثر من شكل لويس للجزيء الواحد.
- لا تتبع بعض الجزيئات القاعدة الثمانية.

50. **الغمرة الرئيسية** صف المعلومات الموجودة في الصيغة البنائية للجزيء.

51. اذكر الخطوات الضرورية لرسم تراكيب لويس.

52. لخص استثناءات القاعدة الثمانية من خلال عمل أزواج من الجزيئات والعبارات الآتية: PI_5 ، BF_3 ، ClO_2 ، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ، أكثر من ثمانية إلكترونات، أقل من ثمانية إلكترونات.

53. قوّم يزعم أحد الطلاب أن المركبات الثمانية التي تحتوي على روابط سيجما فقط يمكنها إظهار خاصية الرنين. هل هذه العبارة صحيحة؟

54. ارسم أشكال الرنين لجزيء أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O .

55. ارسم تراكيب لويس لكل من CN^- ، HCO_3^- ، SiF_4^- ، AsF_6^-

الأهداف

• تلخص مفهوم نموذج التناfar بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR.

• تتوقع الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء.

• تعرف التهجين.

مراجعة المفردات

المستوى: منطقة ثلاثية الأبعاد حول النواة تصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

المفردات الجديدة

VSEPR نموذج

التهجين

أشكال الجزيئات Molecular Shapes

الفكرة الرئيسية يستعمل نموذج التناfar بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

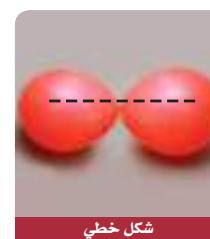
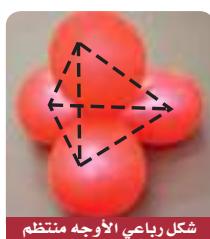
الربط مع الحياة لعلك يوماً دلكت باللونين بشعرك وأنت تلعب. هل رأيت كيف يتناfar باللونان بسبب شحنتيهما المشابهتين، ويبعد أحدهما عن الآخر؟ وكذلك الحال مع الشحنات؛ فإن أشكال الجزيئات تتأثر بقوى التناfar الإلكترونية.

نموذج التناfar بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model

يُحدّد شكل الجزيء الكثير من خواصه الفيزيائية والكيميائية، وتحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل مستويات إلكترونات المشتركة معًا شكل الجزيء. وقد طورت أكثر من نظرية لشرح تداخل مستويات الترابط، ويمكن استخدامها في توقع شكل الجزيء. كما يمكن معرفة شكل الجزيء عندما نرسم تراكيب لويس له. ويُسمى النموذج المستخدم في تحديد شكل الجزيء نموذج VSEPR (التناfar بين أزواج إلكترونات التكافؤ). ويعتمد هذا النموذج على الترتيب الذي من شأنه أن يقلل التناfar بين أزواج إلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية إلى أقصى درجة ممكنة.

زاوية الرابطة لفهم نموذج VSEPR على نحو أفضل تخيل باللونات متفرخة بحجم متماثلة، ومربوطًا بعضها مع بعض كما في الشكل 18-5؛ حيث يمثل كل بالون منطقة كثافة إلكترونية، وتمنع قوة تناfar منطقة الكثافة الإلكترونية الإلكترونات الأخرى من دخوها. وعندما تتصل مجموعة من البالونات ب نقطة مركزية، وهي تمثل الذرة المركزية فمن الطبيعي أن تأخذ هذه البالونات شكلاً يقلل من التصادم بينها.

تناfar أزواج إلكترونات في الجزيء بطريقة مماثلة، وتعمل قوى التناfar هذه على ثبيت مواقع الذرات في الجزيء بحيث تصنع زوايا ثابتة بعضها مع بعض. وتعرف الزاوية بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية بزاوية الرابطة. وتكون قيم زوايا الروابط التي يمكن توقعها بنموذج التناfar بين أزواج إلكترونات التكافؤ مدعومة بأدلة تجريبية. وتوثر أزواج إلكترونات غير الرابطة أيضًا في تحديد شكل الجزيء؛ إذ تختل هذه إلكترونات مستويات أكبر قليلاً مقارنة بإلكترونات المشتركة. لذا تضغط أزواج إلكترونات غير الرابطة مستويات الرابط المشتركة بين الذرات.



الشكل 18-5 تبعد أزواج إلكترونات في الجزيء بعضها عن بعض قدر ما يمكن ذلك، كما هو مبين في ترتيب البالونات. إذ يكون زوجان شكلاً خطياً، وتكون ثلاثة أزواج شكل مثلث مستوٍ، في حين تكون أربعة أزواج شكلاً رباعي الأوجه منتظامًا.

الربط علم الأحياء يعد شكل جزيئات الطعام عاملًا مهمًا في تحديد طعمها، حيث تغطي برام التذوق سطح اللسان، ويحتوي كل برعم ما بين 50 إلى 100 من خلايا مستقبلات الذوق.

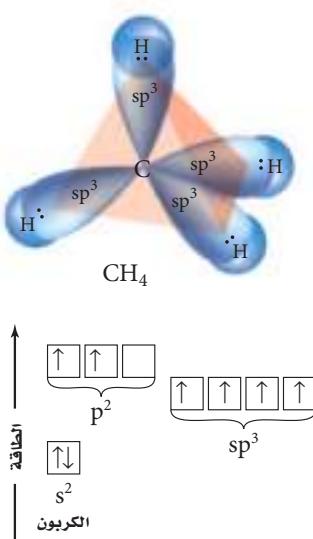
وتحدد خلايا مستقبلات التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم جلوتونات الصوديوم الأحادية MGS. وتستجيب كل خلية مستقبلة للذوق نكهة واحدة فقط.

تحدد أشكال جزيئات الطعام اعتمادًا على تركيبها الكيميائي. وحينما يدخل الجزيء نسيج التذوق يجب أن يكون له الشكل الصحيح لتمكن كل خلية عصبية من تمييزه، وإرسال رسالة إلى الدماغ الذي يحللها بوصفها نكهة معينة. وعندما ترتبط هذه الجزيئات بمستقبلات الطعام الحلو يكون مذاقها حلوًّا. وكلما ازداد عدد جزيئات الطعام المرتبطة بمستقبلات الطعام الحلو زادت حلاوة الطعام. فالسكر والمحليلات المصنعة ليست الجزيئات الحلوة الوحيدة؛ فبعض البروتينات الموجودة في الفاكهة جزيئات حلوة الطعام. ولقد تم إدراج بعض أشكال الجزيئات المعروفة في الجدول 6-5.

الشكل 19-5 تشفّل

إلكترونات ذرة الكربون الموجودة في المستويات $2s$ و $2p$ sp^3 مستويات مهجنة من نوع sp^3 . لاحظ أن قيمة طاقة المستويات المهجنة تعادل متوسط طاقة وضع مستويات s و p الأصلية. وتبعًا لنظرية VSEPR فإن الشكل الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التناقض بين المستويات المهجنة في جزيء CH_4 .

حدد كم وجهاً يحتوي شكل جزء الميثان الناتج عن مستويات sp^3 .



التهجين Hybridization

يحدث التهجين عند دمج شيئين معًا، حيث يكون للشيء المهيمن خواص كلا الشيئين معًا. فالسيارات المهيمنة مثلًا تستخدم الكهرباء والغازولين مصادر للطاقة. وخلال الترابط الكيميائي يخضع العديد من المستويات الذرية لعملية التهجين. ولفهم ذلك، ادرس رابطة جزيء الميثان CH_4 . فلذرة الكربون 4 إلكترونات تكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني هو $[He]2s^22p^2$. وربما تتوقع أن يرتبط الإلكترونونان المنفردان من p بذرارات أخرى، وأن تبقى إلكترونات $2s$ أزواجاً غير مرتبطة. ولكن يحصل لذرات الكربون عملية التهجين، حيث تختلط المستويات الفرعية لتكون مستويات مهجنة جديدة متماثلة.

يبين الشكل 19-5 المستويات المهيمنة في ذرة الكربون، حيث يحتوي كل مستوى مهجن على إلكترون واحد يمكن أن يشتراك به مع ذرة أخرى، ويسمي بالمستوى المهيمن sp^3 لأنّه يتكون من المستوى s وثلاثة مستويات p . ويعد الكربون أشهر العناصر التي تخضع لعملية التهجين. ويكون عدد المستويات التي تختلط معًا وتكون المستوى المهيمن مساوياً لمجموع أعداد أزواج الإلكترونات، كما في الجدول 6-5. بالإضافة إلى ذلك يكون عدد المستويات المهيمنة الناتجة مساوياً عدد المستويات المتدخلة.

فعلى سبيل المثال، $AlCl_3$ ثلاثة أزواج من الإلكترونات، ويتوقع نموذج VSEPR أن يكون شكل الجزيء مثلثًا مستوياً. ويتحقق هذا الشكل عند تداخل المستوى الفرععي s مع مستويين فرعيين من p في الذرة المركزية Al وتكوين ثلاثة مستويات هجينة متشابهة من نوع sp^2 . تختل الأزواج غير المرتبطة مستويات مهجنة أيضًا. قارن بين المستويات المهيمنة في $BeCl_2$ و H_2O و CH_4 . فلماذا يحتوي جزيء H_2O على مستويات sp^3 ? هناك زوجان غير متبطين على ذرة الأكسجين المركزية في H_2O لذا يجب أن يكون هناك أربعة مستويات مهجنة، اثنان للربط واثنان لأزواج غير مرتبطة.

تذكر أن الرابطة التساهمية المتعددة تتكون من رابطة سيجما واحدة، ورابطة باي أو أكثر. تختل إلكترونات رابطة سيجما فقط مستويات مهجنة مثل sp و sp^2 ، أما باقية مستويات p غير المهيمنة فت تكون روابط باي (π). وإذا علمت أن الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية تحتوي على مستوى مهجن واحد. لذا فإن CO_2 يحتوي على رابطتين ثنائيتين ويكون المستوى المهيمن من نوع sp .

ماذا قرأت؟ اذكر عدد الإلكترونات المتوفّرة للترابط في المستوى المهيمن sp^3 .



الجدول 5-6

الأشكال الفراغية للجزيئات

تمثل الكرات الذرات، وتمثل العصي الروابط، وأما الفلقات (القصوص) فتمثل أزواج الإلكترونات غير الرابطة.

يحتوي جزيء BeCl_2 على زوجين فقط من الإلكترونات المرتبطة مع ذرة Be المركزية. لذا تكون إلكترونات الرابطة على بعد مسافة مكنته بينها، وزاوية الرابطة 180° وشكل الجزيء خطياً.

تكون أزواج الإلكترونات الثلاثة المكونة للروابط في المركب AlCl_3 على أكبر مسافة بينها عندما تكون على شكل مثلث مستوٍ والزوايا بين الروابط 120° .

عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من الإلكترونات الرابطة كما في الميثان CH_4 يكون الشكل رباعي الأوجه منتظمًا والزوايا بين الروابط 109.5° .

جزيء PH_3 ثلاث روابط تساهمية أحادية وزوج غير مرتبط. يأخذ الزوج غير المرتبط حيزاً أكبر من الرابطة التساهمية. وتوجد قوة تناقض أقوى بين هذا الزوج والأزواج الرابطة مقارنة بالأزواج الرابطة ببعضها بعض. لذا يكون الشكل الناتج مثلث هرمي والزوايا بين الروابط 107.3° .

للماء رابطتان تساهميتان وزوجان غير رابطين. ويصنع التناقض بين الأزواج غير الرابطة زاوية مقدارها 104.5° . مما يجعل شكل جزيء الماء منحنياً.

جزيء NbBr_5 خمسة أزواج من الإلكترونات الرابطة، لذا يقلل الشكل الثنائي المترافق من التناقض بين أزواج الإلكترونات المشتركة.

ليس جزيء SF_6 أزواج إلكترونات غير رابطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فإنه ستة أزواج رابطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكون شكله ثمانياً الأوجه.

الجزيء	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الأزواج المشتركة	الأزواج غير الرابطة	المستويات المهجنة	أشكال الجزيئات
BeCl_2	2	2	0	sp	خطي
AlCl_3	3	3	0	sp ²	مثلث مستوٍ
CH_4	4	4	0	sp ³	رباعي الأوجه منتظم
PH_3	4	3	1	sp ³	مثلث هرمي
H_2O	4	2	2	sp ³	منحن
NbBr_5	5	5	0	sp ^{3d}	ثنائي المترافق مثلثي (السداسي الأوجه)
SF_6	6	6	0	sp ^{3d} ²	ثمانى الأوجه منتظم

ما شكل الجزيء ؟ ثلاثي هيدريد الفوسفور غاز عديم اللون ينبع عن تعفن المواد العضوية، ومنها السمك. ما شكل جزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور ؟ حدد مقدار زاوية الرابطة والمستويات المهجنة فيه.

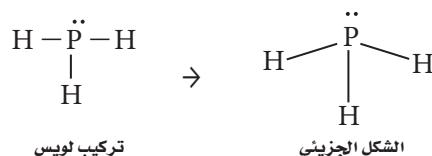
1 تحليل المسألة

نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

2 حساب المطلوب

$$\frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{\text{LatomH}} = \frac{1 \text{ إلكترون}}{3 \text{ atomH}} \times \frac{1 \text{ LatomP}}{1 \text{ atomP}}$$

$$\frac{8 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون / زوج}} = 4 \text{ أزواج}$$



رسم شكل لويس باستخدام زوج من الإلكترونات بين كل ذرة هيدروجين وذرة فوسفور مركزية، وضع الزوج غير الرابط على ذرة الفوسفور.

الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة 107°، ونوع التهجين sp³ في المستويات المهجنة.

3 تقويم الإجابة

كل أزواج الإلكترونات مستخدمة، وكل ذرة لها التوزيع الإلكتروني المستقر.

مسائل تدريبية

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كل مما يأتي:



60. تحفيز ما شكل أيون NH₄⁺ وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

التقويم 5-4

الخلاصة

ينص نموذج VSEPR على أن أزواج الإلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.

يفسر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

61. **الفكرة الرئيسية** لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

62. عرف زاوية الرابطة.

63. اشرح كيف يؤثر وجود زوج إلكترونات غير رابطة في المسافات بين مستويات الروابط المشتركة ؟

64. قارن بين حجم المستوى الذي يحتوي زوج إلكترون مشتركاً وأخر يحتوي زوج إلكترونات غير رابط.

65. حدد نوع المستويات المهجنة وزوايا الروابط في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكل من PF₃ وPF₅. واشرح الفرق بين شكليهما.

67. نظم كلاً ما يأتي في جدول: تركيب لويس، شكل الجزيء وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl₃، وCCl₂F₂، H₂Se، H₂O، وCS₂.

الأهداف

- تصف كيف تستخدم الكهروسالبية لتحديد نوع الرابطة.
- تقارن بين الروابط التساهمية القطبية وغير القطبية، والجزئيات القطبية وغير القطبية.
- تعمم خواص المركبات ذات الروابط التساهمية.

مراجعة المفردات

الكهروسالبية: المقدرة النسبية للذرة على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية غير القطبية
الرابطة التساهمية القطبية

الكهروسالبية والقطبية

Electronegativity and Polarity

الفكرة الرئيسية يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.

الربط مع الحياة تختلف قدرة الناس على سحب الأشياء بحسب قوة أذرعهم، مثل لعبة شد الجبل. وكذلك تختلف قدرة الذرات على جذب الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

الميل الإلكتروني، والكهروسالبية، وخواص الروابط

Electron Affinity, Electronegativity, and Bond Characteristics

يعتمد نوع الرابطة الكيميائية التي تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي على قدرة جذب الذرات للإلكترونات. والميل الإلكتروني هو مقاييس لقابلية الذرة على استقبال الإلكترون. وفيما عدا الغازات النبيلة، يزداد الميل الإلكتروني كلما زاد العدد الذري عبر الدورة، ويقل كلما زاد العدد الذري عبر المجموعة. تساعد قيمة الكهروسالبية الموجودة في الشكل 20-5، الكيميائيين على حساب الميل الإلكتروني لبعض الذرات في المركبات الكيميائية.

تذكر أن الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية للذرة على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية. ولاحظ أنه يتم تعين قيمة الكهروسالبية، في حين يتم قياس قيمة الميل الإلكتروني علمياً في المختبر.

الكهروسالبية يوضح الجدول الدوري في الشكل 20-5 قيمة الكهروسالبية للعناصر.لاحظ أن الفلور F أعلى قيمة للكهروسالبية 98.3 في حين أن للفرانيوم Fr أقل قيمة 0.7. ولأن الغازات النبيلة لا تتفاعل في الغالب، ولا تميل إلى تكوين مركبات -إلا في حالات نادرة- لذا لا يتضمن الجدول قيمة الكهروسالبية للهيليوم والنيون والأرجون. ومع ذلك تتحدد الغازات النبيلة الكبيرة -ومنها الزينون- مع الذرات التي لها قيمة كهروسالبية عالية مثل الفلور.

قيم الكهروسالبية لمجموعة من عناصر الجدول الدوري

1 H 2.20	3 Li 0.98	4 Be 1.57	5 B 2.04	6 C 2.55	7 N 3.04	8 O 3.44	9 F 3.98
3 Li 0.98	4 Be 1.57						
11 Na 0.93	12 Mg 1.31						
19 K 0.82	20 Ca 1.00	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83
37 Rb 0.82	38 Sr 0.95	39 Y 1.22	40 Zr 1.33	41 Nb 1.6	42 Mo 2.16	43 Tc 2.10	44 Ru 2.2
55 Cs 0.79	56 Ba 0.89	57 La 1.10	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac 1.1					
			فلز	شبه فلز	لافز		

الشكل 20-5 تحسب قيمة

الكهروسالبية بمقارنة قوة جذب

الذرة للإلكترونات المشتركة إلى قوة

جذب ذرة الفلور لهذه الإلكترونات.

لاحظ أن مقادير الكهروسالبية

لسلسليات اللانثانيدات والأكتينيدات

غير ظاهرة في الجدول لكنها

تتراوح بين 1.12 و 1.7.



الجدول 5-7

نوع الرابطة	فرق الكهروسالبية ونوع الرابطة
أيونية غالباً	> 1.7
تساهمية قطبية	0.4 - 1.7
تساهمية غالباً	< 0.4
تساهمية غير قطبية	0

نوع الرابطة لا يمكن أن تكون الرابطة الكيميائية بين ذرات العناصر المختلفة رابطة أيونية أو تساهمية بالكامل. يعتمد نوع الرابطة على مقدار قوة جذب الذرات لـإلكترونات الرابطة.

ويبين الجدول 5-7 إمكانية توقع نوع الرابطة باستعمال فرق الكهروسالبية بين العناصر المكونة للرابطة. ويكون فرق الكهروسالبية لـإلكترونات الرابطة بين ذرتين متماثلتين صفرًا، وهذا يعني أن الإلكترونات موزعة بالتساوي بين الذرتين. وتعد هذه الرابطة **تساهمية غير قطبية** أو **تساهمية نقية**.

وفي المقابل، ولأن العناصر المختلفة لها قيم كهروسالبية مختلفة لذا لا يتوزع زوج إلكترونات الرابطة التساهمية بين ذرات العناصر المختلفة بالتساوي. ويتبع عن عدم التساوي في التوزيع **رابطة تساهمية قطبية**. وعندما يكون هناك فرق كبير في الكهروسالبية بين الذرات المترابطة يتقلل الإلكترون من ذرة إلى أخرى، مما يؤدي إلى تكون رابطة أيونية.

أحياناً تكون الرابطة غير واضحة ما إذا كانت أيونية أو تساهمية. فإذا كان الفرق في الكهروسالبية 7.7 فإن ذلك يعني أن الرابطة بنسبة 50% أيونية، وبنسبة 50% تساهمية.

وعادةً تتكون الرابطة الأيونية عندما يكون فرق الكهروسالبية أكبر من 1.7. ومع ذلك، لا يتفق هذا الحد الفاصل في بعض الأحيان مع التجارب العملية التي يرتبط فيها لافلزان معًا. ويلخص الشكل 5-21 مدى الترابط الكيميائي بين ذرتين. ما نسبة الصفة الأيونية في الرابطة التي تنتج عن اتحاد ذرتين فرق الكهروسالبية بينهما 2.00؟ وأين سيكون مكان LiBr على الرسم البياني؟

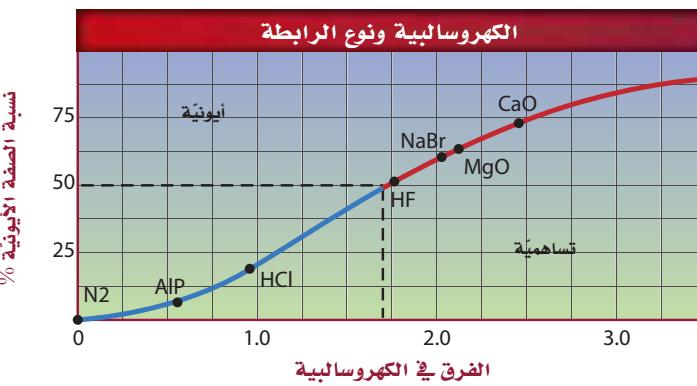
ماذا قرأت؟ حلّ ما نسبة الصفة الأيونية في رابطة تساهمية نقية؟

الشكل 5-21 يوضح الرسم البياني أن

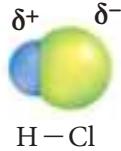
فرق الكهروسالبية بين الذرات المترابطة يحدد نسبة الصفة الأيونية في الرابطة. تكون الرابطة أيونية إذا كانت نسبة الصفة الأيونية فيها أكثر من 50%.

اختبار الرسم البياني

حدد نسبة الصفة الأيونية للرابطة في أكسيد الكالسيوم.



$$\begin{array}{r}
 \text{Cl} = 3.16 \\
 \text{H} = 2.20 \\
 \hline
 = 0.96
 \end{array}
 \quad \begin{array}{c}
 \text{الكهروسالبية} \\
 \text{الكهروسالبية} \\
 \text{الفرق}
 \end{array}$$



الشكل 22-5 قيمة الكهروسالبية للكلور أعلى منها للهيدروجين، وذلك يقضي زوج الإلكترونات الرابطة في جزيء HCl وفت أطول في جزيء Cl منه في جزيء H . وتستخدم الرموز لإبراز الشحنة الجزئية عند كل طرف (ذرة) من الجزيء لبيان عدم تساوي المشارك في زوج الإلكترونات الرابطة.

الروابط التساهمية القطبية

ت تكون الروابط التساهمية القطبية نتيجة عدم جذب الذرات لـ الإلكترونات الرابطة المشتركة بالقوة نفسها. وتشبه الرابطة التساهمية القطبية رياضية شد الجبل بين فريقيين غير متساوين القوى، فعلى الرغم من إمساك كلٍّ منهما بالجبل إلا أن الفريق الأقوى يسحب الجبل إلى جهته. وعندما تتكون الرابطة القطبية تُسحب أزواج الإلكترونات المشتركة في اتجاه إحدى الذرات، لذا تغطي الإلكترونات وقتاً أطول حول هذه الذرة، ويَتَّجَّع عن ذلك شحنة جزئية عند نهايتي الرابطة.

ويستخدم الحرف الإغريقي δ ليمثل الشحنة الجزئية في الرابطة التساهمية القطبية. وتمثل δ^- شحنة جزئية سالبة، في حين تمثل δ^+ شحنة جزئية موجبة. وتضاف δ^- و δ^+ إلى الشكل الجزيئي لتوضيح قطبية الرابطة التساهمية، كما في **الشكل 22-5**. تكون الشحنة الجزئية السالبة عند طرف الذرة ذات الكهروسالبية الأكبر. أما الشحنة الجزئية الموجبة فتكون عند طرف الذرة ذات الكهروسالبية الأقل. وتعرف الرابطة القطبية الناتجة بثنائية القطب.

القطبية الجزيئية تكون الجزيئات ذات الروابط التساهمية قطبية أو غير قطبية، ويعتمد نوع الرابطة على مكان وطبيعة الروابط التساهمية في الجزيء. ومن الخواص المميزة للجزيئات غير القطبية أنها لا تنجذب للمجال الكهربائي، إلا أن الجزيئات القطبية تنجذب للمجال الكهربائي؛ ويعود السبب في ذلك إلى أن الجزيئات القطبية ثنائية الأقطاب، لها شحنات جزئية عند أطرافها، لذا تكون الكثافة الإلكترونية غير متساوية عند الطرفين. ويتَّجَّع عن ذلك تأثير الجزيئات القطبية بالمجال الكهربائي والانتظام داخله.

القطبية وشكل الجزيء يمكنك معرفة سبب كون بعض الجزيئات قطبية وبعضها الآخر غير قطبي بمقارنة جزيء الماء H_2O وجزيء رباعي كلوريد الكربون CCl_4 ؛ حيث لكلا الجزيئين روابط تساهمية قطبية. وتبعد معلومات **الشكل 20-5**. فإن الفرق في الكهروسالبية بين ذرتى الهيدروجين والأكسجين يساوي 1.24، والفرق في الكهروسالبية بين ذرتى الكلور والكربون يساوي 0.61. وعلى الرغم من وجود اختلاف في فرق الكهروسالبية إلا أن رابطة $\text{O}-\text{H}$ ورابط $\text{C}-\text{Cl}$ جميعها روابط تساهمية قطبية.



واعتِهادًا على الصيغ الجزيئية نجد أن لكلا الجزيئين أكثر من رابطة تساهمية قطبية، ولكن جزيء الماء فقط قطبي.

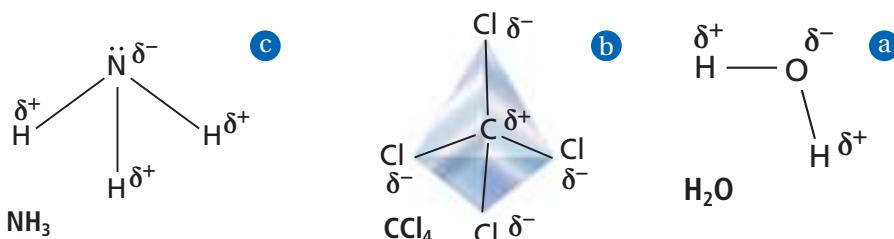
ماذا قرأت؟ طبق لماذا ينحني مجرى الماء البطىء من الصنبور عندما يقترب منه باللون مشحون بالكهرباء الساكنة؟

مهن في الكيمياء

كيميائيو التغذية يجب على كيميائي التغذية معرفة كيف تتفاعل المواد وتتغير تحت الظروف المتغيرة. يعمل معظم كيميائي التغذية لدى الشركات الصناعية لنكهات الطعام والشراب. ويتم تدريبهم مدة خمس سنوات في مختبرات التغذية، وعليهم اجتياز اختبار شفوي، ثم العمل تحت إشراف خبير آخر مدة سنتين.

الشكل 23-5 يحدد شكل

الجزيءقطبيته.



يتيج عن شكل جزيء الأمونيا غير المتماثل عدم التساوي في توزيع الشحنة لذا يكون الجزيء قطبياً.

يتيج عن تمايل جزيء CCl_4 تساو في توزيع الشحنة، لذا يكون الجزيء غير قطبياً.

يجعل الشكل المنحنى جزيء الماء قطبياً.

يكون شكل جزيء H_2O ، كما هو محدد من خلال نموذج VSEPR منحنيناً بسبب وجود ذروجين من الإلكترونات غير المرتبطة على ذرة الأكسجين المركزية كما يبين الشكل 23a. وجزيء الماء طرفة دائئن، أحدهما موجب، الآخر سالب؛ لأن روابطه القطبية غير متماثلة، لذا فهو مركب قطبي. أما جزيء CCl_4 فهو رباعي الأوجه، أي متماثل، كما يظهر في الشكل 23b، لذا يكون مقدار الشحنة من أي مسافة عن المركز مساوياً لمقدار الشحنة عند المسافة نفسها من الجهة المقابلة. ويكون مركز الشحنة السالبة على كل ذرة كلور، في حين يكون مركز الشحنة الموجبة على ذرة الكربون. ولأن الشحنات الجزئية متساوية لذا يكون جزيء CCl_4 غير قطبي. وعادة ما تكون الجزيئات المتماثلة غير قطبية. أما الجزيئات غير المتماثلة فتكون قطبية إذا كانت الروابط قطبية. هل جزيء الأمونيا في الشكل 23c قطبي؟ لهذا الجزيء ذرة نيتروجين مركبة وثلاث ذرات هيدروجين جانبية، وله شكل مثلثي هرمي بسبب أزواج الإلكترونات غير المرتبطة التي توجد على ذرة النيتروجين. وباستخدام الشكل 20-5 نجد أن الفرق في الكهروسائلية بين الهيدروجين والنيتروجين يساوي 0.84، مما يجعل روابط $\text{H}-\text{N}$ تساهمية قطبية. إن توزيع الشحنة غير متساوٍ؛ لأن الجزيء غير متماثل، لذا يكون الجزيء قطبياً.

قابلية ذوبان الجزيئات القطبية تبين هذه الخاصية الفيزيائية قدرة مادة ما على الذوبان في مادة أخرى. ويجدد نوع الرابطة وشكل الجزيء مدى قابليته للذوبان. وعادة ما تكون الجزيئات القطبية والمركبات الأيونية قابلة للذوبان في المواد القطبية، أما الجزيئات غير القطبية فتدوّب فقط في مواد غير قطبية، كما في الشكل 24-5.

الشكل 24-5 الجزيئات التساهمية

المتماثلة - ومنها الزيت ومعظم المنتجات التغذوية - مركبات غير قطبية. وتكون الجزيئات غير المتماثلة - منها الماء - قطبية. ولا تختلط المواد القطبية بغير القطبية.

استنتاج هل يمكننا إزالة بقعة الزيت عن الأقمشة باستخدام الماء فقط؟



خواص المركبات التساهمية Properties of Covalent Compounds

ملح الطعام مادة أيونية صلبة، والسكر مادة تساهمية صلبة، لها المظاهر نفسه، ولكنها يختلفان في خواصها عند التسخين. فالملح لا ينصهر، أما السكر فينصهر عند درجات حرارة منخفضة. هل يؤثر نوع روابط المركب في خواصه؟

القوى بين الجزيئات تعود الاختلافات في الخواص نتيجة الاختلاف في قوى الجذب. ففي المركبات التساهمية تكون الروابط التساهمية بين الذرات في الجزيئات قوية، في حين تكون قوى الجذب بين الجزيئات ضعيفة نسبياً. وتعرف قوى التجاذب الضعيفة هذه بالقوى بين الجزيئات أو قوى فاندر فال Van der Waals forces. وتحتختلف هذه القوى في قوتها، ولكنها أضعف من قوى الرابط التي تربط بين الذرات في الجزيء أو بين الأيونات في المركب الأيوني.

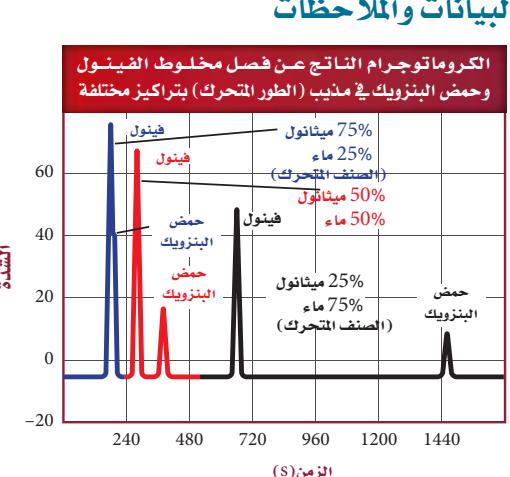
هناك عدة أنواع من القوى بين الجزيئات، ومنها القوى الضعيفة بين الجزيئات غير القطبية التي تُسمى قوى التشتت، وكذلك القوى بين الأطراف المشحونة بشحنات مختلفة في الجزيئات القطبية والتي تسمى قوى ثنائية القطب. وكلما زادت قطبية الجزيء زادت هذه القوى. أما القوة الثالثة فهي الرابطة الهيدروجينية، وهي أقوىها. وتكون بين ذرة هيدروجين تقع في نهاية أحد الأقطاب وذرة نيتروجين أو أكسجين أو فلور في جزيء آخر.

مختبر حل المشكلات

تفسير النتائج

كيف تؤثر قطبية الطور المتحرك في نتائج تحليل بيانات الكروماتوجرام؟

クロマトグラフィー HPLC 技術を使用して、溶媒による混合物の分離と移動速度の変化を観察する。HPLC は、溶媒中の各成分の移動速度によって、各成分が検出される時間（保持時間）を測定する。この図では、溶媒中の各成分の濃度と保持時間との関係が示されています。

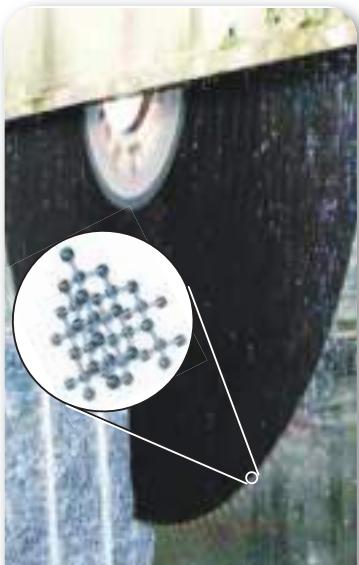


2. استنتاج اعتماداً على الرسم البياني، ما المادّة التي كميّتها كبيرة: الفينول أم حمض البنزويك؟ فسر إجابتك.
3. استنتاج أي المادّة في المخلوط لها جزيئات ذات قطبية أعلى؟
4. حدد تركيب مذيب الطور المتحرك الأكثر كفاءة لفصل الفينول عن حمض البنزويك؟ فسر إجابتك.

التفكير النقدي

1. فسر اختلاف أزمنة البقاء في محلول الميغنة على الكروماتوجرام.

القوى والخواص تُعزى خواص المركبات الجزيئية التساهمية إلى القوى التي تربط الجزيئات معاً. ولأن هذه القوى ضعيفة لذا تكون درجات انصهار هذه المواد وغليانها منخفضة مقارنة بالمواد الأيونية. وهذا يفسر سبب انصهار السكر بالتسخين المعتدل في حين لا ينصلح الملح. كما تفسر القوى بين الجزيئات وجود الكثير من المواد الجزيئية في الحالة الغازية، عند درجة حرارة الغرفة. ومن أمثلة الغازات التساهمية الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. ولأن صلابة المواد تعتمد على القوى بين الجزيئات، لذا يكون الكثير من المركبات التساهمية ليّنا في حالة الصلابة. والبرافين المستعمل في الشمع ومنتجات أخرى مثل شائع على المواد الصلبة التساهمية اللينة. وتترتب المركبات الجزيئية في الحالة الصلبة، لتكون شبكة بلورية شبيهة بالشبكة الأيونية الصلبة، إلا أن قوى الجذب بين جسيماتها أضعف. ويتأثر بناء الشبكة بشكل الجزيء ونوع القوى بين الجزيئات، ويمكن تحديد معظم المعلومات عن الجزيئات من خلال دراسة المواد الصلبة الجزيئية.



الشكل 25-5 عادة ما تستخدم المواد الصلبة التساهمية الشبكية أدوات للقطع بسبب صلابتها الشديدة. وتبين الصورة شفرة منشار مغلفة بالأمساك لقطم الحجر.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية Covalent Network Solids

هناك بعض المواد الصلبة تسمى بالمواد الصلبة التساهمية الشبكية؛ حيث ترتبط ذراتها بشبكة من الروابط التساهمية، ومن الأمثلة على هذه المواد الألماس والكورتنز.

تكون المواد الصلبة التساهمية الشبكية هشة وغير موصولة للحرارة والكهرباء وشديدة الصلابة، مقارنة بـالمواد الصلبة الجزيئية. ويشرح تحليل بناء الألماس بعض هذه الخواص. ففي الألماس، ترتبط كل ذرة كربون بأربع ذرات كربون أخرى. وهذا الترتيب الرباعي الأولي المنتظم في الشكل 25-5 يشكل نظاماً بلوريّاً شديداً الترابط له درجة انصهار عالية جدّاً.

التقويم 5-5

الخلاصة

- الخلاصة**

٦٨. **الغدة الرئيسة** لخص كيف يؤثر الفرق في الكهروسالبية في خواص الرابطة؟

٦٩. صفات الرابطة التساهمية القطبية.

٧٠. صفات الجزيء القطبي.

٧١. عدد ثلاثة من خواص المركبات التساهمية في الحالة الصلبة.

٧٢. صنف أنواع الروابط مستخدماً الفرق في الكهروسالبية.

٧٣. عُمِّ الخواص العامة الرئيسية للمواد الصلبة التساهمية الشبكية.

٧٤. توقع نوع الرابطة التي ستكون بين أزواج الذرات الآتية:

S و Na . c H و C . b H و S . a

٧٥. تعرف أي ما يأتي يُعد جزيئاً قطبياً؟ وأيها يُعد غير قطبياً: CF_4 ، CS_2 ، SCl_2 .

٧٦. حدد ما إذا كان المركب المكون من الهيدروجين والكبريت قطبياً أو غير قطبياً.

٧٧. ارسم تركيب لويس لكلا من SF_4 و SF_6 . وحلل كل شكل، وحدد ما إذا كان الجزيء قطبياً أو غير قطبياً.

يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.

ت تكون الروابط القطبية عندما لا تكون الإلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.

يحدد نموذج VSEPR قطبية الجزيء.

تجذب الجزيئات بعضها بعضاً بقوى ضعيفة . أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرارات أخرى بروابط تساهمية.

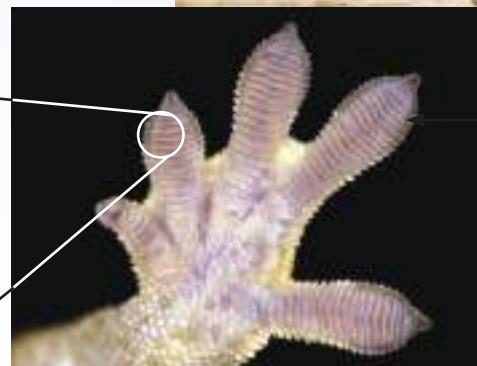
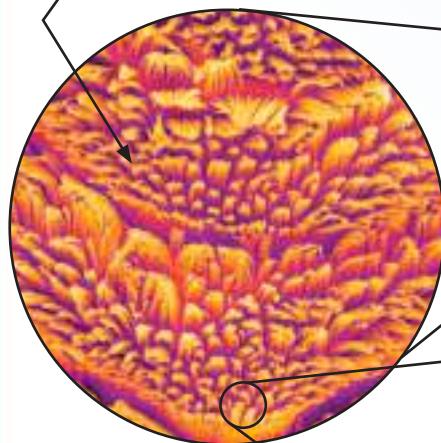
كيف تعمل الأشياء؟

الأقدام اللاصقة : كيف تلتصل السحلية؟

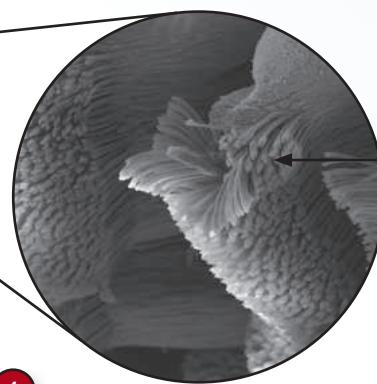
إن التصاق الوزغ على الحائط أو السقف ليس بالأمر الصعب، ويكتمن سر قوة الالتصاق الباهرة في أصابعها. فقد وجد الباحثون أن قوة الالتصاق تعتمد على قوى تماسك الذرات.



2 أشواك قاسية بطانة أقدام السحلية عبارة عن بناء هيكلی معقد، له تعریفات مجهرية دقيقة تعرف بالشعيرات الدقيقة.

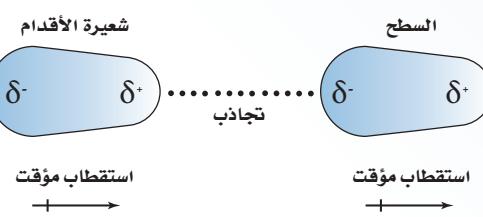


1 أصبع السحلية يخطي أسفل أصابع السحلية ملابس الأطراف تعرف بالشعيرات الدقيقة وتكون مرتبة في صفوف.



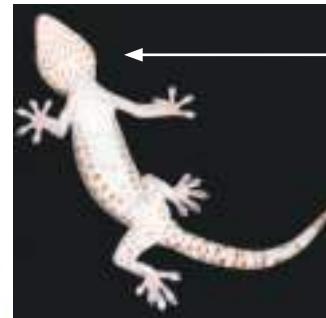
3 مساحة السطح تشكل الشعيرات الدقيقة الكثيرة العدد مساحة سطح واسعة.

4 التلاصق تتكون قوى فان ديرفال بين المسطحات وشعيرات الأقدام الدقيقة. وتكون هذه القوى كثيرة جدًا، تقلب محصلة قوى فان ديرفال على قوة الجاذبية الأرضية وتبقى السحلية في مكانها.



الكتابية في الكيمياء

اختراع يقوم العلماء بتطوير تطبيقات مواد لاصقة تستند إلى معلوماتهم عن قوى التلاصق التي تستعملها السحالى. ومن التطبيقات المحتملة تصميم روبوت قادر على تسلق الجدران، وأشرطة لاصقة تعمل تحت الماء. هل توقع أن تكون استخدامات المواد اللاصقة الجديدة كذلك التي لدى السحلية؟



5 القيام السحلية بثني أصابع رجليها مما يقلل من مساحة الجزء اللاصق بالسطح فتقل قوى فان ديرفال، وتقل قوة التماسك، فتنتقل من مكانها.

مختبر الكيمياء

نماذج الأشكال الجزيئية

10. صنف شكل جزيء H_2O مستعيناً بالمعلومات الواردة في الجدول 6-5.

11. كرر الخطوات 9 - 10 مع الجزيئات: CO , HCN , SO_3 , CO_2 , CF_4 , PH_3 .



حل واستنتاج

1. التفكير الناقد بناءً على النماذج الجزيئية التي شاهدتها في المختبر وبنيتها، رتب الروابط الأحادية، والثنائية والثلاثية، حسب ليونتها وقوتها.

2. شاهد واستنتاج اشرح سبب الاختلاف بين شكل جزيء الماء H_2O وشكل جزيء ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

3. حل واستنتاج أحد الجزيئات في هذا النشاط له أشكال من الرنين. حدد أي هذه الجزيئات له ثلاثة أشكال رنين، وارسمها، ثم اشرح لماذا يحدث هذا الرنين؟

4. تعرّف السبب والنتيجة استخدم الفرق في الكهروسالبية لتحديد قطبية الجزيئات المستخدمة في الخطوات 9 - 11، اعتماداً على قيم قطبية الروابط، ونماذج الجزيئات التي نفذت في المختبر، حدد قطبية كل جزء.

استقصاء

استعمل الكرات والوصلات لبناء شكلي الرنين لجزيء الأوزون O_3 ، ثم استعن بأشكال لويس لشرح كيف يمكن أن يتحول الجزيء من شكل إلى آخر (الرنين) بأن يحل زوج من الإلكترونات غير المرتبطة محل رابطة تساهمية.

الخلفية: تكون الروابط التساهمية عندما تشارك الذرات بالكترونات التكافؤ. ويحدد موضع الذرات المرتبطة شكل الجزيء حسب نموذج تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR. كما تعتمد طريقة تحديد شكل الجزيء وتصوره على نموذج لويس للجزئيات.

سؤال: كيف يؤثر نموذج لويس وأماكن إلكترونات التكافؤ في شكل المركب التساهمي؟

المواد الازمة

مجموعة نماذج الجزيئات (الكرات والوصلات).



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. كون جدولًا لتدوين البيانات.

3. لاحظ ودون لون الكرات المستخدمة لتمثيل ذرات: الهيدروجين H، الأكسجين O، الغوفسفور P، الكربون C، الفلور F، الكبريت S، النيتروجين N.

4. ارسم تركيب لويس لجزئات N_2 , O_2 , H_2 .

5. احصل على ذرتين (كرتين) من الهيدروجين وثبتهما بواسطة وصلة للحصول على نموذج جزيء H_2 . لاحظ أن النموذج يمثل جزيء هيدروجين ثانويَّ الذرة ذا رابطة أحادية.

6. استعمل وصلتين لربط ذري جزيء O_2 . ولاحظ أن النموذج يمثل جزيء أكسجين ثانويَّ الذرات برابطة ثنائية.

7. استعمل ثلاث وصلات لربط ذري N_2 معاً. لاحظ أن النموذج يمثل جزيء النيتروجين الثنائي الذرات برابطة ثلاثة.

8. لاحظ أن الجزيئات الثنائية الذرات، كالتي صنعت في هذا النشاط، تكون دائِّياً خطية. تكون الجزيئات الثنائية الذرة من ذرتين فقط، ويمكن وصلهما بخط مستقيم.

9. ارسم تركيب لويس لجزيء الماء، وابن نموذجاً ماثلاً له باستعمال الوصلات والكرات.

دليل مراجعة الفصل

الفكرة (العامة) تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

1-5 الرابطة التساهمية

المفاهيم الرئيسية تستقر ذرات بعض العناصر

- تتكون الرابطة التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات تكافؤها.
- يتبع عن المشاركة بزوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات روابط تساهمية أحادية أو ثنائية، أو ثلاثة على الترتيب.
- تتكون روابط سيجما نتيجة التداخل الرأسي للمستويات. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وت تكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تكون الرابطة المتمدة من رابطة سيجما ورابطة باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بالمسافة بين نوافي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

المفردات

- الرابطة التساهمية
- الجزيء
- تركيب لويس
- رابطة سيجما σ
- رابطة باي π
- تفاعل ماص للطاقة
- تفاعل طارد للطاقة

2-5 تسمية الجزيئات

المفاهيم الرئيسية تستعمل قواعد محددة

- تحتوي أسماء الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية على مقاطع للإشارة إلى عدد الذرات الموجودة في الصيغة الجزيئية.
- تكون المركبات التي تنتج H^+ في محاليلها حمضية. وتحتوي الأحماض الثنائية على الهيدروجين وعنصر آخر، أما الأحماض الأكسجينية فتحتوي على الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

المفردات

الحمض الأكسجيني

3-5 التراكيب الجزيئية

المفاهيم الرئيسية تبين الصيغ البنائية الواقع

- هناك أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون هناك أكثر من شكل لويس للجزيء الواحد.
- لا تتبع بعض الجزيئات القاعدة الثنائية.

المفردات

الصيغة البنائية

الرنين

الروابط التساهمية التناسقية

4-5 أشكال الجزيئات

المفاهيم الرئيسية

- الفكرة الرئيسية** يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR على أن أزواج إلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- ينص نموذج VSEPR على أن أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR ينبع من التناحر بين أزواج إلكترونات التكافؤ لتحديد شكل الجزيء.
 - يفسر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

المفردات

نموذج VSEPR

التهجين

5-5 الكهروسالبية والقطبية

المفاهيم الرئيسية

- الفكرة الرئيسية** يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.
- يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.
 - تكون الروابط القطبية عندما لا تكون إلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.
 - يحدد نموذج VSEPR قطبية الجزيء.
 - تجذب الجزيئات بعضها بعضًا بقوى ضعيفة . أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرات أخرى بروابط تساهمية..

المفردات

الرابطة التساهمية غير القطبية

الرابطة التساهمية القطبية

5-1

إتقان المفاهيم

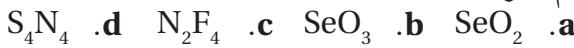
91. الساعات: تتكون بلورات الكوارتز التي تستخدم في ساعات اليد من ثاني أكسيد السليكون. اشرح كيف يمكن استخدام الاسم لمعرفة أو تحديد صيغة ثاني أكسيد السليكون؟
92. أكمل الجدول 8-5 الآتي:

الجدول 8-5 أسماء الأحماض	
الاسم	الصيغة
	HClO_2
	H_3PO_4
	H_2Se
	HClO_3

93. سُمّيَّ الجزيئات الآتية:



94. سُمّيَّ الجزيئات الآتية:



95. اكتب صيغة الجزيئات الآتية:

- a. ثنائي فلوريد الكبريت c. رباعي فلوريد الكربون
b. رباعي كلوريد السليكون d. حمض الكبريتوز

96. اكتب الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية:

- a. ثنائي أكسيد السليكون
b. حمض البروموز
c. ثلاثي فلوريد الكلور
d. حمض الهيدروبروميك

5-3

إتقان المفاهيم

97. ما الواجب معرفته لتمكن من رسم تركيب لويس لجزيء ما؟
98. عامل التنشيط يدرس علماء المواد خواص البوليمرات عندما يتم معالجتها بهادة AsF_5 . اشرح لماذا يخالف المركب قاعدة الشهانية؟

99. العامل المخزلي يستخدم ثلاثي هيدريد البoron BH_3 عاماً مخترلاً في الكيمياء العضوية. فسر لماذا يكون BH_3 روابط تساهمية تناسقية مع جزيئات أخرى؟

5-1

إتقان المفاهيم

78. ما القاعدة الشهانية؟ وكيف يمكن استخدامها في الروابط التساهمية؟

79. صف تكوين الرابطة التساهمية.

80. صف تكوين الترابط في الجزيئات.

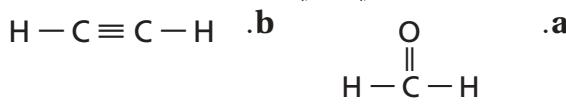
81. صف قوى التجاذب والتنافر الناتجة عن اقتراب ذرتين إحداهما من الأخرى.

82. كيف يمكنك توقع وجود روابط σ أو باي π في الجزيء؟

إتقان حل المسائل

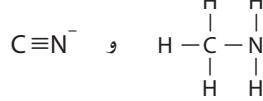
83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل من N ، Br ، As ، و Se ? وقع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كل عنصر ليحقق قاعدة الشهانية.

84. حدد روابط σ و باي π في كل من الجزيئات الآتية:

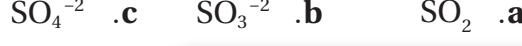


85. أيِّ الجزيئات الآتية، CO ، CH_2O ، CO_2 ، و O_2 تكون فيها رابطة $\text{C}-\text{O}$ أقصر، وأيها تكون فيها أقوى؟

86. أيِّ رابطة من الروابط بين الكربون والنitروجين في الجزيئات الآتية أقصر، وأيها أقوى؟



87. رتب الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعدياً؟



5-2

إتقان المفاهيم

88. اشرح تسمية المركبات الجزيئية؟
89. متى يُسمى المركب الجزيئي حمضاً؟
90. اشرح الفرق بين سداسي فلوريد الكبريت و رباعي فلوريد ثنائي الكبريت.

5

تقدير الفصل

إتقان حل المسائل

110. أكمل الجدول 9-5 من خلال تعريف التهجين المتوقع للذرة المركزية. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).

الجدول 9-5		
تراكيب لويس	نوع التهجين	الصيغة الجزيئية
		XeF ₄
		TeF ₄
		KrF ₂
		OF ₂

111. توقع الشكل الجزيئي لكل من المركبين الآتيين:



112. توقع الشكل الجزيئي وزاوية الرابطة ونوع التهجين لكل مما يأتي. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).



5-5

إتقان المفاهيم

113. فسر نمط التغير في الكهروسالبية في الجدول الدوري.

114. وضح الفرق بين الجزيئات القطبية وغير القطبية.

115. قارن بين أماكن إلكترونات الترابط في الرابطة التساهمية القطبية والرابطة التساهمية غير القطبية، وفسر إجابتك.

116. ما الفرق بين الجزيء التساهمي الصلب والجزيء التساهمي الشبكي الصلب؟ هل هناك اختلاف في الخواص الفيزيائية؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

117. بين الرابطة الأكثر قطبية في كل زوج مما يأتي بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب فيها:



118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كل رابطة مما يأتي:



100. يمكن أن يكون عنصر الأنتيمون والكلور مركب ثلاثي كلوريد الأنتيمون وخماسي كلوريد الأنتيمون، اشرح كيف يمكن لهذين العنصرين أن يكونا مركبات مختلفة؟

إتقان حل المسائل

101. ارسم ثلاثة أشكال رنين للأيون المتعدد الذرات CO₃⁻².

102. ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية التي يحتوي كل منها على ذرة مركزية، ولا تتبع قاعدة الثمانية:

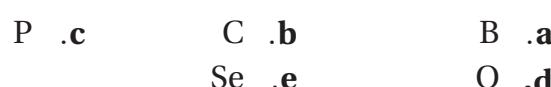


103. ارسم شكلي رنين الأيون المتعدد الذرات HCO₂⁻.

104. ارسم تراكيب لويس لكل من المركبات والأيونات الآتية:



105. أي العناصر الآتية يكون جزيئاً مستقرًا متزدراً عدد إلكتروناته الخارجية على ثانية إلكترونات؟ اشرح إجابتك.



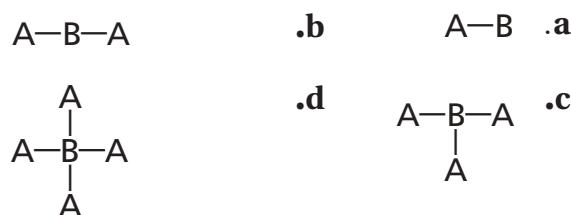
5-4

إتقان المفاهيم

106. ما الأساس الذي بني عليه نموذج VSEPR؟

107. ما أقصى عدد للمستويات المهجنة التي يمكن لذرة الكربون أن تكونها؟

108. ما الشكل الجزيئي لكل جزيء مما يأتي؟ وقدر زاوية الرابطة لكل جزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.



109. المركب الأصل يستخدم PCl₅ بوصفه مركب أصل في تكوين مركبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية التهجين، وحدّد عدد مستويات التهجين الموجودة في جزيء PCl₅.

5 تقويم الفصل

129. وقد الصواريخ استخدم الهيدرازين وثلاثي فلوريد الكلور ClF_3 في عام 1950م وقداً للصواريخ. ارسم شكل لويس لـ ClF_3 ، وبين نوع التهجين فيه.

130. أكمل الجدول 10-5 موضحاً عدد الإلكترونات المشتركة في الروابط التساهمية الأحادية، والثنائية، والثلاثية، وحدد مجموعة الذرات التي تكون كلاً من الروابط الآتية:

الجدول 10-5 الأزواج المشتركة		
الذرات التي تكون الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	نوع الرابطة
		التساهمية الأحادية
		التساهمية الثنائية
		التساهمية الثلاثية

التفكير الناقد

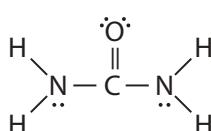
131. صمم خريطة مفاهيم تربط بين نموذج VSEPR، ونظرية التهجين، وأشكال الجزيئات.

132. قارن بين المركبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخيك III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخيك.

133. أكمل الجدول 11-5.

الجدول 11-5 الخواص والترابط			
مثال	خواص الصلب	وصف الرابطة	الصلب
			أيوني
			جزئي تساهمي
			فلز
			تساهمي شبكي

134. طبق اليوريا مركب يستخدم في تصنيع البلاستيك والأسمدة. بين روابط σ و π وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركب المبين أدناه.



119. توقع أي الروابط الآتية أكثر قطبية

- | | |
|----------|---------|
| C-Cl .c | C-O .a |
| C- Br .d | Si-O .b |

120. رتب الروابط الآتية تصاعدياً حسب زيادة القطبية:

- | | | |
|---------|--------|--------|
| Si-H .c | N-H .b | C-H .a |
| Cl-H .e | O-H .d | |

121. المبردات: تعرف المبردات المعروفة باسم فريون 14- بتأثيرها السلبي في طبقة الأوزون. وصيغة هذا المركب هي CF_4 ، فلماذا يُعد CF_4 جزيئاً غير قطبي مع أنه يحتوي على روابط قطبية؟

122. بين ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسّر إجابتك

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| H ₂ S .c | H ₃ O ⁺ .a |
| CF ₄ .d | PCl ₅ .b |

123. استخدم تراكيب لويس لتتبّأ بالقطبية الجزيئية لكل من ثنائي فلوريد الكبريت، ورباعي فلوريد الكبريت، وسداسي فلوريد الكبريت.

مراجعة عامة

124. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| a. أول أكسيد الكلور | b. حمض الزرنيخيك |
| c. خماسي كلوريد الفوسفور | d. حمض كبريتيد الهيدروجين |

125. سُمّ الجزيئات الآتية:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| P ₄ O ₆ .c | PCl ₃ .a |
| NO .d | Cl ₂ O ₇ .b |

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:

- | | | |
|----------------------|----------------------------------|---------------------|
| GeF ₄ .e | PO ₃ ³⁻ .c | SeF ₂ .a |
| POCl ₃ .d | ClO ₂ ⁻ .b | |

127. حدد أي الجزيئات الآتية قطبي، وفسّر إجابتك.

- | | | |
|---------------------|--------|-----------------------|
| NCl ₃ .c | ClF .b | CH ₃ Cl .a |
| CS ₂ .e | | BF ₃ .d |

128. رتب الروابط الآتية تصاعدياً حسب القطبية:

- | | | |
|---------|---------|--------|
| Ge-O .c | Si-O .b | C-O .a |
| C-Br .e | C-Cl .d | |

تقويم إضافي

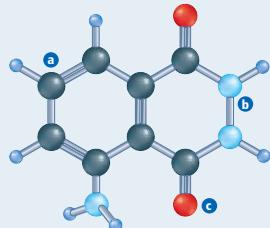
الكتابة في الكيمياء

140. مضاد التجمد Antifreeze ابحث عن المركب إيثيلين جلايكول ethylene glycol لتعرف صيغته الكيميائية، واشرح كيف يساعد تركيب هذا المركب على استخدامه مبرداً.

141. المنظفات اكتب مقالة حول منظف غسل الملابس موضحاً تركيبه الكيميائي، واشرح كيف يزيل الدهون والأوساخ عن الأقمشة.

أسئلة المستندات

يستخدم المحققون الجنائيون عادة المركب التساهمي لومينول luminol للبحث عن بقع الدم، إذ تنتج طاقة ضوئية عند تفاعل بعض المواد الكيميائية واللومينول والهيماوجلوبين في الدم. والشكل 26-5 يوضح نموذج الكرة والعصا لهذا المركب.

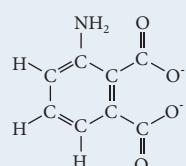


الشكل 26-5

142. حدد الصيغة الجزيئية لمركب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

143. بين تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a، b، و c في الشكل 26-5.

144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين ينتج عن التفاعل مركب Na_2APA وماه ونيتروجين وطاقة ضوئية، والشكل 27-5 يبين الصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية للأيون APA العديد الذرات.

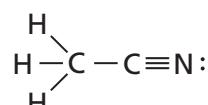


الشكل 27-5

135. حلّ حدد قطبية كل جزيء يتصف بالخواص الآتية:

- a. صلب في درجة حرارة الغرفة.
- b. غاز في درجة حرارة الغرفة.
- c. ينجدب إلى التيار الكهربائي.

136. طبق الصيغة البنائية لمركب أسيتونيترييل CH_3CN



تفحّص هذه الصيغة، وحدد عدد ذرات الكربون، ونوع التهجين في كل ذرة من ذرات الكربون، وفسّر إجابتك.

مسألة تحفيز

137. تفحّص طاقات تفكك الروابط المبينة في الجدول 12-5.

الجدول 12-5 طاقات تفكك الروابط

طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)	الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)	الرابطة
467	O-H	348	C-C
305	C-N	614	C=C
498	O=O	839	C≡C
416	C-H	163	N-N
358	C-O	418	N=N
745	C=O	945	N≡N

a. ارسم تركيب لويس الصحيح لكل من C_2H_2 و HCOOH .

b. ما قيمة الطاقة التي تحتاج إليها لتفكك هذه الجزيئات؟

مراجعة تراكمية

138. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة لكل مركب مما يأتي:

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

139. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح لكل مركب مما يأتي:

- | | | | |
|-----------------------------|----|----------------------------|----|
| CoCl_2 | .d | NaI | .a |
| $\text{Mg}(\text{BrO}_3)_2$ | .e | $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ | .b |
| | | $\text{Sr}(\text{OH})_2$ | .c |

اختبار مقنن

6. تكُون ذرة السيلينيوم المركزية في سداسي فلوريد السيلينيوم القاعدة الثمانية. ما عدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بذرة Se المركزية؟

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

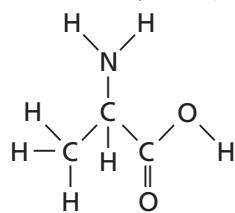
استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و 8.

طاقة تفكيك الروابط عند 298k			
kJ/mol	الرابطة	kJ/mol	الرابطة
945	N≡N	242	Cl- Cl
467	O-H	345	C-C
358	C-O	416	C-H
745	C=O	305	C-N
498	O=O	299	H-I
		391	H-N

7. أي الغازات الثنائية الذرات فيها يأتي له أقصى رابطة بين ذرتيه؟

- N₂ .d Cl₂ .c O₂ .b HI .a

8. ما مقدار الطاقة الضرورية لتفكيك الروابط جميعها المبينة في الجزيء الآتي؟



- 4621 kJ /mol .c 3024 kJ /mol .a

- 5011 kJ /mol .d 4318 kJ /mol .b

9. أي المركبات الآتية ليس له شكل الجزيء المنحني؟

- SeH₂ .d H₂O .c H₂S .b BeH₂ .a

10. أي مما يأتي غير قطبي؟

- AsH₃ .d SiH₃Cl .c CCl₄ .b H₂S .a

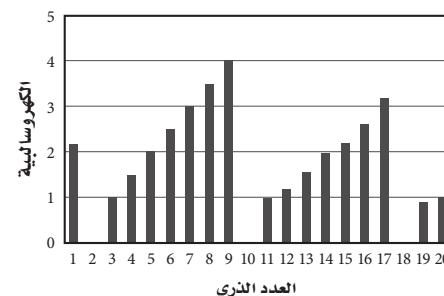
أسئلة الاختيار من متعدد

1. الاسم الشائع للمركب SiI₄ هو رباعي أيدود سيلان. ما الاسم العلمي له؟
- a. رباعي بوديد السيلان.
 - b. رباعي يود السيلان.
 - c. يوديد السليكون.
 - d. رباعي بوديد السليكون.

2. أي المركبات الآتية يحتوي على رابطة باي واحدة على الأقل؟

- | | |
|---------------------|----------------------|
| AsI ₃ .c | CO ₂ .a |
| BeF ₂ .d | CHCl ₃ .b |

استخدم الرسم البياني في الإجابة عن السؤالين 3 و 4.



3. ما كهروسالية العنصر الذي عدده الذري 14؟

- 2.2 .d 2.0 .c 1.9 .b 1.5 .a

4. بين أي أزواج العناصر الآتية يكون رابطة أيونية؟

- a. العدد الذري 3 و 4
- b. العدد الذري 7 و 8
- c. العدد الذري 4 و 18
- d. العدد الذري 8 و 12

5. أي مما يأتي يمثل تركيب لويس لثنائي كبريتيد السليكون؟

- a. S::Si::S:
- b. S::Si::S:
- c. S:Si:S:
- d. S:Si:S:

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)									
18	17	16	15	14	13	2	1	المجموعة	
:Ne:	F:	O:	B:	C:	N:	Be	Li		

14. اعتماداً على تركيب لويس المبينة أعلاه، أي الأزواج الآتية ترتبط بنسبة 3 : 2 ؟

- a. ليثيوم وكربون d. بورون وأكسجين
- b. بيريليوم وكلور e. بورون وكربون
- c. بيريليوم ونيتروجين

15. ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير في عنصر البريليوم إذا أصبح أيوناً موجباً؟

- | | |
|------|------|
| 6 .d | 0 .a |
| 8 .e | 2 .b |
| 4 .c | |

16. تحتوي الأحماض الأكسجينية على عنصر الهيدروجين وأيون الأكسجين، ويوجد منها نوعان يحتويان على الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين. حدد هذين الحمضين، وكيف يمكن تعرّفهما اعتماداً على أساسياتها وصيغتهما؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

يُنتج الجزيء XY_2 عن اتحاد ذرة العنصر X مع ذرتين من العنصر Y. إذا علمت أن العدد الذري للعنصر X يساوي 8 والعدد الذري للعنصر Y هو 1، فأجب بما يأتي:

17. ارسم شكل لويس لهذا الجزيء.
18. هل الجزيء قطبي أم لا؟ فسر إجابتك.
19. وضح نوع المستوى المهيمن في هذا الجزيء.
20. فسر لماذا تكون الروابط بين الروابط في هذا الجزيء أقل من 109.5 درجة؟

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 11 - 13.

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات المختارة				
المركب	نوع الرابطة	درجة حرارة الانصهار °C	درجة حرارة الغليان °C	تساهمية قطبية
F_2	تساهمية غير قطبية	-220	-188	
CH_4	تساهمية غير قطبية	-183	-162	
NH_3	تساهمية قطبية	-78	33	
CH_3Cl	تساهمية قطبية	-64	61	
KBr	أيونية	730	1435	
Cr_2O_3	أيونية	؟	4000	

11. تم اكتشاف مركب درجة انصهاره $100^{\circ}C$. فأي مما يأتي ينطبق على هذا المركب؟

- a. روابطه أيونية
- b. روابطه تساهمية قطبية
- c. له رابطة تساهمية قطبية أو رابطة تساهمية غير قطبية
- d. له رابطة تساهمية قطبية أو رابطة أيونية

12. أي مما يأتي لا يمكن أن يكون درجة انصهار Cr_2O_3 ؟

- a. $2375^{\circ}C$
- b. $950^{\circ}C$
- c. $148^{\circ}C$
- d. $3342^{\circ}C$

13. أي المركبات الآتية تنطبق عليه البيانات الواردة في الجدول؟

- a. المركبات التساهمية القطبية لها درجة غليان مرتفعة.
- b. المركبات التساهمية القطبية لها درجة انصهار مرتفعة.
- c. المركبات الأيونية لها درجة انصهار منخفضة.
- d. المركبات الأيونية لها درجة غليان مرتفعة.

Elements Handbook دليل العناصر الكيميائية

عناصر الغلاف الجوي

أرجون 0.93%

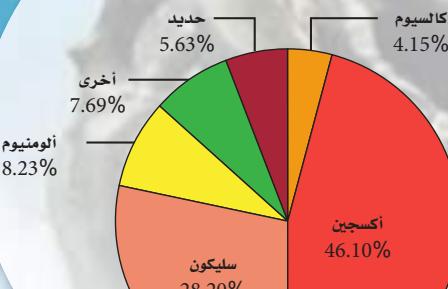
أكسجين 20.95%

فيتروجين 78.08%

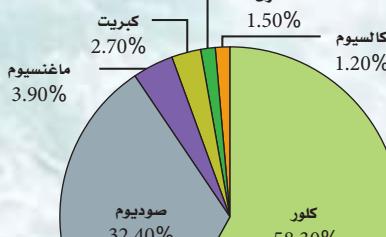
أخرى 0.04%



عناصر القشرة الأرضية



العناصر المذابة في
محيطات الأرض



الخواص الفيزيائية والذرية

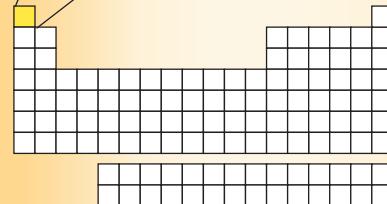
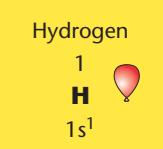
- لغاز الهيدروجين H_2 كثافة أقل من الغازات الأخرى عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- يمكن أن يوجد الهيدروجين في الحالة الصلبة عند تعرضه للضغط الشديد كما في باطن كوكب المشتري.
- يوضع الهيدروجين في المجموعة الأولى من الجدول الدوري؛ لاحتوائه على إلكترون تكافؤ واحد.
- يتشارك الهيدروجين مع فلزات المجموعة 1 في بعض الخواص؛ فهو يفقد إلكتروناً واحداً لتكوين أيون الهيدروجين الموجب H^+ .
- يتشارك الهيدروجين في بعض الخواص أيضاً مع عناصر المجموعة 17 اللافلزية؛ فهو يستطيع اكتساب إلكترون واحد لتكوين أيون الهيدريديد السالب H^- .
- للهيدروجين ثلاثة نظائر شائعة، هي: البروتيوم وهو الأكثر شيوعاً، حيث يحتوي بروتوناً واحداً وإلكتروناً واحداً، ولا يحتوي نيوترونات. والديوتيريوم الذي يدعى أيضاً الهيدروجين الثقيل حيث يحتوي بروتوناً واحداً ونيوتروناً واحداً، وإلكتروناً واحداً.

الخواص الفيزيائية والذرية للهيدروجين

-259°C	درجة الانصهار
-253°C	درجة الغليان
$8.98 \times 10^{-5} \text{ g/ml}$	الكثافة
78 pm	نصف القطر الذري
1312 kJ/mol	طاقة التأين الأولى
2.2	الكمروسالبية



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.

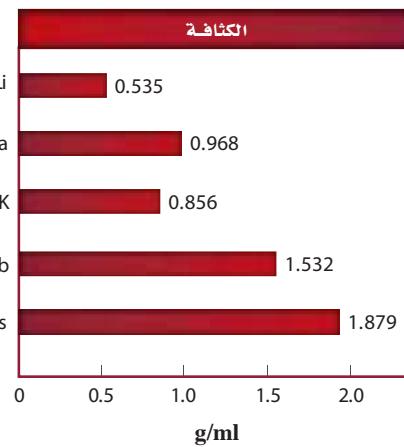
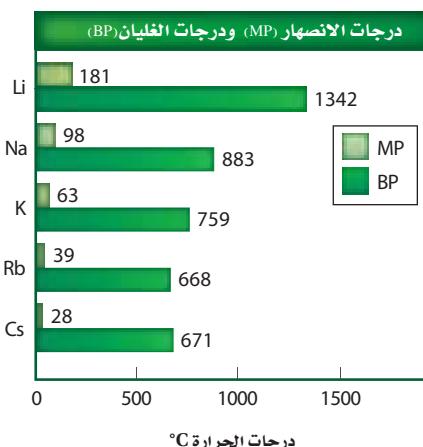


الاختبارات التحليلية

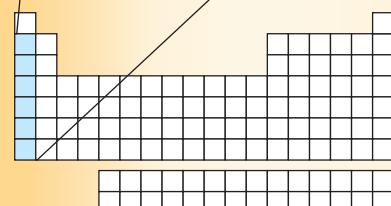
يعد الرقم الهيدروجيني pH مقياساً للدرجة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في محلول مائي، فإذا عبرنا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحدة mol/l فإن الرقم الهيدروجيني pH هو سالب لوغاریتم تركيز أيون الهيدروجين $-\log[H^+]$. فمثلاً: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين $1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ ، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

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]2s ¹
Sodium	11	Na	
			[Ne]3s ¹
Potassium	19	K	
			[Ar]4s ¹
Rubidium	37	Rb	
			[Kr]5s ¹
Cesium	55	Cs	
			[Xe]6s ¹
Francium	87	Fr	
			[Rn]7s ¹



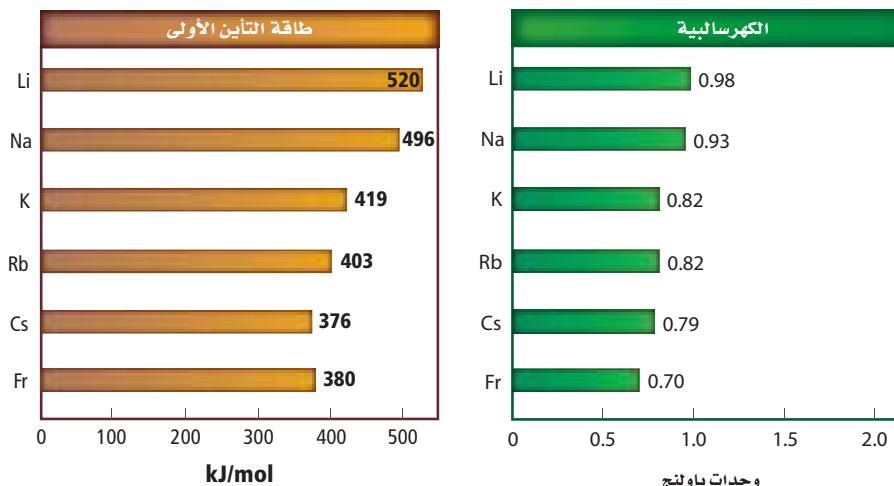
حقائق حول العناصر

الخواص الذرية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Li 152	 Li ¹⁺ 76
Na 186	 Na ¹⁺ 102
K 227	 K ¹⁺ 138
Rb 248	 Rb ¹⁺ 152
Cs 265	 Cs ¹⁺ 167
Fr 270	 Fr ¹⁺

- 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 قطرات الذرات وأنصاف قطرات 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 جدًا.
- 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؛ فاللithium ينبع لهباً أحمر اللون، والصوديوم ينبع لهباً برتقاليّاً، بينما ينبع كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهباً بنفسجيّاً.



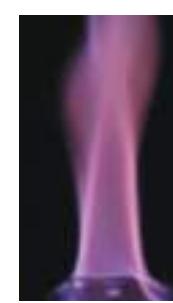
الليثيوم



الصوديوم



البوتاسيوم



الروبيديوم

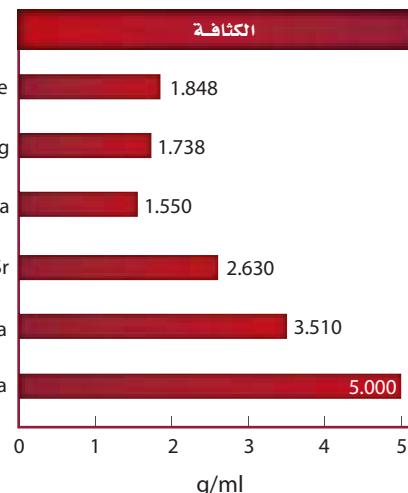
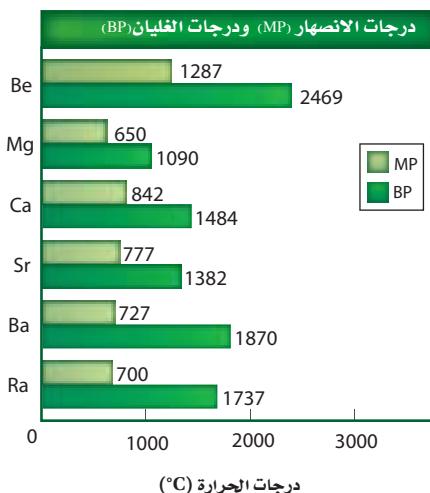


السيزيوم

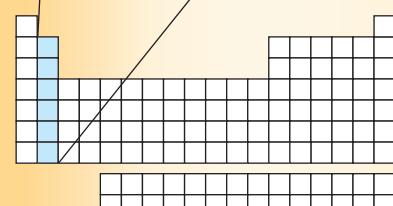
المجموعة 2 : الفلزات القلوية الأرضية

الخواص الفيزيائية

- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهر فضي لامع، وت تكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعد الفلزات القلوية الأرضية أصلب 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

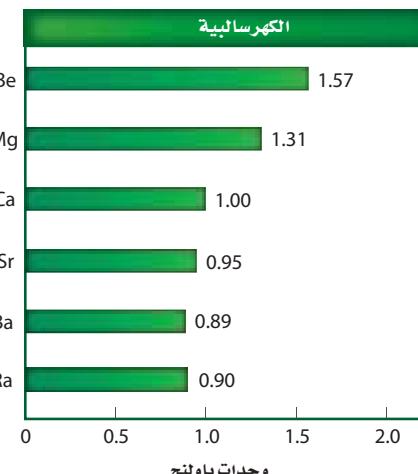
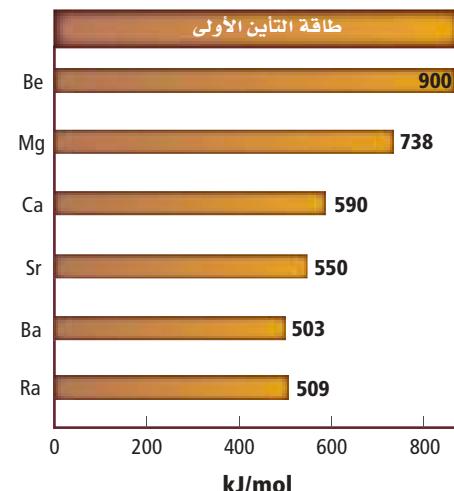


حقائق حول العناصر

الخواص الذرية

- كل عنصر من المجموعة 2 إلكتروناً تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^2 .
 - تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكتروني التكافؤ الخاصين بها لتكون أيوناً ذات شحنة ثنائية موجبة +2.
 - يزداد نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من نصف قطر ذرات المجموعة 1 وأنصف قطر أيوناتها.
 - تقل الكهروسالبية وطاقة التأين كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تكونان أكبر من عناصر المجموعة 1.

نصف القطر الذري (pm)		نصف القطر الأليوني (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

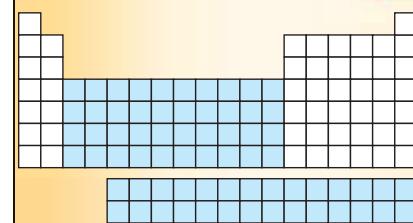
يمكن تعرّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم يتبع لهبًا قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي ، بينما يتبع الإسترانشيوم لهبًا قرمزيًا أقرب إلى اللون البنفسجي ، أما الباريوم فيتبع لهبًا أصفر مخضرًّا.



الخواص الفيزيائية

- تشمل العناصر الانتقالية الرئيسية أربع سلاسل من الفئة d، والتي تراوح أعدادها الذرية بين (104 - 109)، (72 - 80)، (39 - 48)، (21 - 30). أما العناصر الانتقالية الداخلية فتشمل عناصر الفئة f (وهي عناصر نادرة)، ضمن سلسلة الlanthanides، والتي تراوح أعدادها الذرية بين (57 - 71)، وسلسلة الأكتنides التي تراوح أعدادها الذرية بين (89 - 103).
- تعد العناصر الانتقالية -كغيرها من الفلزات- جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة، وهي قابلة للسحب، مما يعني أنه من الممكن سحبها على شكل أسلاك، وهي أيضاً 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 ولازمة.
- غالباً ما يكون للعناصر الانتقالية خواص مغناطيسية، مما يعني أنها تنجدب إلى مجال مغناطيسي قريب منها. وتعد العناصر الانتقالية الثلاثة (الحديد والكوبالت والنيكل) ذات خواص مغناطيسية، حيث يمكن لهذه العناصر تكوين مجاهماً المغناطيسي الخاص بها.

عند تعرض برادة الحديد إلى مغناطيس تصبح مغناطيساً، وتنجدب إلى المغناطيس وينجدب بعضها إلى بعض.



عنصر
الانتقال

حقائق حول العناصر

العنصر الكيميائي

الخواص الذرية

- للعناصر الانتقالية الرئيسة 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 الثاني 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 على إلكترونات غير مرتبطة في المجال d امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصر الانتقالية في الحجم الذري، والكهروسائلية، 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



لعناصر المركبات الانتقالية ألوان بسبب الامتداد الجزيئي للمجال d، وتستطيع الإلكترونات فيها امتصاص الضوء المرئي لأطوال موجية محددة، أما المركبات التي تحتوي مجالاً ممثلاً أو فارغاً تماماً من الإلكترونات فإنها لا تكون ألواناً براقة.

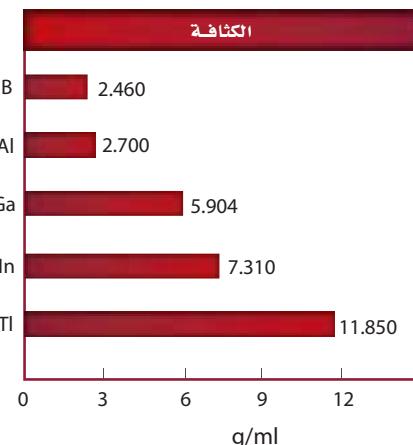
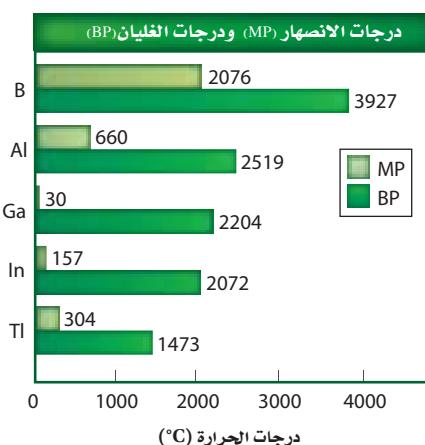
الاختبارات التحليلية

لاحظ ألوان مركبات العناصر الانتقالية في الشكل المجاور، تتصف 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 محلول. 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

- لعم 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 نسبياً، وطيرية، ما عدا البورون الذي يعد صلباً جداً كالماس.
- تكون عناصر المجموعة 13 صلبة عند درجة حرارة الغرفة، وينصهر الجاليم عن ارتفاع درجة حرارة الغرفة عن معدتها قليلاً.
- لعناصر المجموعة 13 درجة غليان أعلى من درجة غليان عناصر مجموعة الفلزات القلوية الأرضية، ودرجة 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

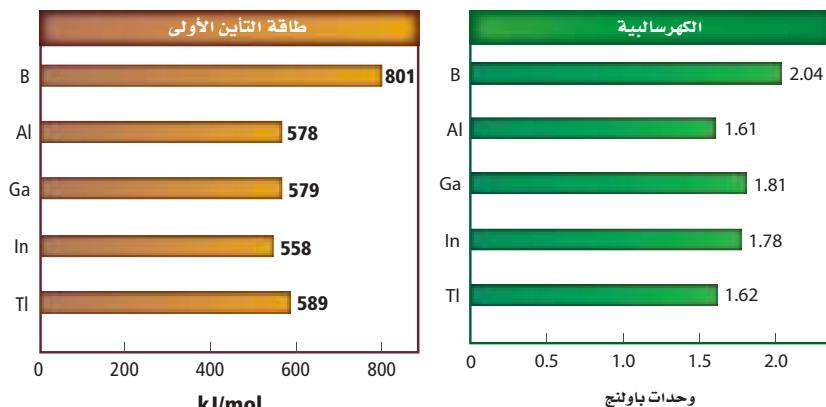
جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية

حقائق حول العناصر

الخواص الذرية

	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

- 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 ذات شحنة ثالثية موجبة 3+. ولبعض العناصر - ومنها (Ga, In, Tl) - القدرة على فقد إلكترون واحد فقط من إلكترونات تكافؤها لتكون أيوناً ذات شحنة أحادية موجبة 1+.
- يشارك البورون فقط في الروابط التساهمية.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل، وحجم عناصرها مشابهة لحجم عناصر المجموعة 14.
- تقل طاقة التأين لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل.



نتائج اختبار اللهب

لون اللهب	العنصر
وميض أخضر ساطع	البورون
لون أزرق نيلي	الإنديوم
أخضر	الثاليلوم

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 تعرف ثلاثة منها باختبارات اللهب، كما هو موضح في الجدول. فيتتج البورون اللون الأخضر الساطع ، في حين يتتج الإنديوم اللون الأزرق النيلي. ويتج الثاليلوم اللون الأخضر. وتتضمن أكثر الأساليب دقة في تعرف العناصر تقنيات الطيف وتقنيات التصوير المتقدمة.

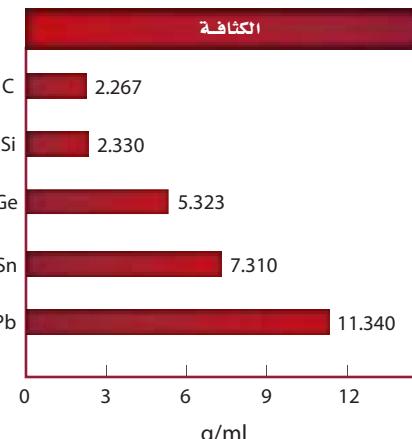
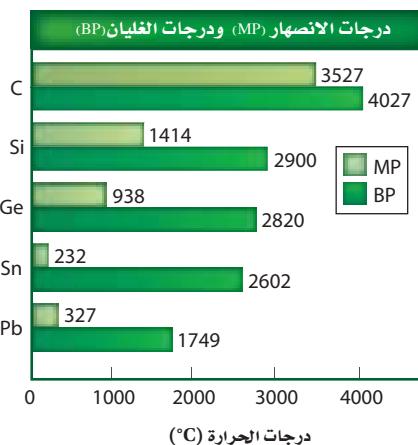


تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

المجموعة 14: مجموعة الكربون Carbon Group

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة. فالكربون لا فلز. 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 بنيناً أو مادة صلبة رمادية لامعة.
- الجرمانيوم شبه فلز صلب ولا مع ، 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، لينة ، قابلة للطرق والسحب.
- تقل درجات الانصهار والغليان ، وتزداد الكثافة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة .



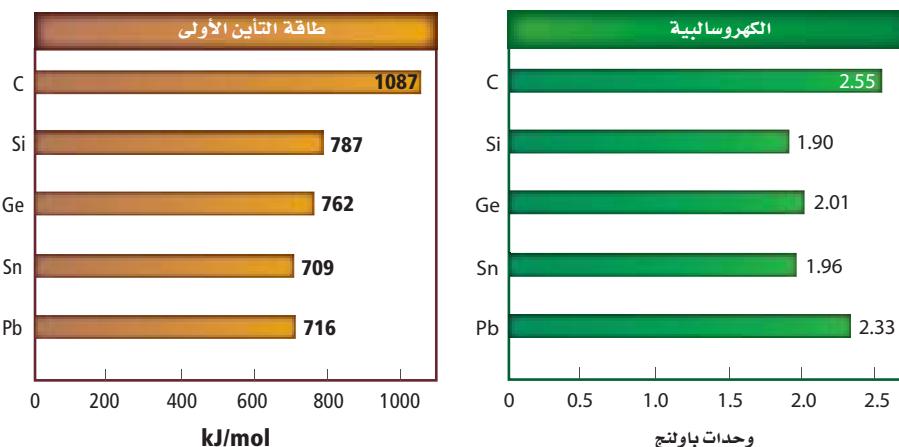
Carbon	6	C	[He]2s ² 2p ²
Silicon	14	Si	[Ne]3s ² 3p ²
Germanium	32	Ge	[Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ²
Tin	50	Sn	[Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ²
Lead	82	Pb	[Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ²

حقائق حول العناصر

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 والسليلكون في بعض المركبات عدد تأكسد -4.
- يوجد كل من الكربون والسليلكون والقصدير بأشكال بلورية مختلفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تتشابه مع أنصاف قطر عناصر المجموعة 13.
- عنصر المجموعة 14 - ما عدا الكربون - طاقات تأين متماثلة، وليس هناك تباين في الكهروسائلية بين هذه العناصر.



الاختبارات التحليلية

لا يمكن تعرُّف 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 تعرُّف عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكتافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعಲها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يكون الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتها إلى محليل محددة.

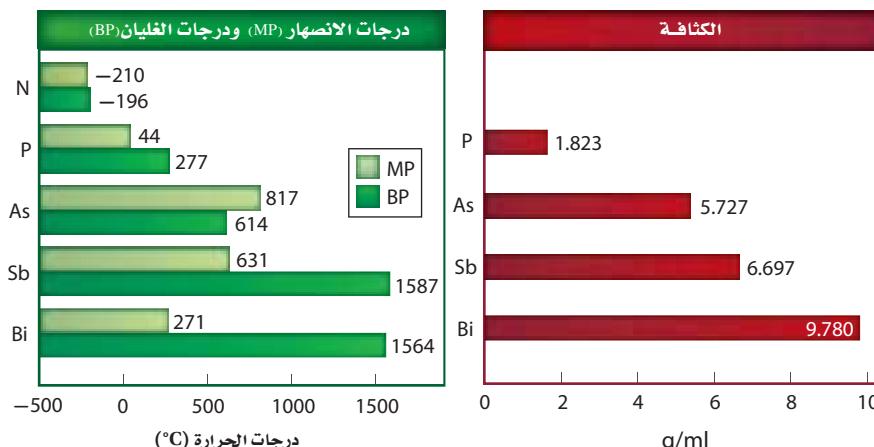


عند إضافة نترات الرصاص إلى
يوديد البوتاسيوم يتتج راسب
أصفر من يوديد الرصاص.

المجموعة 15: مجموعة النيتروجين Nitrogen Group

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية - تماماً كعناصر المجموعة 14 - كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة؛ فالنيتروجين والفوسفور لافلزات، بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البزموت ففلز.
- تختلف أشكال عناصر مجموعة النيتروجين تماماً 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 صلباً ولا معاً، ولونه رمادي مائل إلى اللون الأبيض، وهش. ويمكن أن يكون صلباً ذات لون أصفر باهت تحت ظروف محددة. ويتسامي 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 توصيلاً للكهرباء، وهو هش أيضاً.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضاً كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة .15



Nitrogen 7 N $[He]2s^22p^3$
Phosphorus 15 P $[Ne]3s^23p^3$
Arsenic 33 As $[Ar]4s^23d^104p^3$
Antimony 51 Sb $[Kr]5s^24d^105p^3$
Bismuth 83 Bi $[Xe]6s^24f^{14}5d^106p^3$

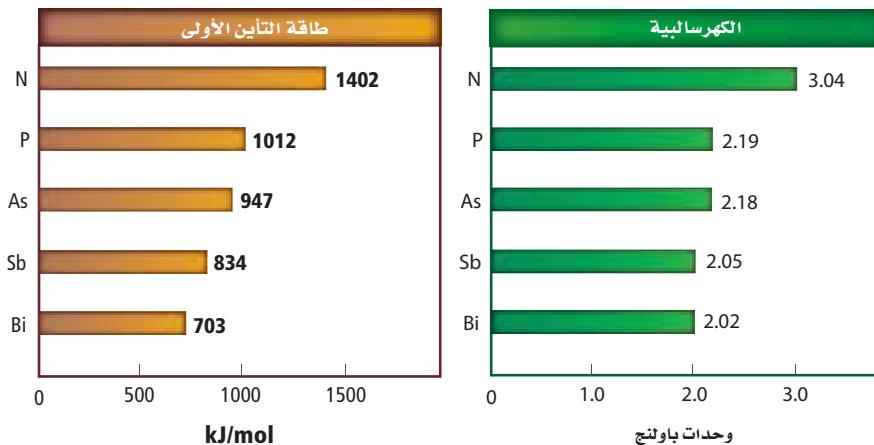
مختارات

حقائق حول العناصر

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.
- للبزموت أعداد تأكسد +3 و +5.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهرباسالية، ويزداد نصف القطر الذري كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.



الاختبارات التحليلية



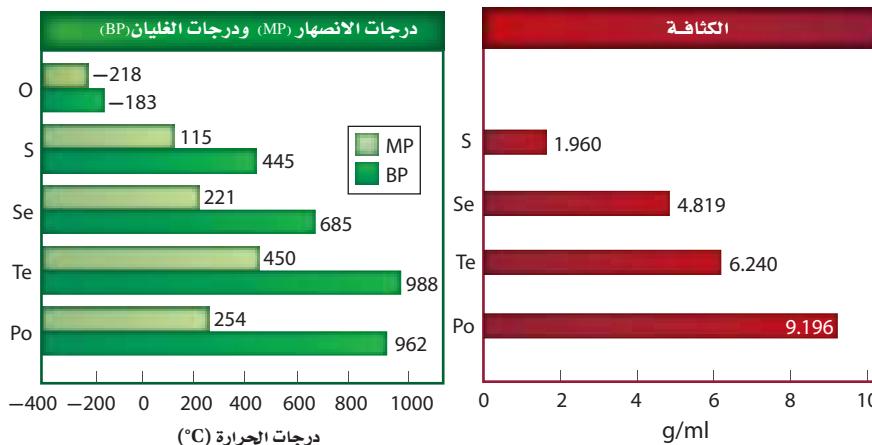
لا يمكن تعرُّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأنَّ معظم هذه العناصر لافلزية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءاً أخضر خافتًا أو أزرق عند تعريضه للهب، والبزموت الذي يصدر ضوءاً أزرق مائلاً إلى البنفسجي.

يمكن تعرُّف عناصر مجموعه النيتروجين من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تعاملها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يتكون راسب من أيونات البزموت عند إضافتها إلى هيدروكسيد القصدير وهيدروكسيد الصوديوم. ويمكن تعرُّف مركبات الأمونيوم التي تحتوي على النيتروجين من خلال الرائحة المميزة التي تصدر عندها إضافتها إلى هيدروكسيد الصوديوم، ومن خلال تغيير اللون الحاصل لورقة تابع الشمس الحمراء الموضوعة على فوهة أنبوب الاختبار.

المجموعة 16: مجموعة الأكسجين Oxygen Group

الخواص الفيزيائية

- في درجة حرارة الغرفة يكون الأكسجين غازاً نقياً ، عديم الرائحة، بينما يكون باقي عناصر المجموعة 16 مواد صلبة.
- بعض عناصر المجموعة 16 أشكال بلورية عديدة شائعة. فيمكن أن يوجد الأكسجين على شكل O_2 أو O_3 (الأوزون). وللكبريت أيضاً الكثير من الأشكال البلورية. أما السيلينيوم فله ثلاثة أشكال بلورية شائعة: رمادي غير متببور، وبلوري أحمر، أو على شكل مسحوق ذي لون أحمر مائل إلى الأسود.
- يعد كل من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم لافزات، بينما التيرونيوم والبولونيوم أشباه فلزات.
- للأكسجين خواص مغناطيسية، وهذا يعني أنه يمكن لмагناطيس 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	



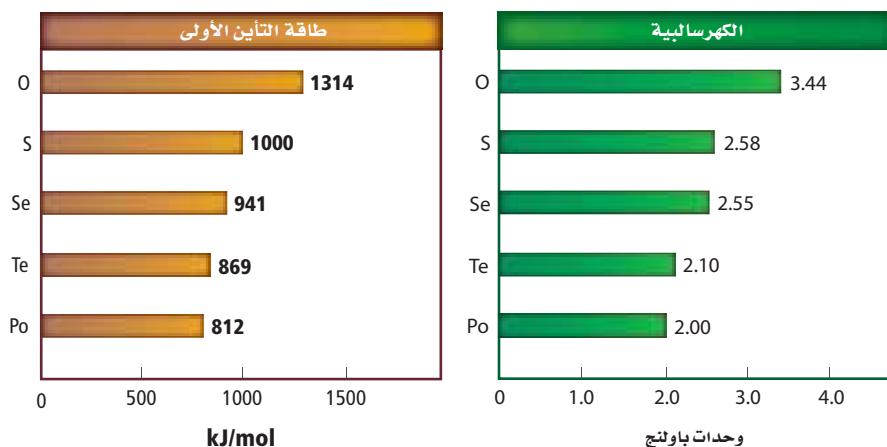
حقائق حول العناصر

دليل العناصر الكيميائية

الخواص الذرية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
0	
73	140
S	
103	184
Se	
119	198
Te	
142	Te ²⁻ 221
Po	
168	

- 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 ، ولل الكبريت أعداد تأكسد +6 و +4 و +2 .
- تقل طاقات التأين الأولى والكهربائية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.
- للبولونيوم 27 نظيرًا معروفةً، وجميعها نظائر مشعة.



الاختبارات التحليلية



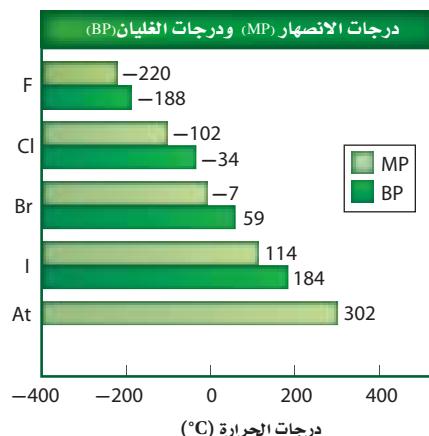
فحص ذاتية الأكسجين أحد تحاليل مراقبة جودة الماء.

يمكن قياس نسبة وجود الأكسجين بطرق عده، وفي بيئات مختلفة؛ فمثلاً يمكن لجهاز قياس ذاتية الأكسجين أن يقيس نسبة الأكسجين المذاب في عينة من الماء، حيث يستخدم هذا الجهاز التفاعلات الكهربائية التي تعمل على تحويل جزيئات الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد. ويقيس هذا الجهاز التيار الكهربائي الناتج خلال هذا التفاعل، فكلما كان تركيز الأكسجين أكبر كان التيار أكبر.

المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات Halogens Group

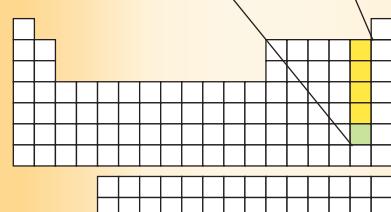
الخواص الفيزيائية

- عند درجة حرارة الغرفة يكون الفلور والكلور في الحالة الغازية. ويكون البروم بالإضافة إلى الزئبق - سائلًا. أما اليود فمادة صلبة تتسامي 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 يتسامي اليود، وتظهر بلوراته بلون أزرق غامق، وتصاعد 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

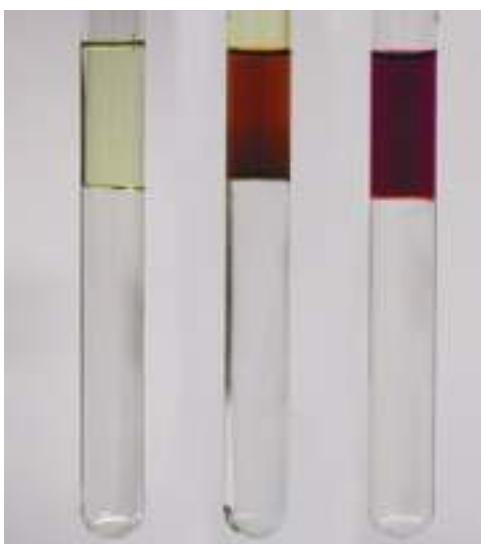
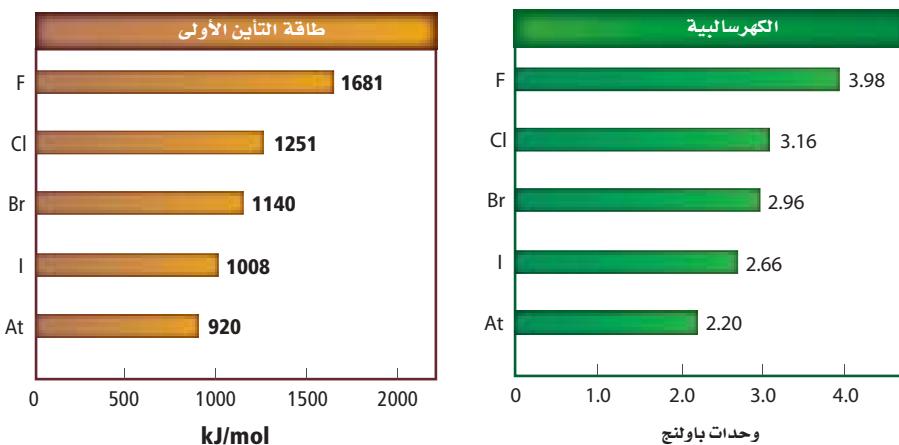


حقائق حول العناصر

الخواص الذرية

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

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافأ وتوزيع إلكتروني يتبعي $.ns^2 np^5$.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهرباسالية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعدّ الفلور العنصر الأكثر كهرباسالية 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.

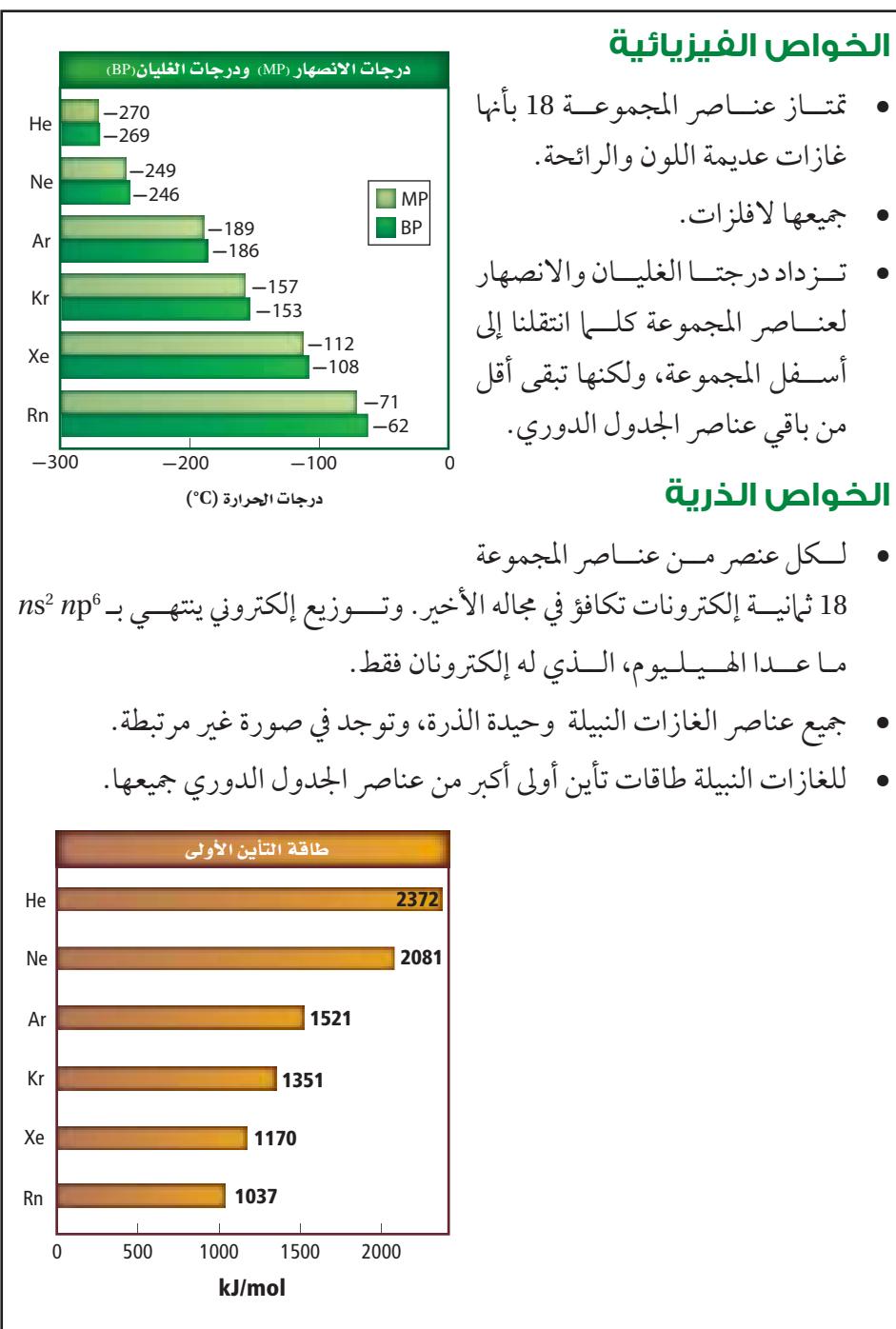


الاختبارات التحليلية

يمكن تعرُّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم واليود مع نترات الفضة ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكlorيد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حلبي اللون ، أما يوديد الفضة فراسب أصفر. ويمكن تعرُّف الكلور والبروم واليود أيضاً من خلال ذوبانهم في الهكسان الحلقي. فكما هو مبين في الشكل، يتحوّل محلوله إلى اللون الأصفر في حالة الكلور، والبرتقالي عند إضافة البروم، والبنفسجي عند إضافة اليود.

تدوب الهالوجينات قليلاً في الماء (لاحظ الطبقة السفلية). ولكن في الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، يذوب كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي) واليود (البنفسجي).

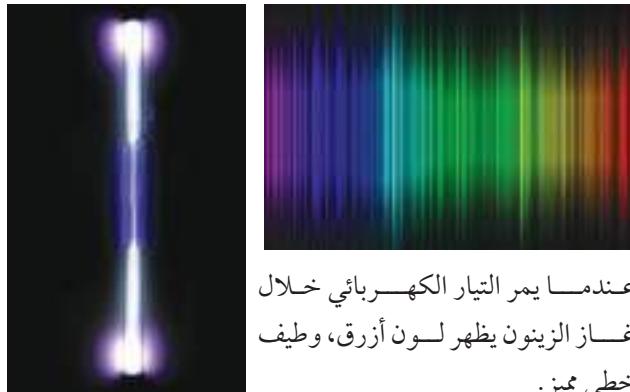
المجموعة 18: مجموعة الغازات النبيلة Noble Gases



Helium	2	He	1s ²
Neon	10	Ne	[He]2s ² 2p ⁶
Argon	18	Ar	[Ne]3s ² 3p ⁶
Krypton	36	Kr	[Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶
Xenon	54	Xe	[Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶
Radon	86	Rn	[Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ⁶

الاختبارات التحليلية

لأن الغازات النبيلة عديمة اللون والرائحة، وتكون عموماً غير نشطة، فإن العديد من التجارب التحليلية المستخدمة في تعرُّف هذه العناصر ليست مفيدة. ومع ذلك، فإن الغازات النبيلة تصدر ضوءاً ذو ألوان محددة ينبعث عندما تتعرض لتيار كهربائي، ويظهر لها طيف خطي.



عندما يمر التيار الكهربائي خلال غاز الزيتون يظهر لون أزرق، وطيف خطي مميز.

المصطلحات



(أ)

التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق الإلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنشعة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنشعة.

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

النسبة المئوية الكتليلية لكل عنصر في المركب.

التردد Frequency عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية.

ترتيب خواص العناصر Periodic Law ترتيب العناصر وفق ترايد 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 يرفقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الماصل للطاقة Endothermic التفاعل الكيميائي الذي يحتاج إلى كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من الطاقة التي تنتفع عندما تكون 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 ومتماضلة.

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

الإشعاع الكهرومغناطيسي Radiation هو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

الكتروليت Electrolyte المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons في مجال الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons الإلكترونات التي تكون الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجدبة نحو ذرة بعينها.

الأنيون Anion الأيون الذي له شحنة سالبة.

الأيون Ion ذرة أو مجموعة ذرات متربطة 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 Anion عديد الذرات، يتكون غالباً من لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين.

(ر)

الرابطة الأيونية Ionic Bond الرابطة التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

رابطه باي Bond π الرابطة المكونة من تداخل المجالات المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات.

الرابطة التساهمية Covalent Bond الرابطة التي تنتج عن التشارك بإلكترونات 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.

رابطه سيجما Sigma Bond الرابطة التساهمية الأحادية الناتجة عن اشتراك زوج من الإلكترونات نتيجة التداخل المباشر لمجالات الذرات.

الرابطه الفلزية Metallic Bond قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحركة.

الرابطه 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.

الرابطه التساهمية غير القطبية Non-polar covalent Bond تنشأ بين ذرتين متماثلتين يكون فرق الكهروسالبية لإلكترونات 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)

الجزيء 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 إعتماداً 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 للذرارات، 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.

(س)

سرعة الموجة Wave speed المسافة التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها في الفراغ.

السبائك Alloy مخلوط من عدة عناصر لها خواص فلزية، وتكون عادةً من عناصر متماثلة الحجوم، 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، وتحتلت 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.

(ع)

عدد التأكسد Oxidation Number الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

الفلزات القلوية Alkali Metals عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائياً، وتوجد عادة متعددة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals عناصر المجموعة 2 في الجدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشطة كيميائياً.

الفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كمّا من الطاقة.

عدد الكم الرئيس Principal Quantum Number-n عدد يتم تعينه في ضوء النموذج الكمي ليدل على الحجم النسبي وطاقات المجالات.

العدد الكمي Quantum Number العدد المخصص لوصف الإلكترون في مجالات الطاقة الرئيسية.

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 12 و 18 و 13 في الجدول الدوري الحديث، وتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

(ق)

قاعدة الثمانية Octet Rule تنص على أن الذرات تسعى إلى اكتساب الإلكترونات أو خسارتها أو المشاركة بها؛ لكنها تصل للتركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

قاعدة هوند Hund's Rule تنص على أن تبعية 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.

(غ)

الغازات النبيلة Noble Gases عناصر المجموعة 18 الخامدة جدًا.

(ك)

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكمبروسابية 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 تفقدتها.

(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، وتتنتمي إلى الفئة d في الجدول الدوري، مع وجود بعض الاستثناءات التي تتعلق بامتلاء المجال s من مجال الطاقة n، وامتناعه 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، و5f تكون ممتلئة أو ممتلئة جزئياً.

الفلزات Nonmetals عناصر تكون عموماً إما غازات أو مواد صلبة معتمة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

الملح المائي Hydrates مادة أيونية صلبة يرتبط بذراتها عدد محدد من جزيئات الماء.

(م)

المادة المتفاعلة الفائضة Excess Reactant المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

(ن)

نسبة المردود المئوية Percent Yield النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والنتائج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

نموذج بحر الإلكترونات Electron Sea Model يقترح هذا النموذج تشارُك جميع الذرات في الفلز الصلب بالكترونات التكافؤ مكونة بحراً من الإلكترونات، وهي يفسّر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

VSEPR نموذج التناfar بين أزواج الكترونات التكافؤ Model نموذج التناfar 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 كيميائياً توجد في المجموعة 17 في الجدول الدوري.

(وـ)

وحدة الصيغة الكيميائية Formula Unit أبسط نسبة يمكن أن تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant المادة المتفاعلة التي تستهلك تماماً خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.

مبدأ أوهباو 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 تكون مجالات الطاقة الثانوية مجال الطاقة الرئيس.

المجال الفرعى Atomic Orbital منطقة ذات ثلاثة أبعاد، توجد حول نواة الذرة، وهي تصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترونات.

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

المردود الفعلى 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.

الجداؤل الدوري للعناصر

يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزًا أو شبه فلز أو لا فلز.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
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	Tennessee 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)

جدائل مرجعية

جدائل مرجعية

العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية مشابهة.

The diagram illustrates the periodic table with various annotations:

- Element Properties:** A callout box points to Hydrogen (H) in group 1, explaining that the elements in each group share similar chemical properties. Labels include: العنصر (Element), العدد الذري (Atomic Number), الرمز (Symbol), الكتلة الذرية (Atomic Mass), and حالة المادة (State of Matter).
- State Symbols:** A legend shows four symbols: غاز (Gas) with a red balloon, سائل (Liquid) with a blue drop, جامد (Solid) with a white cube, and مُصنوع (Synthetic) with a circle containing a dot.
- Group Numbering:** A callout box indicates that the three numbers above a group header (e.g., 1, 2, 3) represent the state of the element at room temperature, while the fourth number (e.g., H, Li, Be) indicates the synthetic nature of the element.
- Periodic Trends:** Two callout boxes point to the lanthanide series (Ce to Lu) and the actinide series (Th to Pu), stating that they are the longest lived isotopes of their respective elements.

الكتلة الذرية	العنصر	الرمز	العدد الذري	الحالة المادية
1.008	Hydrogen	H	1	غاز
6.941	Lithium	Li	3	سائل
9.012	Beryllium	Be	4	جامد
22.990	Sodium	Na	11	مُصنوع
24.305	Magnesium	Mg	12	
39.098	Potassium	K	19	
40.078	Calcium	Ca	20	
44.956	Scandium	Sc	21	
47.867	Titanium	Ti	22	
50.942	Vanadium	V	23	
51.996	Chromium	Cr	24	
54.938	Manganese	Mn	25	
55.845	Iron	Fe	26	
58.933	Cobalt	Co	27	
85.468	Rubidium	Rb	37	
87.62	Strontium	Sr	38	
88.906	Yttrium	Y	39	
91.224	Zirconium	Zr	40	
92.906	Niobium	Nb	41	
95.94	Molybdenum	Mo	42	
(98)	Technetium	Tc	43	
101.07	Ruthenium	Ru	44	
102.906	Rhodium	Rh	45	
132.905	Cesium	Cs	55	
137.327	Barium	Ba	56	
138.906	Lanthanum	La	57	
178.49	Hafnium	Hf	72	
180.948	Tantalum	Ta	73	
183.84	Tungsten	W	74	
186.207	Rhenium	Re	75	
190.23	Osmium	Os	76	
192.217	Iridium	Ir	77	
(223)	Francium	Fr	87	
(226)	Radium	Ra	88	
(227)	Actinium	Ac	89	
(261)	Rutherfordium	Rf	104	
(262)	Dubnium	Db	105	
(266)	Seaborgium	Sg	106	
(264)	Bohrium	Bh	107	
(277)	Hassium	Hs	108	
(268)	Meitnerium	Mt	109	
140.116	Cerium	Ce	58	
140.908	Praseodymium	Pr	59	
144.24	Neodymium	Nd	60	
(145)	Promethium	Pm	61	
150.36	Samarium	Sm	62	
232.038	Thorium	Th	90	
231.036	Protactinium	Pa	91	
238.029	Uranium	U	92	
(237)	Neptunium	Np	93	
(244)	Plutonium	Pu	94	

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا 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 توفيرًا للمكان.

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)