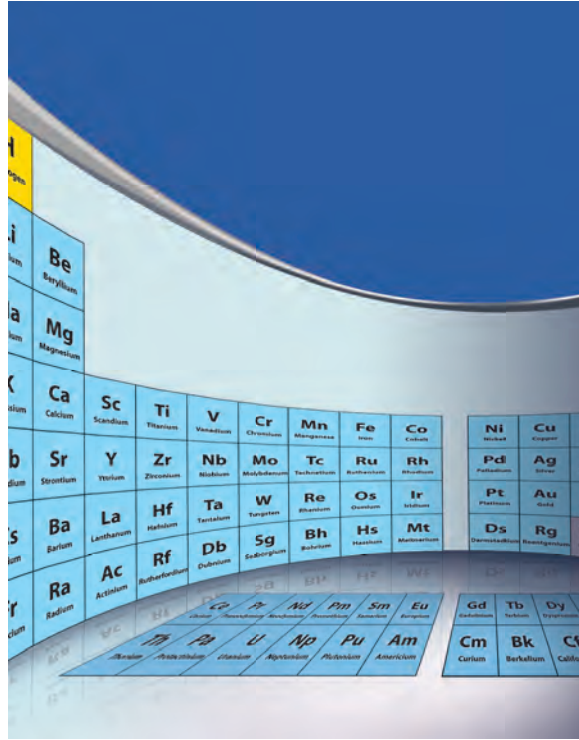




قررت وزارة التعليم تدريس  
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

# كيمياء ٢

التعليم الثانوي  
(نظام المقررات)  
(مسار العلوم الطبيعية)



قام بالتأليف والمراجعة  
فريق من المتخصصين

يوزع مجاناً للإيِّاع

طبعة ١٤٣٨ - ١٤٣٩ هـ  
٢٠١٧ - ٢٠١٨ م



ح) وزارة التعليم ، ١٤٣٨ هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر  
وزارة التعليم

الكيمياء ٢ (كتاب الطالب) التعليم الثانوي نظام المقررات مسار العلوم الطبيعية.  
وزارة التعليم. الرياض ، ١٤٣٨ هـ.

٢٧٤ ص ؛ ٢١ × ٢٧ سم

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٥٠٨-٤٥٦-٧

١ - الكيمياء - مناهج - السعودية ٢ - التعليم الثانوي - مناهج -  
السعودية. أ - العنوان

١٤٣٨/٤٥٥٨

ديوي ٥٤٠,٧١٢

رقم الإيداع : ١٤٣٨/٤٥٥٨

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٥٠٨-٤٥٦-٧

لهذا المقرر قيمة مهمة وفائدة كبيرة فلنحافظ عليه، ولنجعل نظافته تشهد على حسن سلوكنا معه.

إذا لم نحفظ بهذا المقرر في مكتبتنا الخاصة في آخر العام للاستفادة ، فلنجعل مكتبة مدرستنا تحتفظ به.

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم - المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم

موقع

[www.moe.gov.sa](http://www.moe.gov.sa)

مشروع الرياضيات والعلوم الطبيعية

موقع

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

البريد الإلكتروني :

لقسم العلوم - الإدارة العامة للمناهج

[science.cur@moe.gov.sa](mailto:science.cur@moe.gov.sa)



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها في إطار الخطة العامة للمملكة، وسعيها إلى مواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب كيمياء ٢ للتعليم الثانوي (نظام المقررات) في إطار مشروع تطوير تدريس الرياضيات والعلوم الطبيعية في المملكة، الذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تدريس هاتين المادتين، بحيث يكون الطالب فيهما هو محور العملية التعليمية التعلمية. وقد جاء هذا الكتاب في ستة فصول، هي: الإلكترونات في الذرات، والجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر، والمركبات الأيونية والفلزات، والروابط التساهمية، والحسابات الكيميائية، والهيدروكربونات.

والكيمياء فرع من العلوم الطبيعية يتعامل مع بنية المادة ومكوناتها وخصائصها النشطة. ولأن المادة هي كل شيء يشغل حيزاً في الفراغ وله كتلة، إذن فالكيمياء تهتم بدراسة كل شيء يحيط بنا، ومن ذلك السوائل التي نشربها، والغازات التي نتنفسها، والمواد التي يتكون منها جهازنا الخلوي، وطبيعة الأرض تحت أقدامنا. كما تهتم بدراسة جميع التغيرات والتحويلات التي تطرأ على المادة. فالنفط الخام يحوّل إلى منتجات نفطية قابلة للاستخدام بطرائق كيميائية، وكذلك تحويل بعض المنتجات النفطية إلى مواد بلاستيكية. والمواد الخام المعدنية يستخلص منها الفلزات التي تستخدم في العديد من الصناعات الدقيقة، وفي صناعة السيارات والطائرات. والأدوية المختلفة تستخلص من مصادر طبيعية ثم تفصل وتركب في مختبرات كيميائية. ويتم في هذه المختبرات تعديل مواصفات هذه الأدوية لتتوافق مع المواصفات الصيدلانية، وتلبي متطلبات الطب الحديث. وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطلاب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني 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 الاستهلاكية التي تساعد أيضاً على تكوين النظرة الشاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلاكية في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء الموجه



من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمن النشاطات التمهيديّة للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي سيتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية الأخرى التي يمكن تنفيذها من خلال دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو حل المشكلات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الكيمياء في نهاية كل فصل، الذي يتضمن استقصاءً مفتوحاً في نهايته.

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 تعمّق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتضمّن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضاً مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

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

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

# قائمة المحتويات

## الفصل 1

### الإلكترونات في الذرات ..... 10

- 1-1 الضوء وطاقة الكم ..... 12
- 1-2 نظرية الكم والذرة ..... 22
- 1-3 التوزيع الإلكتروني ..... 32
- الكيمياء والصحة: ملاقط الليزر ..... 39

## الفصل 2

### الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر ..... 48

- 2-1 تطور الجدول الدوري الحديث ..... 50
- 2-2 تصنيف العناصر ..... 58
- 2-3 تدرج خواص العناصر ..... 63
- الكيمياء والصحة: العناصر في جسم الإنسان ..... 71

## الفصل 3

### المركبات الأيونية والفلزات ..... 82

- 3-1 تكون الأيون ..... 84
- 3-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية ..... 88
- 3-3 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها ..... 96
- 3-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات ..... 103
- الكيمياء من واقع الحياة: الموضحة القاتلة ..... 106

## الفصل 4

### الروابط التساهمية ..... 116

- 4-1 الرابطة التساهمية ..... 118
- 4-2 تسمية الجزيئات ..... 126
- 4-3 التراكيب الجزيئية ..... 131
- 4-4 أشكال الجزيئات ..... 140
- 4-5 الكهروسالبية والقطبية ..... 144
- كيف تعمل الأشياء : الأقدام اللاصقة ..... 150

## الفصل 5

### الحسابات الكيميائية ..... 160

- 5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية ..... 162
- 5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية ..... 167
- 5-3 المادة المحددة للتفاعل ..... 173
- 5-4 نسبة المردود المثوية ..... 180
- الكيمياء والصحة: محاربة السلالات المقاومة ..... 185

## الفصل 6

### الهيدروكربونات ..... 198

- 6-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات ..... 200
- 6-2 الألكانات ..... 206
- 6-3 الألكينات والألكاينات ..... 216
- 6-4 متشكلات الهيدروكربونات ..... 223
- 6-5 الهيدروكربونات الأروماتية ..... 229
- كيف تعمل الأشياء: تحويل المخلفات إلى طاقة ... 235

## الملاحق

- دليل العناصر الكيميائية ..... 246
- المصطلحات ..... 265
- الجدول الدوري للعناصر ..... 272



# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتاب ليس كتاباً أدبياً أو رواية خيالية، بل يصف أحداثاً وأفكاراً من واقع حياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنتم تقرأه طلباً للعلم والمعلومات. وفيما يلي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

## قبل أن تقرأ

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

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

**1 الإلكترونيات في الذرات**  
Electrons in Atoms

**الفكرة العامة** (التي تساعدك على فهم محتوى هذا القسم):  
تساعدك على فهم طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

**1-1 الضوء وطاقة الكم**  
**الفكرة الرئيسية** (التي تساعدك على فهم محتوى هذا القسم):  
تساعدك على فهم طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

**1-2 نظرية الكم والذرة**  
**الفكرة الرئيسية** (التي تساعدك على فهم محتوى هذا القسم):  
تساعدك على فهم طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

**1-3 التوزيع الإلكتروني**  
**الفكرة الرئيسية** (التي تساعدك على فهم محتوى هذا القسم):  
تساعدك على فهم طبيعة الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

**حقائق كيميائية**  
يستخدم العلماء طيف الامتصاص النجمي لتحديد العناصر التي تتكون منها النجوم وتعيينه 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 عظم تقريباً في طيف الامتصاص الشمسي.

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

## للتوصل على رؤية عامة عن الفصل

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

## نشاطات تمهيدية

### المطويات الإلكترونية

عمل مطوية تساعدك على تلخيص القواعد الثلاث التي تحدد ترتيب الإلكترونات في الذرة.

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

**خطوة 2** اطو الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.

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

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

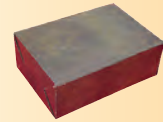
استخدم هذه المطوية في القسم 3-1. وخص كل قاعدة تحت التيوب المناسب لها في أثناء قراءتك هذا القسم.

الكتاب: الكيمياء في حياتنا اليومية  
للمراجعة عن هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:  
www.obeikaneducation.com

### تجربة استهلاكية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

إذا أخذت إليك هدفة في علية يناسب نجاحك، وحاولت أن تتوقع الهدية دون فتحها. فإن ما قمت به يشبه ما قام به الكيميائيون الأوائل لتحديد تركيب الذرة.



#### خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- احصل على صندوق مغلف 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؟
- حدد الخواص التي استخدمتها في ملاحظاتك.
- ناقش لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود داخل الصندوق دون فتحه؟
- استقصاء بعد قراءتك هذا الفصل، صمّم استقصاء آخر يوضح الصعوبات المرتبطة مع دراسة مكونات الذرة.



# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

## عندما تقرأ

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

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

### 1-1

#### الأهداف

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

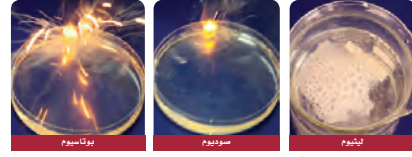
#### الضوء وطاقة الكم

#### Light and Quantized Energy

**الفكرة الرئيسية:** للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية، موجية وجسيمية. **الربط مع الحياة:** هل قمت يوماً بتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم بحزْم صغيرة من الطاقة بتسخينه في وقت قصير.

#### الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات The Atom and Unanswered Questions

بعد اكتشاف الجسيمات الثلاثة المكوِّنة للذرة مع بداية القرن التاسع عشر، واصل العلماء جهودهم لفهم تركيب الذرة وتوزيع الإلكترونات داخلها. اقترح رذرفورد أن شحنة نواة الذرة موجبة، وأن كتلة الذرة متركزة في النواة المحاطة بالإلكترونات سريعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضاً سبب عدم انجذاب الإلكترونات السالبة للشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكن العلماء من تفسير الاختلاف والتشابه في السلوك الكيميائي للعناصر المختلفة. فعلى سبيل المثال، توجد عناصر الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم في دورات مختلفة من الجدول الدوري، ومع ذلك فخواصها الكيميائية متشابهة؛ فهي تظهر في صورة فلزات في الطبيعة، وتتفاعل ذراتها بشدة مع الماء مطلقة غاز الهيدروجين ولكنها تختلف في شدة تفاعلها، حيث يتفاعل كل من الصوديوم والبوتاسيوم بشدة مع الماء، كما في الشكل 1-1، حتى أن غاز الهيدروجين قد يشتعل عندئذ أو يتفجر. في أوائل القرن التاسع عشر بدأ العلماء كشف لغز السلوك الكيميائي؛ إذ لاحظوا انبعاث ضوء مرئي من عناصر معينة عند تسخينها بواسطة الذهب. وأظهر تحليل هذا الضوء المنبعث ارتباط سلوك العنصر الكيميائي بتوزيع الإلكترونات في ذراته. وفهم هذه العلاقة وطبيعة البناء الذري، سيكون من المفيد أولاً فهم طبيعة الضوء.



الشكل 1-1: للمعادن المختلفة تفاعلات متشابهة مع الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

12

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

## مهارات قرائية

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

16

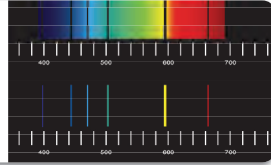
8

# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

## بعدها قرأت

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

**الشكل 9-1** الطيف الأول، طيف امتصاص، يتألف من خطوط سوداء فوق طيف مستمر، وترتبط الخطوط السوداء مع ترددات معينة بمتصفها عنصر محدد، هو الهيليوم في هذه الحالة، ويمكن مطابقتها بالخطوط الملوّنة في طيف انبعاث الهيليوم المبين أسفل طيف الامتصاص.



هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة  $E_{photon} = h\nu$ ، لذا تبعث الفوتونات إلكترونات ذات الطاقات المحددة فقط، ولم ينتج أحد هذه 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 فينبعث طيف الامتصاص. وتظهر الترددات المنبثقة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في الشكل 9-1. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

يختتم كل قسم بتقويم يحتوي على خلاصة وأسئلة.

الخلاصة تراجع المفاهيم الرئيسية، بينما تختبر

الأسئلة فهمك لما درسته.

### التقويم 1-1 الخلاصة

8. **الفكرة الرئيسية** قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
  9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
  10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
  11. قوم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدتها.
  12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
  13. احسب يتطلب تسخين 235 g ماء من درجة حرارة  $22.6^\circ\text{C}$  إلى  $94.4^\circ\text{C}$  في الميكرويف  $7.06 \times 10^4 \text{ J}$  من الطاقة، إذا كان تردد الميكرويف يساوي  $2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  فما عدد الكرات اللازمة للحصول على  $7.06 \times 10^4 \text{ J}$  من الطاقة.
  14. تفسّر الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين الفئتين التاليتين.
1. أطول طول موجة a. إشعاع جاما
  2. أعلى تردد b. موجة تحت الحمراء
  3. أعلى طاقة c. موجات الراديو

## دليل مراجعة الفصل

### 1

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

#### 1-1 الضوء وطاقة الكم

<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<b>الفكرة الرئيسية</b> الضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.
<b>المفردات</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ثابت بلانك</li> <li>• السعة</li> <li>• طيف الانبعاث الذري</li> <li>• الإشعاع الكهرومغناطيسي</li> <li>• الطيف الكهرومغناطيسي</li> <li>• التردد</li> <li>• التأثير الكهروضوئي</li> <li>• الفوتون</li> <li>• الكم</li> </ul>
<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعرف الموجات بأطوالها الموجية و ترددها وسعتها وسرعتها.</li> <li>• <math>c = \lambda \nu</math></li> <li>• تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.</li> <li>• للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.</li> <li>• تختص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.</li> <li>• <math>E_{ph} = h\nu</math></li> <li>• يُنتج الضوء الأبيض طيفاً متصلاً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.</li> </ul>

#### 1-2 نظرية الكم والذرة

<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<b>الفكرة الرئيسية</b> تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.
<b>المفردات</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• حالة الاستقرار</li> <li>• العدد الكمي</li> <li>• مبدأ هايزنبرج للشك</li> <li>• العدد الكمي الرئيس</li> <li>• مستوى الطاقة الرئيس للذرة</li> <li>• مستوى الطاقة الثانوي</li> </ul>
<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.</li> <li>• تربط معادلة دي بروي بين طول موجة الجسيم وكتلته والتردد وثابت بلانك.</li> <li>• <math>\lambda = h / m\nu</math></li> <li>• يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.</li> <li>• تحل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.</li> </ul>

#### 1-3 التوزيع الإلكتروني

<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<b>الفكرة الرئيسية</b> عدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.
<b>المفردات</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• التوزيع الإلكتروني</li> <li>• مبدأ أوفباو</li> <li>• قاعدة هوند</li> <li>• إلكترونات التكافؤ</li> <li>• التمثيل النقطي للإلكترونات (غثيل لويس)</li> </ul>
<b>المفاهيم الرئيسية</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.</li> <li>• يحدد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند.</li> <li>• تحدد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.</li> <li>• يمكن كتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات والتمثيل الإلكتروني، والتمثيل النقطي للإلكترونات.</li> </ul>

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

## طرائق أخرى للمراجعة

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



# الإلكترونات في الذرات

## Electrons in Atoms

# 1

# الفصل



طيف الامتصاص لنجم  
منكب الجوزاء



طيف الامتصاص لنجم  
رجل الجبار أو الصياد

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

### 1-1 الضوء وطاقة الكم

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

### 1-2 نظرية الكم والذرة

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

### 1-3 التوزيع الإلكتروني

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

## حقائق كيميائية

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



## نشاطات تمهيدية

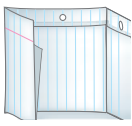
**التوزيع الإلكتروني**  
اعمل مطوية تساعدك  
على تلخيص القواعد  
الثلاث التي تحدد ترتيب  
الإلكترونات في الذرة.

### المطويات

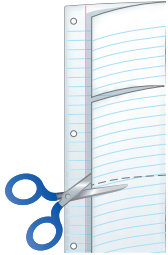
منظمات الأفكار



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



**خطوة 2** اطو الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.



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

**خطوة 4** عنون الأجزاء

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

التوزيع الإلكتروني		
قاعدة هوند	مبدأ باولي	مبدأ أوفباو

**المطويات** استخدم هذه المطوية في

**القسم 3-1**، ولخص كل قاعدة تحت التبويب المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا القسم.

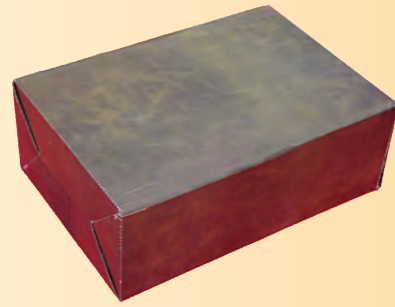
للمرجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## تجربة استهلاكية

**كيف تعرف ما بداخل الذرة؟**

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



### خطوات العمل

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

### تحليل النتائج

1. صف كيف تمكنت من تحديد صفات الجسم الموجود داخل الصندوق، ومنها حجمه وشكله ومكوناته؟

2. حدّد الحواس التي استخدمتها في ملاحظتك.
3. ناقش لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود داخل الصندوق دون فتحه؟

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

## الضوء وطاقة الكم

## Light and Quantized Energy

تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.

تعرف طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.

تقارن بين الطيف

الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

## مراجعة المفردات

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

## المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي  
الطول الموجي  
التردد  
سعة الموجة

الطيف الكهرومغناطيسي  
الكم  
ثابت بلانك  
التأثير الكهروضوئي  
الفوتون

طيف الانبعاث الذري

الشكل 1-1 للعناصر المختلفة

تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

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

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

## الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات

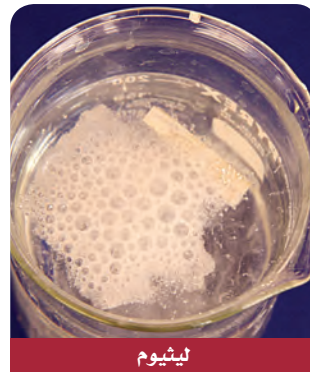
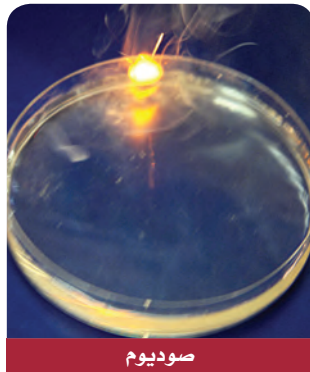
## The Atom and Unanswered Questions

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

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

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



زيادة شدة التفاعل ←

## الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

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

**خصائص الموجات** يمكن أن توصف الموجات جميعها بخصائص عدة، قد يكون بعضها مألوفاً لك. فعند رميك حجراً في بركة ماء مثلاً تتكون موجات دائرية مركزها الحجر الذي رميته تشبه تلك التي تظهر في الشكل 1-2a.

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

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

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

تعلمت سابقاً أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في الشكل 1-2b بتحريك نهاية الحبل الحرة إلى أسفل أو أعلى مسافة كبيرة. وتعرف **سعة الموجة** بأنها مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل. والطول الموجي والتردد لا يؤثران في سعة الموجة.

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية - ومنها الضوء المرئي - بسرعة ثابتة  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$  في الفراغ، ويرمز لسرعة الضوء بالرمز c، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تردده (ν).

### معادلة سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

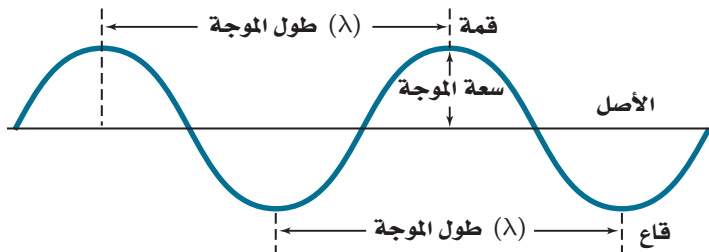
حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

λ الطول الموجي.

ν التردد.

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

$$c = \lambda \nu$$



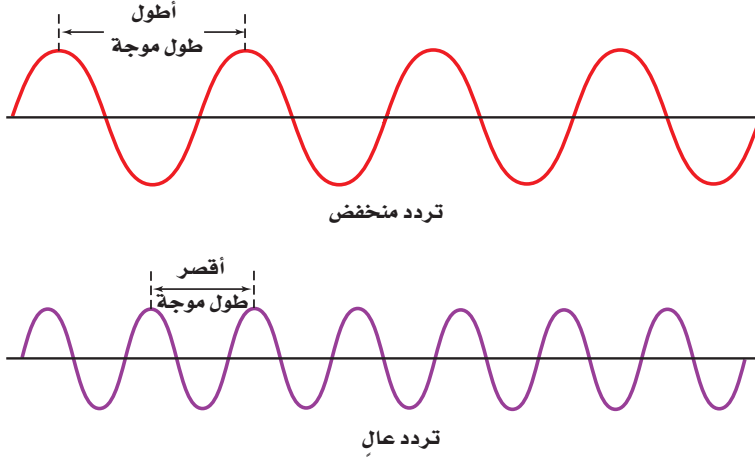
الشكل 1-2 a. تُظهر الموجات المائية المتحدّة المركز الصفات المميزة لكل الموجات.

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

حدّد من الصورة، قمة، وقاعاً، وطولاً موجياً.







### الشكل 3-1 توضح هذه الموجات العلاقة

بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلّ التردد.

### استنتج هل يؤثر التردد والطول الموجي

في سعة الموجة؟

على الرغم من تساوي سرعة الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الفراغ إلا أنه قد يكون للموجات أطوال موجات وترددات مختلفة. وكما ترى من المعادلة في الصفحة السابقة، فإن الطول الموجي والتردد يتناسبان عكسياً أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحو أفضل، تفحص الموجتين المرسومتين في الشكل 3-1. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تنتقلان بسرعة الضوء إلا أنك تستطيع ملاحظة أن الموجة الحمراء لها طول موجة أكبر وتردد أقل من الموجة البنفسجية.

**الطيف الكهرومغناطيسي** يحتوي ضوء الشمس - وهو مثال على الضوء الأبيض - على مدى متصل من أطوال الموجات والترددات. وعند مرور الضوء الأبيض من خلال المنشور ينفصل إلى طيف متصل من الألوان يشبه الطيف المبين في الشكل 4-1، 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.



### الشكل 4-1 عندما يمر الضوء الأبيض عبر

منشور ينفصل إلى مكوناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.

## مهن في الكيمياء

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

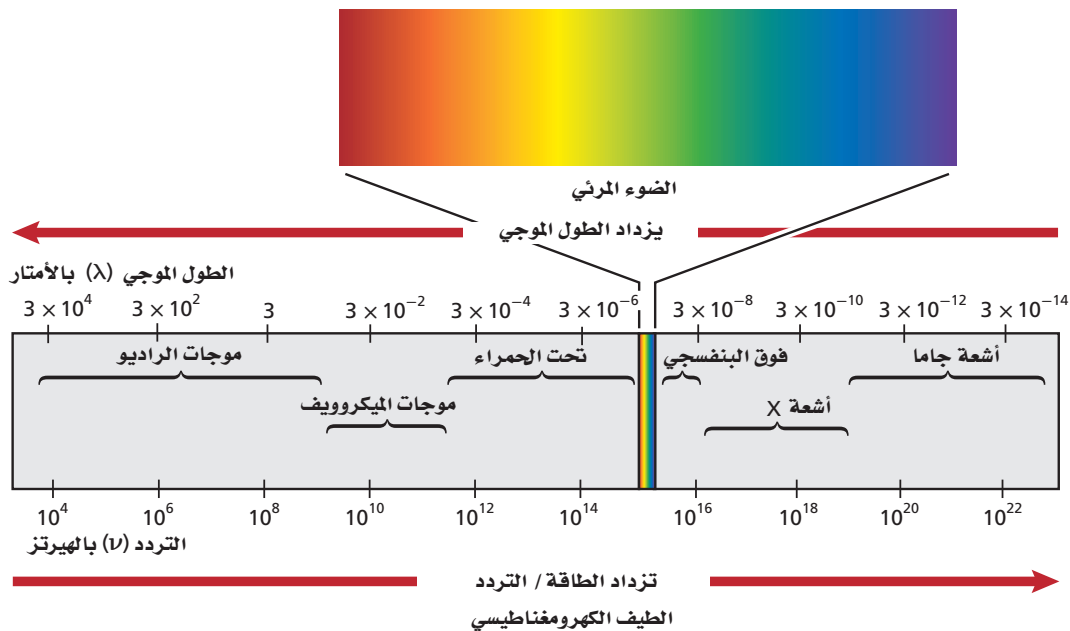
يظهر الطيف المرئي للضوء، في الشكل 1-4، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في الشكل 1-5. ويشتمل **الطيف الكهرومغناطيسي**، على أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط، ويظهر الشكل 1-4 اختلاف زاوية ميل الإشعاع باختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور، مما ينتج عنه سلسلة من الألوان (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي وبنفسجي). كما نلاحظ عند دراسة طاقة الإشعاع المبينة في الشكل 1-5، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وبناءً على ذلك، يُظهر الشكل 1-3 أن تردد الضوء البنفسجي أكبر. وعليه فإن طاقته أكبر من الضوء الأحمر. وستدرس لاحقاً العلاقة بين التردد والطاقة.

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

✓ **ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وتردده.**

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

**الشكل 1-5** يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعاً من الترددات، ويشكل جزء الطيف المرئي منه حيزاً ضيقاً جداً. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



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

### 1 تحليل المسألة

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

**المطلوب**  
 $\lambda = ? \text{ m}$

**المعطيات**

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

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

### 2 حساب المطلوب

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

$$c = \lambda \nu$$

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$\lambda = c / \nu$$

حل لإيجاد  $\lambda$

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

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

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

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

اقسم الأرقام والوحدات

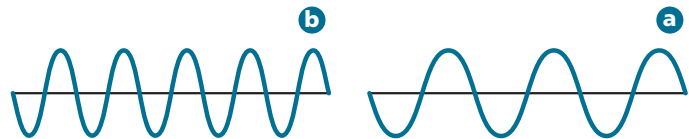
$$\lambda = 8.72 \times 10^{-2} \text{ m}$$

### 3 تقويم الإجابة

الإجابة معبر عنها بوحدات صحيحة للطول الموجي ( $\text{m}$ ). وكلتا القيمتين المعروفتين في المسألة معبر عنها بثلاثة أرقام معنوية، لذا، يجب أن تحتوي الإجابة على ثلاثة أرقام معنوية، وهي كذلك. وقيمة الطول الموجي ضمن نطاق الطول الموجي للميكروويف المبين في الشكل 5-1.

### مسائل تدريبية

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



## الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

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

**مفهوم الكم** تشع الأجسام ضوءاً عند تسخينها، انظر الشكل 6-1 الذي يوضح هذه الظاهرة؛ إذ تبدو قطعة الحديد رمادية داكنة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها تتوهج باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تتحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سخنت أكثر. وسوف تتعلم أن درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألواناً مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

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

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

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



**الشكل 6-1** يعتمد طول موجة الضوء المنبعث من فلز ساخن، مثل الحديد الموجود عن اليمين، على درجة الحرارة. فالحديد رمادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاج. **فسر** العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.

### 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.



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

### طاقة الكم

حيث  $E$  طاقة الكم

$h$  ثابت بلانك

$\nu$  التردد

طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

$$E_{\text{quantum}} = h\nu$$

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

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

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

وفي **التأثير الكهروضوئي**، تنبعث الإلكترونات المسماة الفوتوالكترونات من سطح الفلز عندما يسقط عليه ضوء بتردد مساو لتردد الفوتون، أو أعلى منه، على سطح الفلز، كما في الشكل 1-7. ويتنبأ النموذج الموجي، أنه حتى الضوء المنخفض الطاقة، والمنخفض التردد سوف يتراكم ويوفر الطاقة اللازمة لإطلاق الفوتوالكترونات من فلز ما مع مرور الوقت. وفي الحقيقة، لن يطلق الفلز الفوتوالكترونات إذا كان الضوء الساقط عليه ذا تردد أقل من التردد اللازم لإطلاق الفوتوالكترون. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للضوء الأقل تردداً من  $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$  إطلاق الفوتوالكترونات من فلز الفضة مهما كانت شدته أو زمن تأثيره. إلا أن الضوء الباهت الذي تردده يساوي  $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$  أو أكبر من ذلك يطلق الفوتوالكترونات من فلز الفضة.

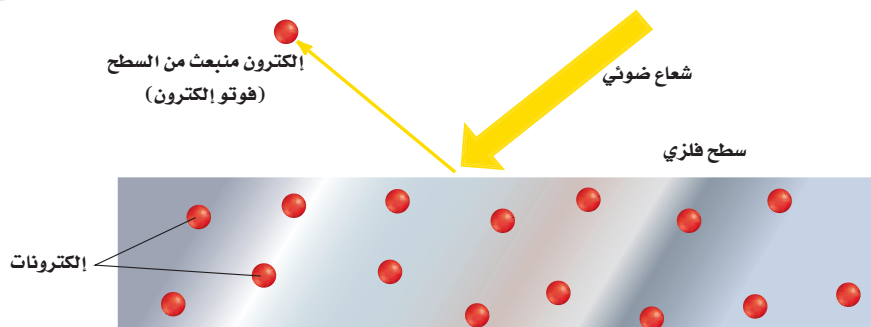
**ماذا قرأت؟** صف التأثير الكهروضوئي.

## الكيمياء في واقع الحياة

### الطاقة الشمسية



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



**الشكل 1-7** يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزداد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

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

### طاقة الفوتون

حيث  $E$  طاقة الفوتون

$h$  ثابت بلانك

$\nu$  التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

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

وكما اقترح أينشتاين أيضًا أن لكل فوتون حدًا معينًا من الطاقة يؤدي إلى إطلاق الفوتوإلكترون 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 الفوتوإلكترون. هذا وقد فاز أينشتاين بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1921م لقيامه بهذا البحث.

### مثال 1-2

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

#### 1 تحليل المسألة

##### المعطيات

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

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

#### 2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

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

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

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s} \text{ ، } \nu = 7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ عوض}$$

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

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسّمها

#### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

5. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التالية:

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

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

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

6. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي  $0.125 \text{ m}$  لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

7. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخَّن إلى درجة حرارة  $1500 \text{ K}$  تقريبًا،

يشع لونًا أزرق ذا طول موجي  $4.50 \times 10^2 \text{ nm}$ . ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

## طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

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

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

### ✓ ماذا قرأت؟ وضح كيف ينتج طيف الانبعاث؟

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

يوضح الشكل 8-1 التوهج الأرجواني - الزهري المميز الناتج عن تهيج ذرات الهيدروجين، والذي ينتج عند مروره بمنشور خطوط الطيف الأربعة المميزة لعنصر الهيدروجين. لاحظ اختلاف الطبيعة الخطية لطيف انبعاث الهيدروجين الذري عن طبيعة الطيف المستمر.

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

## تجربة

### تحديد ماهية المركبات

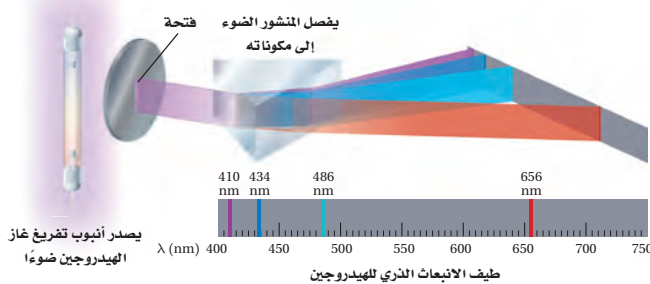
كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اغمس أحد أعواد تنظيف الأذن المقطعية الستة في محلول كلوريد الليثيوم، ثم عرضه للهب بنزن، ولاحظ لون اللهب، وسجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
3. كرر الخطوة 2 مستخدمًا محاليل الفلزات التالية: كلوريد الصوديوم، كلوريد البوتاسيوم، كلوريد الكالسيوم، كلوريد الاسترانسيوم، وسجل لون كل لهب في جدول البيانات.
4. قارن نتائج اختبار لون اللهب بما في كتيب العناصر في نهاية الكتاب.
5. كرر الخطوة 2 مستخدمًا عينة من محلول مجهول يزودك بها المعلم، ثم سجل لون اللهب الناتج.
6. تخلص من عيدان القطن المستعملة كما يرشدك المعلم.

### التحليل

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

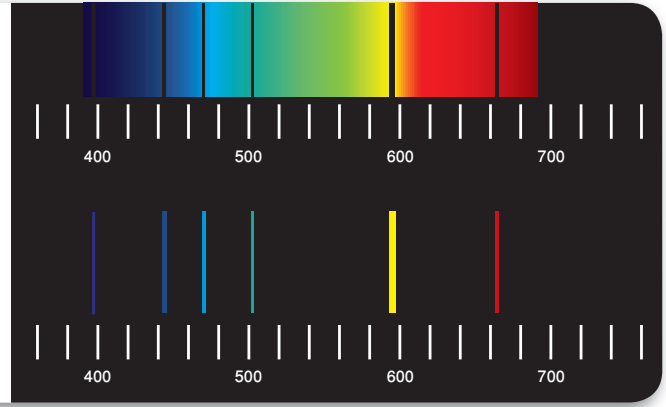


**الشكل 8-1** يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال موجية مختلفة.

**حدد أي خط له أعلى طاقة؟**

### الشكل 9-1 الطيف الأول: طيف امتصاص،

يتألف 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 المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة  $E_{\text{photon}} = h\nu$ ، لذا تنبعث الفوتونات إلكترونات ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تمتص العناصر ترددات محددة من الضوء فيتكوّن طيف الامتصاص. وتظهر الترددات الممتصة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في الشكل 9-1. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

## التقويم 1-1 الخلاصة

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

8. **الفكرة الرئيسية** قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
11. قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
13. احسب يتطلب تسخين 235 g ماء من درجة حرارة  $22.6^\circ\text{C}$  إلى  $94.4^\circ\text{C}$  في الميكروويف  $7.06 \times 10^4 \text{ J}$  من الطاقة، إذا كان تردد الميكروويف يساوي  $2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  فما عدد الكمّات اللازمة للحصول على  $7.06 \times 10^{14} \text{ J}$  من الطاقة.
14. تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين التاليتين.

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



## نظرية الكم والذرة

## Quantum Theory and the Atom

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

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

## Bohr's Model of the Atom نموذج بور للذرة

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

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

كما ربط بور أيضاً بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين والإلكترون داخلها. واقترح أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يتحرك حول النواة في مدارات دائرية مسموح بها فقط. وكلما صغر مدار الإلكترون قلت طاقته أو قل مستوى الطاقة. وعلى العكس من ذلك، كلما كبر مدار الإلكترون زادت طاقة الذرة أو زاد مستوى الطاقة. وبناءً على ذلك، فإن لذرة الهيدروجين حالات إثارة كثيرة، رغم أنها تحتوي على إلكترون واحد. والشكل 1-10 يوضح أفكار العالم بور.

• **تقارن** بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

• **توضح** تأثير كل من الطبيعة الموجية - الجسيمية لدي برولي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرية الحالية للإلكترونات في الذرة.

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

## مراجعة المفردات

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

## المفردات الجديدة

حالة الاستقرار

العدد الكمي

مبدأ الشك لهايزنبرج

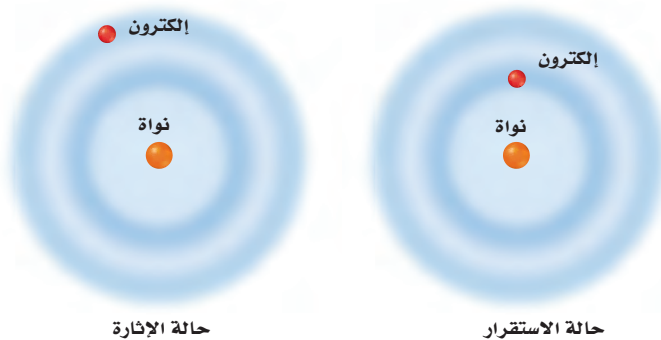
النموذج الميكانيكي الكمي للذرة المستوى

العدد الكمي الرئيس

مستوى الطاقة الرئيس

مستوى الطاقة الثانوي

**الشكل 1-10** 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.



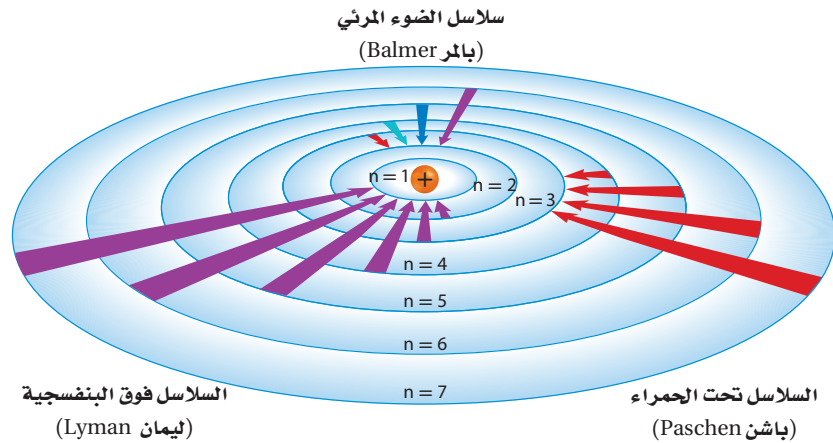
الجدول 1-1 وصف بور لذرة الهيدروجين				الجدول 1-1
مدار بور الذري	العدد الكمي	نصف القطر المداري (nm)	عدد المستويات الثانوية	الطاقة النسبية
الأول	$n=1$	0.0529	1	$E_1$
الثاني	$n=2$	0.212	2	$E_2 = 4E_1$
الثالث	$n=3$	0.476	3	$E_3 = 9E_1$
الرابع	$n=4$	0.846	4	$E_4 = 16E_1$
الخامس	$n=5$	1.32	5	$E_5 = 25E_1$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

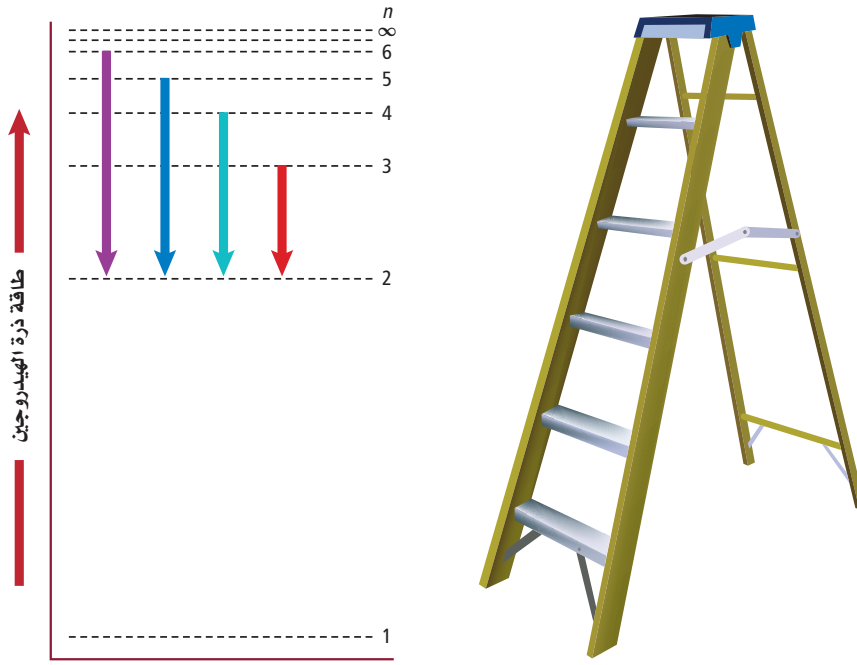
خصص بور لكل مدار عدداً صحيحاً ( $n$ )، أطلق عليه اسم **العدد الكمي** من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول  $n=1$  مساوياً 0.0529 nm، ونصف قطر المدار الثاني  $n=2$  مساوياً 0.212 nm، ويلخص الجدول 1-1 معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها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

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

فرق الطاقة = طاقة المستوى الأعلى - طاقة المستوى الأدنى = طاقة الفوتون  $h\nu$

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





**الشكل 1-12** مستويات الطاقة مشابهة لدرجات السلم. وتمثل الخطوط المرئية الأربعة عودة الإلكترون من المستويات ( $n$ ) الأعلى إلى المستوى  $n=2$ . وكلما زادت قيمة  $n$ ، اقتربت مستويات طاقة الذرة أكثر بعضها من بعض.

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

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

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

**حدود نموذج بور** 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 دائرية.



## النموذج الميكانيكي الكمي للذرة The Quantum Mechanical Model of the Atom

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

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

### العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

$m$  تمثل كتلة الجسيمات

$\lambda$  تمثل طول الموجة

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

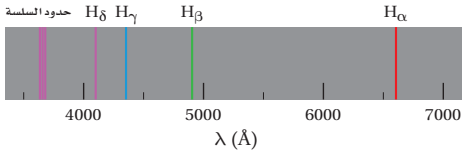
$v$  تمثل التردد

$h$  ثابت بلانك

طول موجة الجسيم هي النسبة بين ثابت بلانك، وناتج ضرب كتلة الجسيم في تردده.

## مختبر حل المشكلات

### تفسير الرسوم العلمية



### التفكير الناقد

1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

a.  $n_i = 3; n_f = 2$

c.  $n_i = 5; n_f = 2$

b.  $n_i = 4; n_f = 2$

d.  $n_i = 6; n_f = 2$

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

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

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

### التحليل

توضح الصورة على الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسلة بالمر للهيدروجين. وتسمى هذه الخطوط  $H_\delta$  (4101 Å),  $H_\gamma$  (4340 Å),  $H_\beta$  (4861 Å),  $H_\alpha$  (6562 Å) وكل طول موجة ( $\lambda$ ) مرتبط مع انتقال إلكترون ضمن ذرة الهيدروجين من خلال المعادلة التالية 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 رذرفورد Rutherford وبور ودي برولي - خفايا الذرة بالتدريج. إلا أن الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الفيزياء النظرية هايزنبرج Heisenberg (1901-1976م) كان له آثاره الكبيرة في النماذج الذرية.

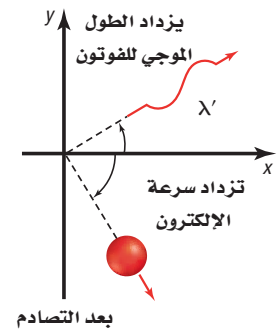
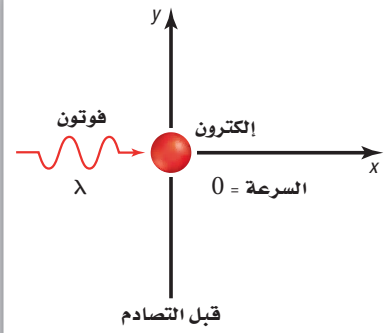
أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالون متقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضاً أن تحدد مكان البالون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

ولأن البالون جسم كبير نسبياً، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكس عنه على موقعه صغيراً جداً وغير ملاحظ. ولكن تصور محاولة تحديد مكان الإلكترون باصطدامه مع فوتون عالي الطاقة. ولأن للفوتون طاقة ماثلة لطاقة الإلكترون نفسه، لذا فإن التصادم بين الجسمين يغير كلياً من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتجهة، كما في الشكل 1-13، أي أنه يحدث تغير لا يمكن تجاهله في مكان الإلكترون وحركته. لقد أدى تحليل هايزنبرج لمثل تلك التصادمات بين الفوتونات والإلكترونات إلى استنتاجه التاريخي، وهو "مبدأ هايزنبرج للشك" الذي ينص على أنه من المستحيل معرفة سرعة جسيم ومكانه في الوقت نفسه بدقة.

**ماذا قرأت؟** **وضح** مبدأ هايزنبرج للشك.

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

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



**الشكل 1-13** عندما يصطدم فوتون

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

**فسر** لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

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

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

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

**موقع الإلكترون المحتمل** تنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة تُسمى **المستوى**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون. يشبه المستوى الفرعي سحابة تتناسب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح الشكل 14a-1 خريطة الكثافة الإلكترونية (السحابة الإلكترونية) التي تصف الإلكترون في مستوى الطاقة الأدنى، كما أنها تُعد صورة لحظية لحركة الإلكترون حول النواة، حيث تمثل كل نقطة فيها موقع الإلكترون عند لحظة معينة من الوقت. وتمثل الكثافة العالية للنقاط قرب النواة احتمالاً كبيراً لوجود الإلكترون في هذا الموقع. إلا أنه - بسبب عدم وجود حدود ثابتة للسحابة - من الممكن أيضاً أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

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

#### الشكل 14-1 تمثل خريطة الكثافة احتمال

وجود إلكترون في موقع معين حول النواة.

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

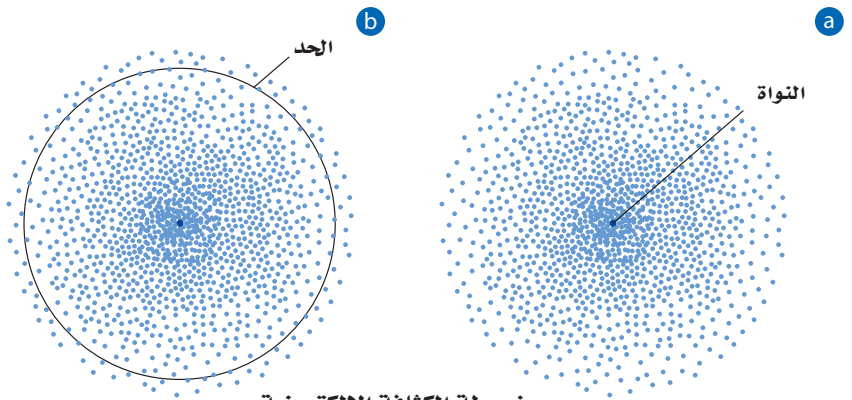
b. يحتمل وجود الإلكترون بنسبة 90% ضمن

المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة.

وأحياناً يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود

الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطاً

ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.



خريطة الكثافة الإلكترونية  
(السحابة الإلكترونية)



## Hydrogen's Atomic Orbitals

## مستويات ذرة الهيدروجين

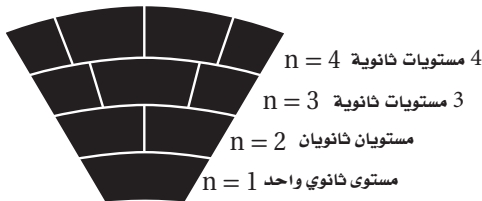
لأن حدود المستوى غير واضحة فليس للمستوى حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المؤكد في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحًا للمستوى يحتوي على 90% من الاحتمال الكلي لوجود الإلكترون. وهذا يعني أن احتمال وجود الإلكترون ضمن هذه الحدود هو 0.9، واحتمال وجوده خارجها هو 0.1. وبعبارة أخرى، فإن احتمال وجود الإلكترون قريبًا من النواة وضمن الحجم المعرف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في الشكل 1-14b تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

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

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

**ماذا قرأت؟** وضح العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

**الشكل 1-15** يمكن التفكير في مستويات الطاقة وكأنها صفوف المقاعد في هذا المسرح الأثري؛ إذ تحتوي الصفوف العليا على مقاعد أكثر. وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة الأبعد عن النواة على مستويات ثانوية أكثر للطاقة.

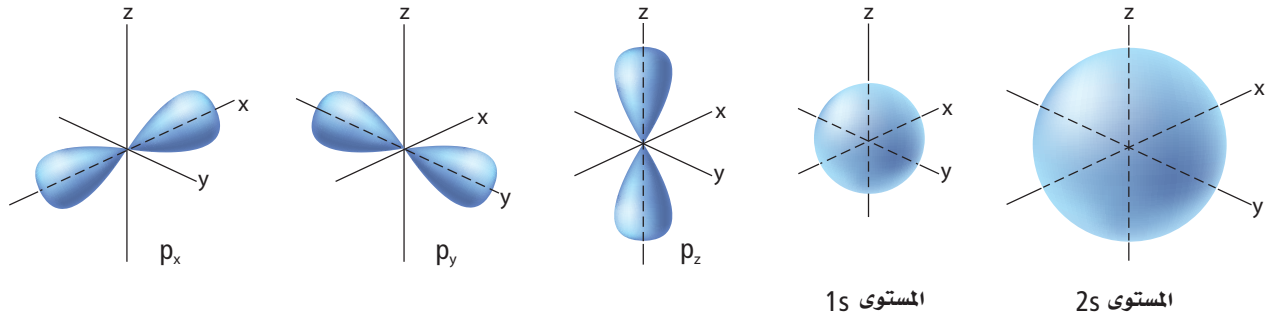


**أشكال المستويات الفرعية** تسمى المستويات الثانوية  $s, p, d, f$  حسب أشكال المستويات الفرعية. فمستويات  $s$  جميعها كروية الشكل، والمستويات  $p$  جميعها تتكون من فصين، أما مستويات  $d$  و  $f$  فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة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

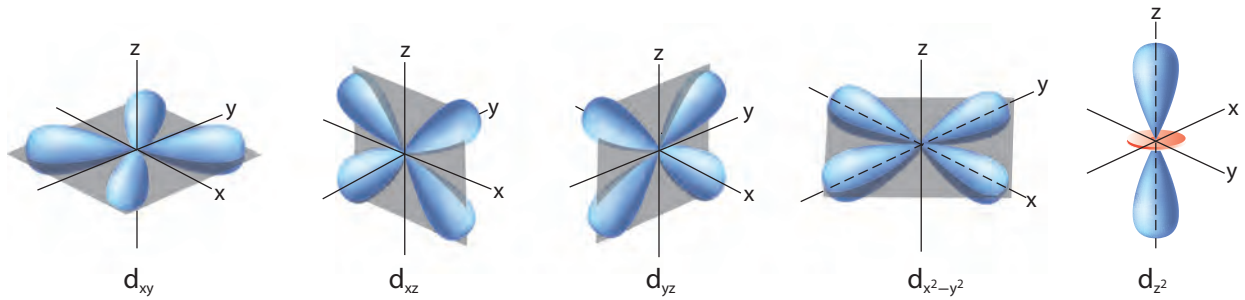
ويُمثل المستوى الثانوي  $2p$  بثلاثة مستويات فرعية يتكون كل منها من فصين، تُسمى:  $2p_x, 2p_y, 2p_z$ . وتعبّر الأحرف  $x$  و  $y$  و  $z$  عن اتجاهات المستويات الفرعية  $p$  على المحاور  $x, y, z$ ، كما في الشكل **1-16b**.

✓ **ماذا قرأت؟** صف أشكال المستويين  $s$  و  $p$ .

**الشكل 1-16** يحتوي كل مستوى ثانوي على مستويات فرعية بأشكال مختلفة.



**a.** المستويات الفرعية  $s$  جميعها كروية وتزداد أحجامها مع ازدياد العدد الكمي الرئيس. **b.** مستويات  $p$  الفرعية الثلاثة لها أشكال فضية موجهة نحو المحاور الثلاثة  $x, y, z$ .



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

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

يحتوي مستوى الطاقة الرئيسي 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 x، y، z، إلا أن المستوى الفرعي الخامس d<sub>z<sup>2</sup></sub> له شكل واتجاه يختلفان عن المستويات الفرعية الأربعة السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في الشكل 1-16c. يحتوي مستوى الطاقة الرابع (n=4) على مستوى ثانوي رابع يُسمى المستوى الثانوي 4f، وهو يحتوي 7 مستويات فرعية ذات طاقة متساوية. وللمستويات الفرعية للمستوى الثانوي f أشكال معقدة متعددة الفصوص.

يلخص الجدول 1-2 مستويات الطاقة الرئيسية الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائماً عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيسي يساوي n<sup>2</sup>.

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



## التقويم 1-2

### الخلاصة

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

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

## ترتيب الإلكترونات في الذرات

### Electron Configuration

**الفكرة الرئيسية** يُحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

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

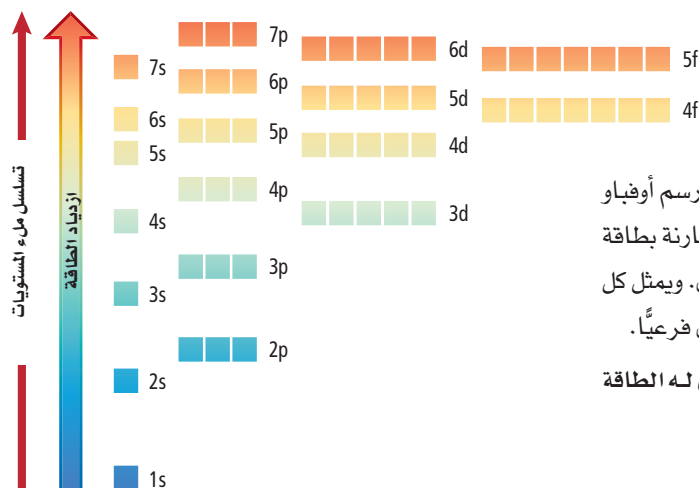
### التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة

#### Ground – State Electron Configuration

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

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

**مبدأ أوفباو** ينص مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) على أن كل إلكترون يشغل المستوى الأقل طاقة. لذا فإن تحديد التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة يتطلب معرفة ترتيب المستويات الفرعية وفق تزايد طاقتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في الشكل 1-17، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوى فرعيًا.



**الشكل 1-17** يوضح رسم أوفباو طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم مستوى فرعيًا.

**حدد** أي مستوى ثانوي له الطاقة الأكبر: 4d أو 5p؟

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

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

### مراجعة المفردات

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

### المفردات الجديدة

التوزيع الإلكتروني

مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)

مبدأ باولي

قاعدة هوند

إلكترونات التكافؤ

التمثيل النقطي للإلكترونات

الجدول 1-3	خواص رسم أوفباو
الخاصية	مثال
طاقة المستويات الفرعية في المستوى الثانوي جميعها متساوية.	المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p جميعها متساوية الطاقة.
في الذرة المتعددة الإلكترونات تكون طاقة المستويات الثانوية المختلفة ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد مختلفة.	طاقة المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p أعلى من طاقة المستوى الفرعي 2s.
تسلسل زيادة طاقة المستويات الثانوية ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد هو s, p, d, f	فإذا كان $n=4$ فسيكون التسلسل لمستويات الطاقة الثانوية 4s, 4p, 4d, 4f.
تستطيع مستويات الطاقة الثانوية لمستوى رئيس أن تتداخل مع مستويات الطاقة الثانوية ضمن مستوى رئيس آخر.	تكون طاقة المستوى الفرعي في المستوى الثانوي 4s أقل من طاقة المستويات الفرعية الخمسة في المستوى الثانوي 3d.

يلخص الجدول 1-3 عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبنى بإضافة إلكترونًا بعد الآخر.

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

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

1.  $\uparrow\downarrow\downarrow\downarrow$
2.  $\uparrow\uparrow\downarrow\downarrow$
3.  $\uparrow\uparrow\uparrow\downarrow$
4.  $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$
5.  $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$
6.  $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$

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

## المفردات

### أصل الكلمة

"أوفباو Aufbau"

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

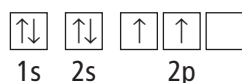
### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## Electron Arrangement التوزيع الإلكتروني

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

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

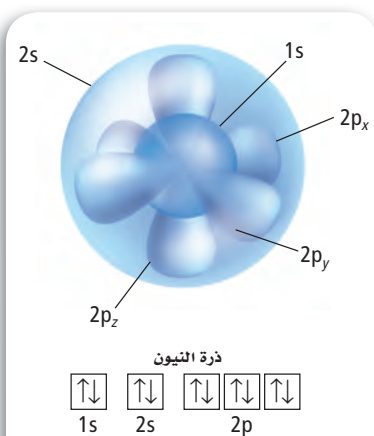


**الترميز الإلكتروني** يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أساساً يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة  $1s^2 2s^2 2p^2$ .

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

ويبين الجدول 1-4 رسم مربعات المستويات والترميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر.

وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات  $1s 2s 2p$ ، ويدخل الإلكترون



**حدد** كم إلكترونًا في ذرة النيون؟

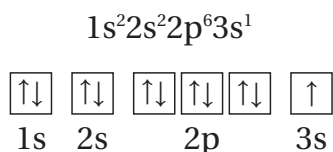
### الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

### الجدول 1-4

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



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


الدورة

الاستخدام العلمي: صف أفقي من العناصر في الجدول الدوري الحديث. هناك سبع دورات في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

الاستخدام الشائع: فترة من الوقت محددة بواسطة ظاهرة متكررة. تستغرق دورة الأرض حول الشمس سنة واحدة.

**ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)** طريقة لتمثيل التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الموجودة في العمود الأخير من الجدول الدوري، ويحتوي مدارها الأخير (ما عدا الهيليوم) على ثمانية إلكترونات، وهي عادة مستقرة. وتستخدم الأقواس المربعة في ترميز الغاز النبيل.

فعلى سبيل المثال، [He] يمثل التوزيع الإلكتروني للهيليوم  $1s^2$ ، و [Ne] يمثل التوزيع الإلكتروني للنيون  $1s^2 2s^2 2p^6$ . قارن بين التوزيع الإلكتروني للنيون 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 5-1 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقتي الترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

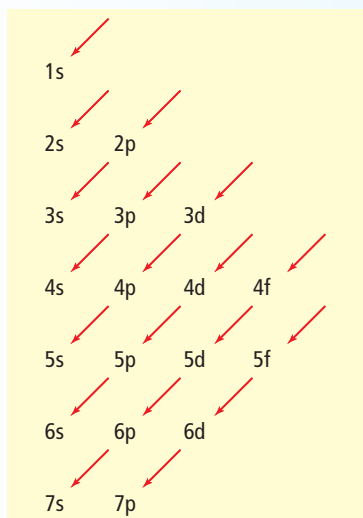
**ماذا قرأت؟**  **وضح** كيف يُكتب ترميز الغاز النبيل لعنصر ما؟ وما ترميز الغاز النبيل للكالسيوم؟

التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18			الجدول 5-1
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	المغنسيوم Mg
$[Ne] 3s^2 3p^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	13	الألمنيوم Al
$[Ne] 3s^2 3p^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	14	السليكون Si
$[Ne] 3s^2 3p^3$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	15	الفوسفور P
$[Ne] 3s^2 3p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	16	الكبريت S
$[Ne] 3s^2 3p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	17	الكلور Cl
$[Ne] 3s^2 3p^6$ أو [Ar]	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	18	الأرجون Ar

**استثناءات التوزيع الإلكتروني** يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا للعناصر التي تبدأ من الفاناديوم ذي العدد الذري 23 وما بعده. ولكن إذا استمرت في توزيع الإلكترونات بالطريقة نفسها فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون  $[Ar] 4s^2 3d^4$  وللنحاس سيكون  $[Ar] 4s^2 3d^9$  وهما غير صحيحين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم  $[Ar] 4s^1 3d^5$ ، وللنحاس  $[Ar] 4s^1 3d^{10}$ . وتوضح التوزيعات الإلكترونية لهذين العنصرين - كما هو الحال لعناصر أخرى - حالة الاستقرار للمستويات نصف الممتلئة والممتلئة d و s.

## استراتيجية حل المسألة

ملء مستويات الطاقة



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

1. ارسم شكل المستويات الثانوية على ورقة بيضاء.
2. حدد عدد إلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علمًا بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.
3. ابدأ بالمستوى 1s، واتبع تسلسل أوفباو للمستويات، وفي أثناء تقدمك أضف الأسس التي تشير إلى عدد الإلكترونات في كل مستوى، واستمر في ذلك حتى يكون لديك مستويات كافية لاستيعاب العدد الكلي من الإلكترونات في ذرة العنصر.
4. طبق ترميز الغاز النبيل.

## طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.

ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

## مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br

b. الإسترانشيوم Sr

c. الأنتيمون Sb

d. الرينيوم Re

e. التيربيوم Tb

f. التيتانيوم Ti

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

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

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

25. تحفيز تحتوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

## إلكترونات التكافؤ Valence Electrons

تحدد إلكترونات التكافؤ، الخواص الكيميائية للعنصر. وتعرف **إلكترونات التكافؤ** بأنها إلكترونات المستوى الخارجي للذرة (مستوى الطاقة الرئيس الأخير). فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت على 16 إلكترونًا، ستة منها فقط تحتل مستويات 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



وعلى الرغم من أن لذرة السيزيوم 55 إلكترونًا فإن لها إلكترون تكافؤ واحدًا، في المستوى 6s، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



**التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)** يمثل الكيميائيون عادة إلكترونات التكافؤ التي تشارك في تكوين الروابط الكيميائية باستخدام طريقة مختصرة، تسمى **التمثيل النقطي للإلكترونات**، وفيها يكتب رمز العنصر الذي يمثل نواة الذرة ومستويات الطاقة الداخلية، محاطًا بنقاط تمثل إلكترونات المستوى الخارجي جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875-1946م) هذه الطريقة عندما كان يدرّس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م. وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تُمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية لتصبح النقاط في صورة أزواج حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح الجدول 1-6 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات			الجدول 1-6
التمثيل النقطي للإلكترونات	الترميز الإلكتروني	العدد الذري	العنصر/رمزه
Li·	1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>	3	Li الليثيوم
·Be·	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup>	4	Be البيريليوم
·B·	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	5	B البورون
·C·	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	6	C الكربون
·N·	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	7	N النيتروجين
:O:	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	8	O الأكسجين
:F:	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	9	F الفلور
:Ne:	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	10	Ne النيون

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

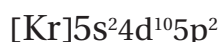
### 1 تحليل المسألة

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

### 2 حساب المطلوب

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

اكتب التوزيع الإلكتروني للقصدير باستخدام ترميز



الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكريبتون Kr

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

ارسم أربعة إلكترونات حول رمز القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير  $\cdot\text{Sn}\cdot$ .

### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

26. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات العناصر الآتية:

c. الزينون Xe

b. الثاليوم Tl

a. الماغنسيوم Mg

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

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

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

التمثيل النقطي الإلكتروني له  $\cdot\text{X}\cdot$ ؟

## التقويم 1-3

### الخلاصة

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يُحدّد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ أو فباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدّد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، والتمثيل النقطي للإلكترونات.

29. **الفكرة الرئيسية** طبق مبدأ باولي، ومبدأ أو فباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

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

30. عرّف إلكترونات التكافؤ.

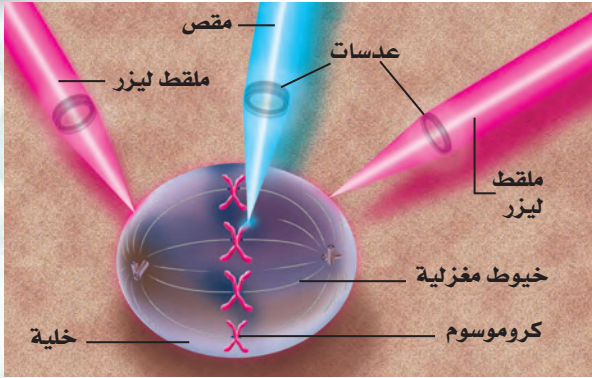
31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات.

32. التوسع عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

33. تفسّر الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي للإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسّر إجابتك.

a.  $\cdot\ddot{\text{Se}}\cdot$  b.  $\cdot\ddot{\text{Se}}\cdot$  c.  $\cdot\ddot{\text{Se}}\cdot$  d.  $\cdot\ddot{\text{S}}\cdot$





**الشكل 2** تستطيع أشعة الليزر الأصفر اختراق العضيات الموجودة داخل الخلايا الحية.

**الليزر والسرطان** أين يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوخة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أي حال لا يعرف العلماء 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 تتكون هذه الملاقط من حزمتي 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 تثبيت الأشياء في أماكنها؟

**الإمساك باستخدام الضوء** عند مرور الأشعة الضوئية من خلال خلية ما فإنها تغير من اتجاهها قليلاً، وهذا مشابه لكيفية انحناء أشعة الضوء عند مرورها بوسط مائي، كحوض السمك مثلاً. وعندما تنحني أشعة الضوء تبذل قوة صغيرة جداً لا تؤثر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح أمكنها عندئذٍ تثبيت جسم صغير في مكانه، كما في الشكل 1.



**الشكل 1** تنحني الحزمة الضوئية في أثناء مرور أشعة الليزر من خلال الخلية، وتبذل الحزمة قوة صغيرة على الخلية تعمل في الاتجاه المعاكس، وتثبت هذه القوة الخلية في مكانها.

## 1-1 الضوء وطاقة الكم

### المفاهيم الرئيسية

- تعرف الموجات بأطوالها الموجية و تردداتها و سرعاتها.
- $c = \lambda v$
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.
- تمتص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.
- $E_{\text{الكم}} = h\nu$
- يُنتج الضوء الأبيض طيفاً متصلاً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

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

### المفردات

- السعة
- طيف الانبعاث الذري
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- التردد
- التأثير الكهروضوئي
- الفوتون
- الكم

## 1-2 نظرية الكم والذرة

### المفاهيم الرئيسية

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي بين طول موجة الجسيم وكتلته والتردد وثابت بلانك.
- $\lambda = h / mv$
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

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

### المفردات

- حالة الاستقرار
- العدد الكمي الفرعي
- مبدأ هايزنبرج للشك
- النموذج الكمي
- مستوى الطاقة الرئيسي
- مستوى الطاقة الفرعية
- مستوى الطاقة الثانوي

## 1-3 التوزيع الإلكتروني

### المفاهيم الرئيسية

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يحدد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تحدد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن كتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات والترميز الإلكتروني، والتمثيل النقطي للإلكترونات.

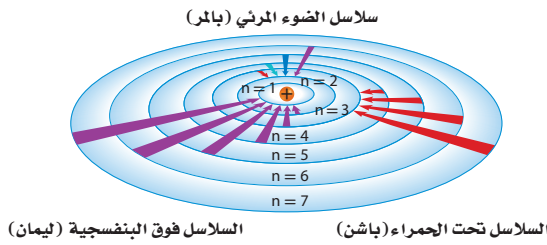
**الفكرة الرئيسية** يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

### المفردات

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

41

60. ما الذي تمثله  $n$  في نموذج بور الذري؟
61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟
62. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟
63. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟
64. ما الذي ترمز إليه  $n$  في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟
65. انتقال الإلكترون اعتماداً على نموذج بور الموضح في الشكل 1-22 ما نوع انتقالات الإلكترون التي تنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

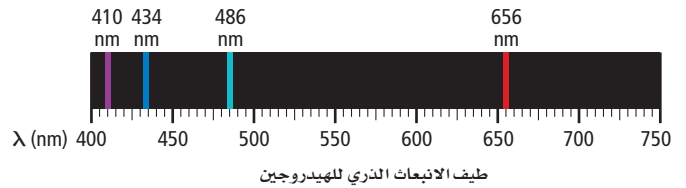


الشكل 1-22

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 الخمسة 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  $1.10 \times 10^{-13} \text{ J}$ ، فما طوله 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  $104.5 \text{ MHz}$ ، فما الطول الموجي للإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟
56. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتون إلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى  $(9.08 \times 10^{-19} \text{ J / photon})$ ؟

57. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً طول موجته  $193.3 \text{ nm}$  فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كم واحد من هذا الإشعاع؟



الشكل 1-21

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين  $486 \text{ nm}$ ، فاستعن بالشكل أعلاه على تحديد لون الخط وتردده؟

## 1-2

### إتقان المفاهيم

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



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

- a. الكربون      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

83. اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

84. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

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

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

- a. Zr      c. Kr  
b. Pb      d. P

86. حدد العنصر الذي يُمثّل بالتوزيع الإلكتروني الآتي:

- a.  $1s^2 2s^2 2p^5$   
b.  $[Ar] 4s^2$   
c.  $[Xe] 6s^2 4f^4$   
d.  $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^4$   
e.  $[Rn] 7s^2 5f^{13}$   
f.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

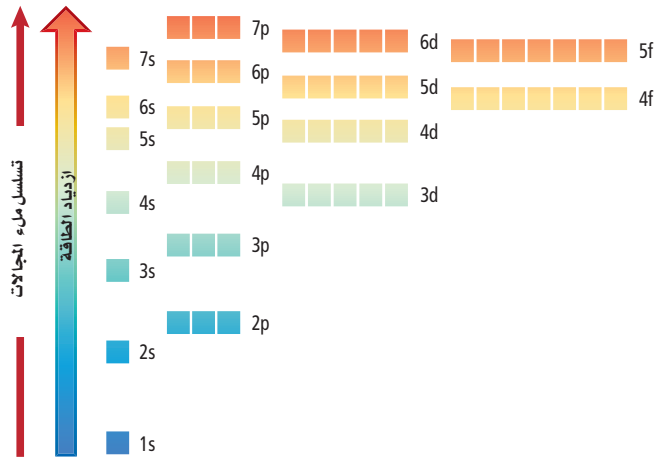
74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

## 1-3

### إتقان المفاهيم

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

76. الروبيديوم وضح باستخدام الشكل 1-23، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 1-23

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

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

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

### مراجعة عامة

92. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات

الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسية الآتية:

a. 3

b. 4

c. 6

d. 7

93. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة

في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

a. s

b. p

c. d

d. f

94. أي العناصر الآتية لديها إلكترونات فقط في تمثيلها النقطي:

الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم،

الكوبالت، البروم، الكربتون، الباريوم؟

95. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطأ أخضر-أزرق في

طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

96. الخارصين: تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في

المستويات 3s و 3p و 3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي

للإلكترونات نقطتان فقط؟

97. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل

[Rn] 7s<sup>1</sup>؟

98. كيف وضح بور طيف الانبعاث الذري؟

87. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 1-24 صحيحة

للذرة في حالة الاستقرار؟

a.

b.

c.

d.

الشكل 1-24

88. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

a. الكربون

b. الزرنيخ

c. البولونيوم

d. البوتاسيوم

e. الباريوم

89. 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؟

90. ما العنصر الذي قد يكون لذرتة التمثيل النقطي

للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 1-25؟

a. المنجنيز

c. الكالسيوم

b. الأنثيمون

d. الساماريوم

•X•

الشكل 1-25

91. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة القصدير في الحالة المستقرة،

باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي

للإلكترونات.

## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

103. لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألواناً

مختلفة، يملأ المصنعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.

104. نموذج رذرفورد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن

العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني أرنست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدماً رسوماً وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

## أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ ينتج خطان متقاربان، أحدهما أصفر والآخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائياً فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء (التحذير) الأمن. يبين الشكل 1-27 الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.

الشكل 1-27



105. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟

106. يشع الصوديوم خطين طولاهما 588.9590 nm و 589.9524 nm على الترتيب. اكتب التوزيع

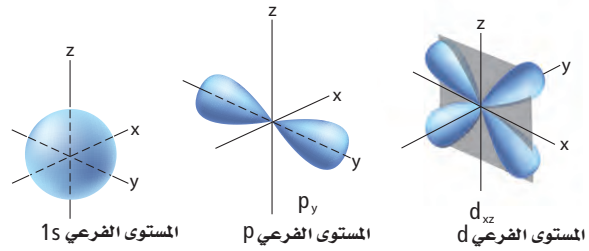
الإلكتروني الأكثر استقراراً للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟

107. احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدماً

$$E = hc / \lambda, c = \lambda \nu, E = h\nu$$

## التفكير الناقد

99. صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل 1-26، وحدد اتجاهاتها.



الشكل 1-26

100. استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

## مراجعة تراكمية

101. حدّد ما إذا كانت كل جملة تصف خاصية كيميائية أو خاصية فيزيائية.

- الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة.
- السكروز صلب، أبيض بلوري.
- يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب.
- يحترق الورق عندما يشتعل.

102. إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153 فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

## أسئلة الاختيار من متعدد

1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء

الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي

$2.67 \times 10^{-13} \text{ m}$  عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة

الضوء هي  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

a.  $8.90 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$

b.  $3.75 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$

c.  $8.01 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

d.  $1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$

2. أي مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي للإلكترونات الإنديوم؟

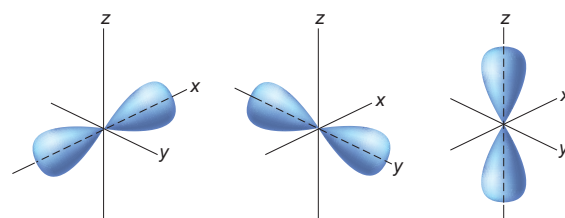
a.  $\cdot \text{In}$

b.  $\cdot \text{In} \cdot$

c.  $\cdot \text{In} \cdot$

d.  $\cdot \text{In} \cdot$

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية

الموضحة في الشكل أعلاه؟

a. s

b. p

c. d

d. f

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى

الثانوي السابق؟

a. 2

b. 3

c. 6

d. 8

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى

الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

a. 10

b. 20

c. 25

d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة

من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية			
العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفاناديوم	V	23	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^3$
اليوروبيوم	Y	39	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^1$
			$[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^6$
السكانديوم	Sc	21	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$
الكاديوم	Cd	48	

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd

باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

a.  $[\text{Kr}] 4d^{10} 4f^2$

b.  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$

c.  $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10}$

d.  $[\text{Xe}] 5s^2 4d^{10}$



# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في

مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

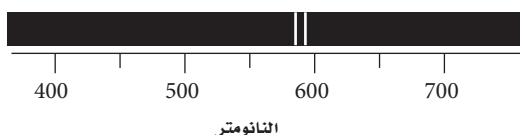
ادرس العبارة الآتية :

عنصر ممثل عدده الذري 13 يوجد في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه.

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.



14. قدر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

15. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

## أسئلة الإجابات المفتوحة

16. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من

التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن

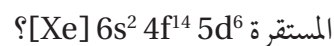
الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

17. وضح لماذا لا يمثل التوزيع  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10}$

$4p^2$  التوزيع الإلكتروني الصحيح للجermanيوم Ge؟

اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة



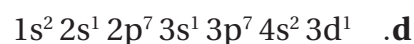
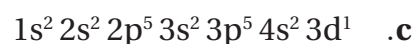
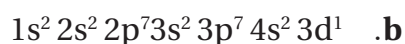
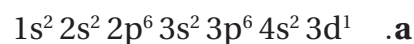
a. La

b. Ti

c. W

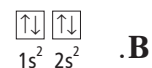
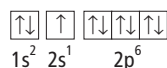
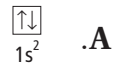
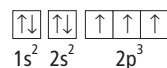
d. Os

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc ؟



استخدم رسومات مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة

عن السؤالين 9 و 10.



9. أي مما سبق يوضح رسماً لمربعات المستويات يخالف

مبدأ أوفباو؟

a. A

b. B

c. C

d. D

10. أي مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر

البريليوم؟

a. A

b. B

c. C

d. D

# الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر The Periodic Table and Periodic Trends

2

ثاني

الكبريت

N 7 14.007	O 8 15.999	F 9 18.998
P 15 30.97	S 16 32.066	Cl 17 35.453
As 33 74.92	Se 34 78.96	Br 35 79.90

السليكون

B 5 10.811	C 6 12.011	N 7 14.007
Al 13 26.98	Si 14 28.086	P 15 30.974
Ga 31 70.62	Ge 32 72.64	As 33 74.92

الأكسجين

N 7 14.007	O 8 15.999	F 9 18.998
P 15 30.974	S 16 32.066	Cl 17 35.453
As 33 74.92	Se 34 78.96	Br 35 79.90

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

## 2-1 تطور الجدول الدوري الحديث

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

## 2-2 تصنيف العناصر

**الفكرة الرئيسية** رُتب العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.

## 2-3 تدرج خواص العناصر

**الفكرة الرئيسية** يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على أحجام الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات واكتسابها.

## حقائق كيميائية

- يتضمن الجدول الدوري حالياً 117 عنصراً، يوجد منها في الطبيعة 90 عنصراً فقط.
- يُعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر توافراً في الكون ونسبة كتلته 75%، في حين يُعد عنصر الأكسجين أكثر العناصر توافراً في الأرض ونسبته 50%.
- يحتوي جسم شخص كتلته 70 kg على حوالي 43 kg تقريباً من الأكسجين.
- تقل الكمية الكلية لعنصر الأستاتين في القشرة الأرضية عن 30 g، مما يجعله أقل العناصر وفرة في الأرض.

## نشاطات تمهيدية

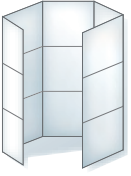
تدرج الخواص اعمل مطوية تساعدك على تنظيم المعلومات عن تدرج الخواص.

### المطويات

منظمات الأفكار



**خطوة 1** اطو قطعة الورق إلى 3 أقسام عرضياً.



**خطوة 2** اعمل طية بعرض 2cm على طول أحد الحواف، ثم اطو قطعة الورق من المنتصف عند هذا الخط، وكرر ذلك مرة أخرى.

تدرج الخواص	الدورات	المجموعات
الخواص العامة		
الخواص الخاصة		
الخواص الخاصة		
الخواص الخاصة		

**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.

استخدم هذه المطوية في القسم 2-3، ولخص التدرج في خواص العناصر عبر الدورات والمجموعات.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## تجربة استهلاكية

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغيير في الخواص؟

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



### خطوات العمل

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

### تحليل النتائج

1. أنشئ جدولاً تسجل فيه أطوال البراغي وكتلتها، مراعيًا أن يظهر الجدول التدرج في خصائصها.
  2. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في كل صف من الجدول.
  3. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال عمودياً من أعلى كل عمود إلى أسفله.
  4. حلل طريقتك في ترتيب العينات، وفسّر أي نمط آخر تجده في الجدول.
- استقصاء** صمّم جدولاً دورياً للمشروبات الغازية على النحو نفسه الذي ورد في التجربة. ما الخواص التي استخدمتها؟



## الأهداف

- تتبع مراحل تطور الجدول الدوري.
- تعرف الملامح الرئيسة في الجدول الدوري.

## مراجعة المفردات

**العدد الذري:** عدد البروتونات في الذرة.

## المفردات الجديدة

التدرج في الخواص  
المجموعات  
الدورات  
العناصر الممثلة  
العناصر الانتقالية  
الفلزات  
الفلزات القلوية  
الفلزات القلوية الأرضية  
الفلزات الانتقالية  
الفلزات الانتقالية الداخلية  
سلسلة اللانثانيدات  
سلسلة الأكتينيدات  
اللافلزات  
الهالوجينات  
الغازات النبيلة  
أشباه الفلزات

## تطور الجدول الدوري الحديث

## Development of the Modern Periodic Table

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

**الربط مع الحياة** كيف تبدو عملية التسوق إذا أردت شراء بعض الفاكهة وقد اختلط التفاح بالكمثرى بالبرتقال بالخوخ في سلة واحدة؟! لذا، من هنا تتضح أهمية تصنيف الأشياء حسب خواصها. لذا يصنف العلماء العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

## تطور الجدول الدوري

## Development of the Periodic Table

قام العالم الفرنسي أنتوني لافوازييه Lavoisier في أواخر القرن الثامن عشر (1743-1794م) بتجميع العناصر المختلفة المعروفة آنذاك في قائمة واحدة. وتحتوي هذه القائمة المتضمنة في الجدول 1-2 على 33 عنصراً موزعة على 4 فئات.

**جون نيولاندز John Newlands** اقترح الكيميائي الإنجليزي جون نيولاندز عام 1864م مخططاً تنظيمياً للعناصر؛ فقد لاحظ أن الخواص تتكرر عند ترتيبها تصاعدياً وفق تسلسل الكتل الذرية لكل ثمانية عناصر. ويسمى هذا النمط بالدورية؛ لأنه يتكرر بالنمط نفسه. ولقد قام نيولاندز بتسمية هذه العلاقة الدورية بقانون الثمانية. ويوضح الشكل 1-2 طريقة نيولاندز في ترتيب 14 عنصراً كانت معروفة في أواسط عام 1860م. وقد واجه قانون الثمانية معارضة؛ لأنه لا يمكن تطبيقه على العناصر المعروفة جميعها آنذاك.

كما أن العلماء لم يتقبلوا كلمة الثمانية. وعلى الرغم من أن القانون لم يحظ بموافقة الجميع، إلا أنه مع مرور بعض السنوات بدا جلياً أن نيولاندز كان على صواب؛ إذ تتكرر خواص العناصر بشكل دوري كل ثمانية عناصر.

الجدول 2-1	جدول لافوازييه للمواد البسيطة
الغازات	الضوء، الحرارة، الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين.
الفلزات	الأنتمون، الفضة، الزرنيخ، البزموت، الكوبلت، النحاس، القصدير، الحديد، المنجنيز، الزئبق، الموليبدوم، النيكل، الذهب، البلاتينيوم، الرصاص، التنجستون، الخارصين (الزنك).
اللافلزات	الكبريت، الفوسفور، الكربون، حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروفلوريك، حمض البوريك.
العناصر الأرضية	الطباشير، الماغنسيا (أكسيد الماغنسوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).



العناصر ذات الخصائص المتشابهة تقع في الصف نفسه

A	H	1	A	F	8	الخ... →
B	Li	2	B	Na	9	→
C	G	3	C	Mg	10	→
D	Bo	4	D	Al	11	→
E	C	5	E	Si	12	→
F	N	6	F	P	13	→
G	O	7	G	S	14	→

الشكل 1-2 لاحظ جون نيولاندز أن خواص العناصر تتكرر كل 8 عناصر.

**ماير ومندليف Meyer and Mendeleev** في عام 1869م قام كل من الكيميائي الألماني لوثر ماير (1830 - 1895م) والكيميائي الروسي ديمتري مندليف (1834 - 1907م) بتقديم الدليل على العلاقة بين العدد الكتلي للعناصر وخواصها. وقد حظي مندليف بسمعة أكثر من ماير؛ حيث قام بنشر دراسته أولاً. لاحظ مندليف - كما لاحظ نيولاندز قبل عدة سنوات - أنه عند ترتيب العناصر تصاعدياً وفق كتلتها الذرية فإن خواصها تتكرر وفق نمط دوري، فقام بتشكيل الجدول الدوري بترتيب العناصر تصاعدياً وفق كتلتها الذرية في أعمدة تحوي العناصر المتشابهة في خواصها.

وقد لاقى جدول مندليف - كما في الشكل 2-2 - قبولاً واسعاً؛ حيث أمكنه توقع وجود عناصر لم تُكتشف بعد وحدد خواصها، كما ترك مندليف أماكن شاغرة في الجدول للعناصر التي اعتقد أنها لم تُكتشف بعد. وقد تمكن مندليف من خلال ملاحظة أنماط التغير في خواص العناصر المعروفة من توقع خواص العناصر التي سيتم اكتشافها، ومنها السكندريوم، والجاليوم، والجرمانيوم.

**موزلي Moseley** لم يكن جدول مندليف صحيحاً تماماً؛ فبعد اكتشاف العديد من العناصر الجديدة، وتحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة بدقة أكثر، بدا واضحاً أن بعض العناصر لم توضع في مكانها الصحيح في الجدول. إذ إن ترتيب العناصر وفق كتلتها الذرية أدى إلى وضع بعض العناصر في مجموعات لعناصر ذات خواص مختلفة عنها. فقام الكيميائي الإنجليزي هنري موزلي (1887 - 1915م) في عام 1913م بتحديد سبب هذه المشكلة؛ إذ اكتشف أن ذرات كل عنصر تحتوي على عدد محدد وفريد من البروتونات في أنويتها - وبناءً على ذلك رُتبت العناصر في الجدول الدوري تصاعدياً وفق أعدادها الذرية. وقد نتج عن ترتيب موزلي للعناصر وفق عددها الذري أنماط أكثر وضوحاً في تدرج خواصها. ويُعرف تكرار الخواص الكيميائية والفيزيائية عند ترتيب العناصر تصاعدياً وفق أعدادها الذرية بـ **تدرج الخواص**.

✓ **ماذا قرأت؟ قارن** بين طريقة كل من مندليف وموزلي في ترتيب العناصر.

الشكل 2-2 قام مندليف في النسخة الأولى للجدول الذي نشره في عام 1896م بترتيب العناصر ذات الخواص الكيميائية المتشابهة أفقياً. 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	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
Be = 9,4	Mg = 24	—	—	? Yt = 88?	? Di = 138?	Er = 178?	—
B = 11	Al = 27,3	Ti = 48?	Zr = 90	Co = 140?	? La = 180?	Tb = 281	—
C = 12	Si = 28	V = 51	Nb = 94	—	—	Ta = 182	—
N = 14	P = 31	Cr = 52	Mo = 96	—	—	W = 184	U = 240
O = 16	S = 32	Mn = 55	—	—	—	—	—
F = 19	Cl = 35,5	Fe = 56	Ru = 104	—	—	Os = 195?	—
		Co = 59	Rh = 104	—	—	Ir = 197	—
		Ni = 59	Pd = 106	—	—	Pt = 198?	—
		Cu = 63	Ag = 108	—	—	Au = 199?	—
		Zn = 65	Cd = 112	—	—	Hg = 200	—
		—	In = 113	—	—	Tl = 204	—
		—	Sn = 118	—	—	Pb = 207	—
		As = 75	Sb = 122	—	—	Bi = 208	—
		Se = 78	Te = 125?	—	—	—	—
		Br = 80	J = 127	—	—	—	—

## المفردات

### أصل الكلمة

#### الدورية Periodic

جاءت الكلمة periodos من أصل لاتيني وتعني الطريق الدائري.

يلخص الجدول 2-2 مساهمات كل من نيولاندز وماير ومنديليف وموزلي في تطوير الجدول الدوري. وأصبح هذا الجدول من أهم الأدوات التي يستخدمها الكيميائيون. ويعد الجدول الدوري مرجعاً مهماً لفهم خواص العناصر، والتنبؤ بها وتنظيم المعلومات المتعلقة بالتركيب الذري.

المساهمات في تصنيف العناصر	الجدول 2-2
	جون نيولاندز 1837-1898م
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية.</li> <li>• لاحظ تكرار خواص العناصر لكل ثمانية عناصر.</li> <li>• وضع قانون الثمانية.</li> </ul>
	لوثر ماير 1830-1895م
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر.</li> <li>• رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية.</li> </ul>
	ديميتري مندليف 1834-1907م
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر.</li> <li>• رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية.</li> <li>• تنبأ بوجود عناصر غير مكتشفة، وحدد خواصها.</li> </ul>
	هنري موزلي 1887-1915م
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• اكتشف أن العناصر تحتوي على عدد فريد من البروتونات سمّاه العدد الذري.</li> <li>• رتب العناصر تصاعدياً وفق العدد الذري، مما نتج عنه نموذج لدورية خواص العناصر.</li> </ul>

## الجدول الدوري الحديث

### The Modern Periodic Table

يتكون الجدول الدوري الحديث من مجموعة مربعات، يحتوي كل مربع على اسم العنصر ورمزه وعدده الذري وكتلته الذرية. ويوضح الشكل 3-2 أحد هذه المربعات. وقد رتبت المربعات تصاعدياً وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة الرأسية تُعرف بالمجموعات أو العائلات، وفي صفوف أفقية تُعرف بالدورات. ويوضح الشكل 5-2 الجدول الدوري للعناصر.

ماذا قرأت؟ عرّف المجموعات والدورات.

اسم العنصر	أكسجين
الحالة	8
العدد الذري	O
الرمز	15.999
الكتلة الذرية المتوسطة	

#### الشكل 3-2 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 رُفقت المجموعات من 1 إلى 18. فمثلاً، تحتوي الدورة الرابعة على البوتاسيوم والكالسيوم، في حين يوجد السكندريوم Sc في العمود الثالث من اليسار، أي في المجموعة الثالثة. ويوجد الأكسجين في المجموعة 16. وكما أن لعناصر المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 الكثير جداً من الخواص الفيزيائية والكيميائية، لذلك يشار إليها بعناصر المجموعات الرئيسية أو **العناصر الممثلة**. ويُشار إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 **بالعناصر الانتقالية**. كما تُصنّف العناصر إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات.

**الفلزات** تُسمى العناصر التي تكون ملساء ولامعة وصلبة في درجة حرارة الغرفة وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء **بالفلزات**. ويمتاز معظمها بالليونة والقابلية للطرق والسحب؛ إذ يمكن تحويلها إلى صفائح رقيقة، وسحبها إلى أسلاك رفيعة. ومعظم العناصر الممثلة والعناصر الانتقالية فلزات. وإذا نظرت إلى عنصر البورون B في العمود 13، تشاهد خطأ متعرجاً يصل إلى الأستاتين At في أسفل المجموعة 17. ويفصل هذا الخط بين الفلزات واللافلزات في الجدول الدوري. وقد مُثلت الفلزات بالمرمعات ذات اللون الأزرق في الشكل 2-5.

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

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

**الشكل 2-4** لأن الماغنسيوم خفيف وقوي يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية. فمثلاً الإطار الخارجي لهذا الحاسب الآلي المحمول مصنوع من الماغنسيوم.



# الشكل 2-5 الجدول الدوري للعناصر

								18
			13	14	15	16	17	
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
10	11	12						Argon 18 Ar 39.948
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn (277)	Ununtrium * 113 Uut (Unknown)	Flerovium 114 Fl (289)	Ununpentium * 115 Uup (Unknown)	Livermorium 116 Lv (298)	Ununseptium * 117 Uus (Unknown)	Ununoctium * 118 Uuo (Unknown)

\* أسماء ورموز العناصر 118، 117، 115، 113 مؤقتة، وسيتم اختيار رموز وأسماء نهائية لها فيما بعد من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)



العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.



العنصر  
العدد الذري  
الرمز  
الكتلة الذرية

حالة المادة

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

1	Hydrogen 1 H 1.008	2		3	4	5	6	7	8	9
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012								
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305								
4	Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933	
5	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906	
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217	
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)	

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً 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)

## مختبر حل المشكلات

### تحليل التدرج في خواص العناصر

عنصر الفرانسيوم: هل هو صلب أم سائل أم غاز؟ اكتشف الفرانسيوم في عام 1939م إلا أن مندليف تنبأ بوجوده عام 1870م. ويُعد الفرانسيوم أقل العناصر الـ 101 الأولى استقراراً؛ فعمر النصف لنظيره الأكثر استقراراً 22 دقيقة. في ضوء ما تعرفه عن خواص الفلزات القلوية الأخرى تنبأ بخواص عنصر الفرانسيوم.

#### التحليل

اعتماداً على طريقة دميري مندليف في توقع خواص العناصر غير المكتشفة، استخدم المعلومات الخاصة بخواص الفلزات القلوية لاستنباط طريقة لتحديد خواص عنصر الفرانسيوم.

#### التفكير الناقد

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؟

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

3. استدل أي عمود من أعمدة البيانات يظهر أكثر احتمالاً للخطأ في التوقع؟ اشرح ذلك.
4. حدد لماذا لا يكفي إنتاج مليون ذرة من عنصر الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات؛ مثل قياس الكثافة ودرجة الانصهار؟

**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 بالمرعبات الصفراء، كما في الشكل 5-2، وغالباً ما تكون اللافلزات غازات أو مواد صلبة هشة ذات لون داكن، وتعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. أمّا البروم Br فهو اللافلز الوحيد السائل عند درجة حرارة الغرفة. ويعد الأكسجين أكثر العناصر وفرة في جسم الإنسان، حيث يشكل 65% من كتلته. وتتألف المجموعة 17 من عناصر شديدة التفاعل تعرف باسم **الهالوجينات**. وتكون الهالوجينات عادة - كما في المجموعتين 1 و 2 - في صورة مركبات. 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

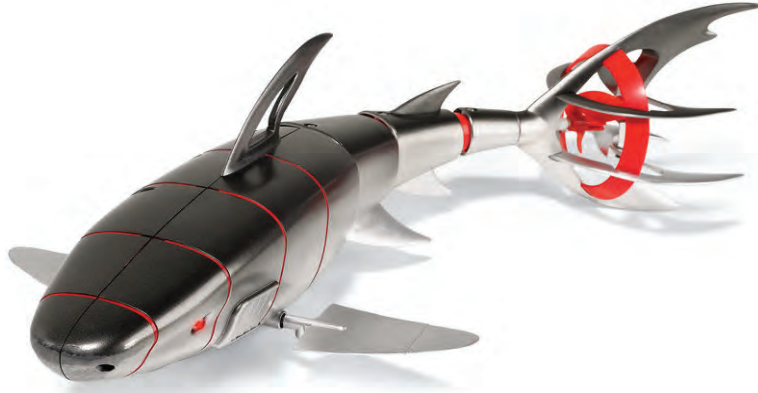
الاستعمال العلمي: مواد تستطيع نقل الكهرباء، أو الحرارة، أو الصوت.

النحاس موصل جيد للحرارة

الاستعمال الشائع: ما يوصل به الحبل...

## الشكل 6-2 قام العلماء المهتمون

بتطوير تقنيات الغواصات بصنع غواصة آلية على صورة سمكة، قادرة مثلها على السباحة. وصنع جسم الغواصة الآلية من راتنج السليكون الذي يصبح ليناً في الماء.



**أشباه الفلزات** تُعرف العناصر في المربعات الخضراء على جانبي الخط المتعرج في الشكل 5-2 بأشباه الفلزات. ولأشباه الفلزات خواص فيزيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات معاً. فالسليكون Si والجرمانيوم Ge من أشباه الفلزات المهمة المستخدمة بكثرة في صناعة رقائق الحاسوب والخلايا الشمسية، كما يستخدم السليكون في الجراحة التجميلية والتطبيقات التي تحاكي الواقع، كما في الشكل 6-2. ويمكنك الرجوع إلى دليل العناصر الكيميائية في نهاية هذا الكتاب لمعرفة المزيد عن مختلف مجموعات العناصر.

## التقويم 2-1 الخلاصة

1. **الفكرة الرئيسة** صف التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كل من لافوازييه، ونيولاندز، ومندليف، وماير، وموزلي في ذلك.
2. ارسم مخططاً مبسطاً للجدول الدوري، وأشر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
3. صف الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.
4. حدّد: أي العناصر الآتية عناصر ممثلة، وأيها عناصر انتقالية؟  
a. ليثيوم Li      b. بلاتين Pt  
c. بروميثيوم Pm      d. كربون C
5. قارن اكتب اسمي عنصرين لهما خصائص مشابهة لكل من:  
a. اليود I      b. الباريوم Ba      c. الحديد Fe
6. قارن استناداً إلى الجدول الدوري الحديث، ما العنصران اللذان تكون قيمة الكتلة الذرية لكل منهما أقل من ضعف عدده الذري؟
7. تفسير البيانات تخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، مما يتطلب استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقل من كتلة الكاديوم Cd. استخدم الجدول الدوري لتحديد العنصر الذي يمكن أن تستخدمه الشركة.

- تم ترتيب العناصر قديماً وفق كتلتها الذرية تصاعدياً، مما نجم عنه بعض التضارب. وقد تم ترتيبها لاحقاً وفقاً لزيادة أعدادها الذرية.
- تتدرج الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر عند ترتيبها تصاعدياً حسب أعدادها الذرية.
- تترتب العناصر في الجدول الدوري في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتقع العناصر المتشابهة في خواصها في المجموعة نفسها.
- تصنف العناصر إلى فلزات، ولافلزات وأشباه فلزات.

- تفسّر سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة.
- تحدّد فئات الجدول الدوري الأربعة استناداً إلى التوزيع الإلكتروني.

## مراجعة المفردات

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

## تصنيف العناصر

## Classification of the Elements

**الفكرة الرئيسية** رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.

**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. إلا أن كتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام نموذج أوفباو Aufbau قد يكون مملاً. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح الجدول 2-3 التوزيع الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، حيث يوجد إلكترون واحد في مستوى الطاقة الأخير لكل عنصر فيها.

**إلكترونات التكافؤ** يوجد لكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخير. لذا تتشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي على العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتُعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني  $s^1$ . ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنين من إلكترونات التكافؤ توزيعهما الإلكتروني  $s^2$ ، ولكل عمود في المجموعتين 1 و2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

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

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



## الشكل 7-2 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															18
1	H·															He·
2	Li·	Be·														
3	Na·	Mg·														
4	K·	Ca·														
5	Rb·	Sr·														
6	Cs·	Ba·														

**إلكترونات تكافؤ العناصر الممثلة** عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن لعناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأما عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونات تكافؤ فقط. يبين الشكل 7-2 كيف يساعد التمثيل النقطي للإلكترونات على الربط بين رقم المجموعة وعدد إلكترونات التكافؤ. لاحظ أن عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعات من 13 إلى 18 يساوي رقم الأحاد فيها.

## عناصر الفئات Block Elements s,p,d,f

يحتوي الجدول الدوري أعمدةً وصفوفًا ذات أحجام متفاوتة. ويعود السبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الثانوية للذرة، والتي تحتوي على إلكترونات التكافؤ. ولوجود أربعة مستويات طاقة ثانوية (s, p, d, f) فقد تم تقسيم الجدول الدوري إلى أربع فئات مختلفة كما في الشكل 8-2.

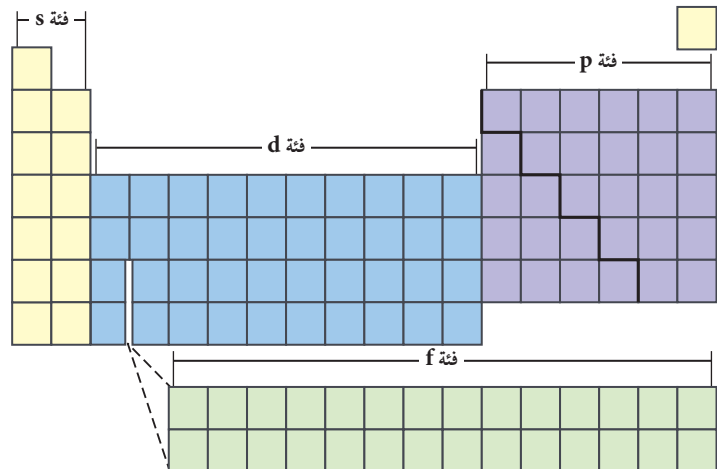
## الشكل 8-2 ينقسم الجدول الدوري إلى أربع

فئات هي s, p, d, f.

**حلل** ما العلاقة بين الحد الأقصى لعدد

الإلكترونات التي يمكن أن توجد في مستوى

الطاقة الفرعي وحجم الفئة في الشكل؟



التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة			الجدول 2-4
الدورة	مستوى الطاقة الرئيس	العنصر	التوزيع الإلكتروني
1	$n = 1$	الهيليوم	$1s^2$
2	$n = 2$	النيون	$[He] 2s^2 2p^6$
3	$n = 3$	الأرجون	$[Ne] 3s^2 3p^6$
4	$n = 4$	الكريبتون	$[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^6$

## المفردات

### الاستعمال العلمي

#### البنية: Structure

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

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 ممتلئة بالكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني  $s^1$ . في حين تحتوي عناصر المجموعة الثانية على مستويات s ممتلئة باثنين 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 الثانوي s بالكترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئة المستوى الثانوي p. وتشمل مجموعات العناصر 13 - 18، في الجدول الدوري، التي لها مستويات p الفرعية الممتلئة كلياً أو جزئياً بالكترونات التكافؤ. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الثانوية لا توجد في مستوى الطاقة الرئيس الأول  $n=1$ . والبورون B هو العنصر الأول في فئة p، ويوجد في الدورة الثانية. وتمتد فئة p على مدى ست مجموعات؛ لأن مستويات p الفرعية الثلاثة تتسع لـ 6 إلكترونات على الأكثر. وعناصر المجموعة 18 (الغازات النبيلة) عناصر فريدة في فئة p؛ وذلك لأن ذرات عناصرها مستقرة لدرجة أنها تقريباً لا تتفاعل كيميائياً. ويوضح الجدول 2-4 التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الأربعة الأولى. إن مستويات الطاقة الفرعية s و p في مستويات الطاقة الخارجية لها ممتلئة تماماً بالإلكترونات. وينتج عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار بنائها الذري.

### الشكل 9-2 تاريخ الجدول الدوري

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



## مهن في الكيمياء

**الباحث الكيميائي** يتخصص بعض الكيميائيين النوويين في دراسة أحدث العناصر وأثقلها. وإنتاج عناصر ثقيلة يعمل الكيميائي في المجال النووي مع فريق كبير يشمل فيزيائيين، ومهندسين وفنيين. تنتج العناصر الثقيلة بالتصادمات التي تتم في مسرعات الجسيمات. ويقوم الكيميائي النووي بتحليل نتائج هذه التصادمات لتعرف العناصر وفهم خواصها.

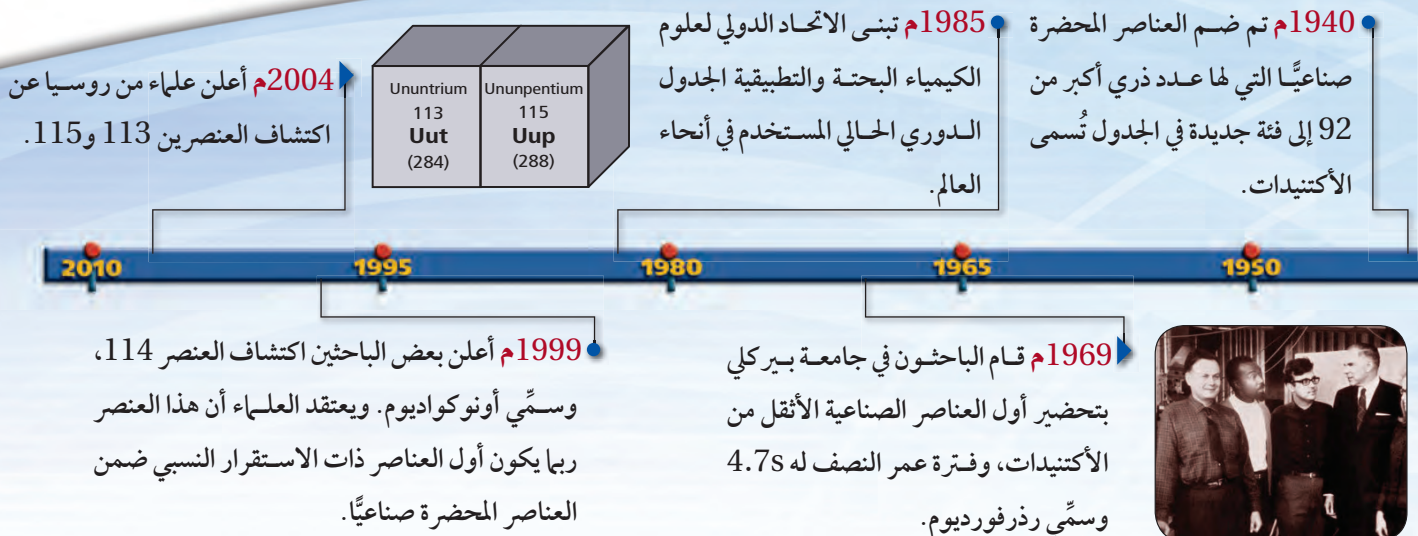
**عناصر الفئة - d** تحتوي على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d تتميز بامتلاء كلي للمستوى الفرعي s من مستوى الطاقة الرئيس n، وبامتلاء جزئي أو كلي لمستويات d الفرعية من مستوى الطاقة n-1. وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بتعبئة المستوى d. فعلى سبيل المثال، الإسكانديوم Sc أول عناصر الفئة d، له التوزيع الإلكتروني  $[Ar] 4s^2 3d^1$ . أما عنصر التيتانيوم - وهو العنصر الثاني في الجدول - فله التوزيع الإلكتروني  $[Ar] 4s^2 3d^2$ . لاحظ أن المستوى الخارجي s الممتلئ في عنصر التيتانيوم يكون في المستوى الرئيس  $n=4$ ، في حين أن المستوى d شبه الممتلئ يكون في المستوى الرئيس  $n=3$ . ينص مبدأ أوفباو aufbau على أن المستوى 4s له طاقة أقل من طاقة المستوى 3d. لذا فإن المستوى 4s يمتلئ قبل المستوى 3d. ولأن مستويات d الفرعية الخمسة تتسع لـ 10 إلكترونات لذا فإن العناصر فئة d تمتد على مدى 10 مجموعات في الجدول الدوري.

**عناصر الفئة - f** تشتمل على الفلزات الانتقالية الداخلية، وتتميز عناصرها بامتلاء مستوى s الخارجي، وامتلاء أو شبه امتلاء مستويات 4f و 5f. ولوجود 7 مستويات فرعية في المستوى الثانوي 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، أما الدورتان الرابعة والخامسة فتحتويان على عناصر من فئات s، p، d، 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 9-2 لمزيد من المعلومات عن تاريخ الجدول ومساهمات العديد من العلماء في تطويره.

✓ **ماذا قرأت؟ لخص** كيف يمكن تعريف كل فئة من الجدول الدوري؟



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

### 1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

#### المعطيات

التوزيع الإلكتروني  $[Kr] 5s^2$

#### المطلوب

المجموعة = ؟      الدورة = ؟      الفئة = ؟

### 2 حساب المطلوب

يشير عدد إلكترونات التكافؤ إلى رقم

مجموعة العناصر الممثلة.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

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

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

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

### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

8. حدّد، دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:

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

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

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

10. تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4      c. غاز نبيل في الدورة 5

b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4      d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2

## التقويم 2-2

### الخلاصة

11. **الفكرة الرئيسة** فسر ما الذي يحدد فئات الجدول الدوري؟

12. حدّد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافؤها على النحو الآتي:

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

13. استنتج عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويستخدم في المصابيح

الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن

يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلزات أو أشباه الفلزات؟

وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.

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

15. نمذج ارسـم مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وبين فئات s, p, d, f. العنصر.



## تدرج خواص العناصر Periodic Trends

**الفكرة الرئيسية** يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على أحجام الذرات، وقابليتها لفقدان إلكترونات أو اكتسابها.

**الربط مع الحياة** يساعد التقويم على تتبع النشاطات في حياتنا؛ حيث يتكرر نمط الأسبوع من السبت إلى الجمعة. فإذا دونت بعض النشاطات اليومية سلفاً استطعت توقع ما يحدث في هذا اليوم من ذلك الأسبوع. وكذلك يتيح لنا ترتيب العناصر في الجدول الدوري تعرّف خواص العديد من هذه العناصر.

### نصف قطر الذرة Atomic Radius

يتغير الكثير من خواص العناصر بشكل متوقع، ويعرف ذلك التغير بالنمط، وهذا ما يحدث عند الانتقال عبر الدورة، أو المجموعة. إن حجم الذرة من الخواص الدورية الذي يتأثر بالتوزيع الإلكتروني. ويعرف الحجم الذري بمقدار اقتراب ذرة من ذرة أخرى مجاورة لها. ولأن طبيعة الذرة المجاورة تختلف من مادة إلى أخرى، لذا فإن حجم الذرة يتغير من مادة إلى مادة أخرى.

يعرف نصف قطر الذرة للفلزات - ومنها الصوديوم - بنصف المسافة بين نواتين متجاورتين في التركيب البلوري للعنصر، كما في الشكل 10a-2. 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-2 نصف قطر جزيء ثنائي الذرة مثل الهيدروجين  $H_2$ .

- تقارن بين أنماط التغير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والمجموعات.
- تربط التدرج في أنصاف أقطار الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها، وطاقة تأينها، وسالبيتها الكهربائية.

### مراجعة المفردات

**مستوى الطاقة الأساسي:** هو مستوى الطاقة الرئيس للذرة.

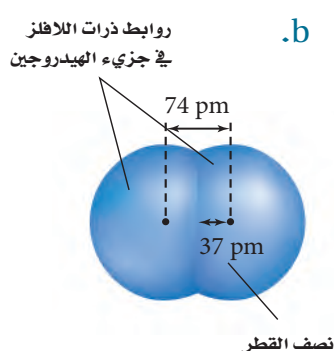
### المفردات الجديدة

الأيون

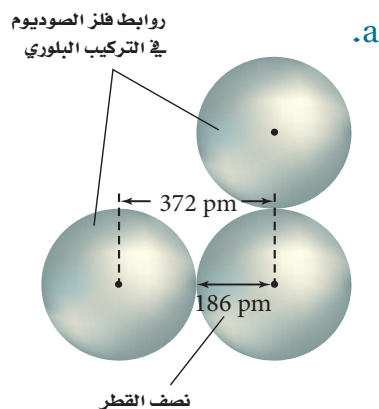
طاقة التأين

القاعدة الثمانية

الكهروسالبية



يتحدد نصف القطر لذرات اللافلزات بنصف المسافة بين نوى ذرتين متطابقتين ومتحدتين كيميائياً.



نصف قطر ذرة الفلز هو نصف المسافة بين نواتي ذرتين متجاورتين في التركيب البلوري.

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

**الشكل 10-2** تعتمد أنصاف أقطار الذرات على نوع الروابط التي تكونها الذرات.

1	H 37							18	He 31
1									
2	Li 152	Be 112	B 85	C 77	N 75	O 73	F 72	Ne 71	
3	Na 186	Mg 160	Al 143	Si 118	P 110	S 103	Cl 100	Ar 98	
4	K 227	Ca 197	Ga 135	Ge 122	As 120	Se 119	Br 114	Kr 112	
5	Rb 248	Sr 215	In 167	Sn 140	Sb 140	Te 142	I 133	Xe 131	
6	Cs 265	Ba 222	Tl 170	Pb 146	Bi 150	Po 168	At 140	Rn 140	

الرمز الكيميائي  
نصف قطر الذرة  
الحجم النسبي

## الشكل 2-11 تتغير أنصاف أقطار

العناصر الممثلة والمحسوبة بالبيكوميتر ( $10^{-12}m$ ) عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وإلى أسفل المجموعة.

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

**تدرج نصف القطر الذري عبر الدورات** يتناقص في الغالب نصف القطر عند الانتقال من يسار الدورة إلى يمينها. وسبب هذا التغير - كما في الشكل 11-2 - هو زيادة الشحنة الموجبة في النواة مع بقاء مستويات الطاقة الرئيسة في الدورة ثابتاً؛ حيث يزداد - بالانتقال من اليسار إلى اليمين في الدورة - عدد البروتونات (شحنة موجبة) في نواة ذرة العنصر بروتوناً عن ذرة العنصر الذي قبله، بينما يبقى عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية ثابتاً، ويزداد عدد إلكترونات التكافؤ واحداً أيضاً. وحيث لا يزداد حجب إلكترونات التكافؤ عند الزيادة في شحنة النواة، فإن شحنة النواة تجذب إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لتصبح أقرب إلى النواة.

### المطويات

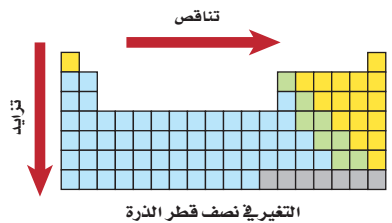
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

✓ **ماذا قرأت؟ ناقش** كيف يفسر نقصان نصف القطر عبر الدورة في الجدول الدوري، مع بقاء مستوى الطاقة الرئيس دون تغير؟

**تدرج نصف القطر الذري عبر المجموعات** يزداد في الغالب نصف قطر الذرة عند الانتقال إلى أسفل المجموعة؛ فعند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة تقابل الزيادة في الشحنة الموجبة في النواة زيادة في عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية؛ أي أن شحنة النواة المؤثرة في إلكترونات مستوى الطاقة الأخير تبقى ثابتة تقريباً لعناصر المجموعة الواحدة. وفي المقابل يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة (قيمة عدد الكم الرئيس  $n$ ) مما يجعل إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أبعد عن النواة، ويقلل ازدياد هذه المسافة من تأثير الجذب الناتج عن زيادة شحنة النواة. كما تقوم مستويات الطاقة الإضافية بين النواة والإلكترونات الخارجية بحجب هذه الإلكترونات عن النواة. ويلخص الشكل 12-2 هذه التغيرات عبر الدورة والمجموعة.

## الشكل 12-2 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 الليثيوم Li، أو Be.

أجب عن السؤال دون الرجوع إلى الشكل 11-2، وفسر إجابتك حسب اتجاه التغير في أنصاف الأقطار.

### 1 تحليل المسألة

إذا كان لديك 4 عناصر فحدد أولاً رقم كل من المجموعة والدورة التي يشغلها كل عنصر، ثم استخدم نمط التغير العام لنصف القطر لتحديد أي العناصر نصف قطر ذرته أكبر.

### 2 حساب المطلوب

حدّد الدورات

بالرجوع إلى الجدول الدوري تجد أن العناصر جميعها موجودة في الدورة الثانية. وبترتيب العناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورة يظهر التسلسل الآتي: Li، و Be، و C، و F.

طَبِّق اتجاه تناقص نصف القطر عبر الدورة إن أول عنصر في الدورة الثانية هو الليثيوم Li، لذا فلذرته أكبر نصف قطر.

### 3 تقويم الإجابة

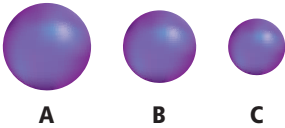
تم تطبيق اتجاه نمط التغير في مقدار نصف القطر عبر الدورة بشكل صحيح. وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في الشكل 11-2 نتحقق من الإجابة.

### مسائل تدريبية

استعن بمعرفتك بأنماط التغير في نصف قطر الذرة عبر الدورة والمجموعة؛ للإجابة عن الأسئلة الآتية، دون استخدام قيم نصف قطر الذرة في الشكل 11-2.

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، والكربتون والرادون. أيها يمثل عنصر الكربتون؟ وكيف يمكن الاستدلال على ذلك؟



18. هل يمكن تحديد أيّ العنصرين المجهولين له أكبر نصف قطر إذا علمت فقط أن العدد الذري لأحدهما أكبر 20 مرة من العدد الذري للآخر؟ فسر إجابتك.

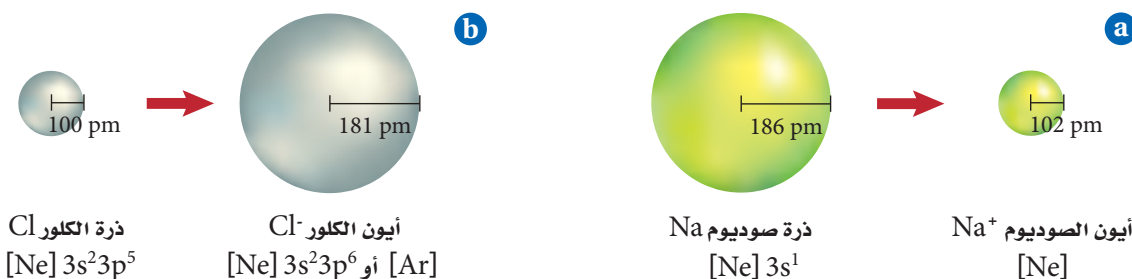
19. تحفيز حدّد أي العنصرين في كل زوج مما يلي له نصف قطر أكبر:

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



الشكل 2-13

**a.** الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من ذراتها المتعادلة.  
**b.** الأيونات السالبة أكبر حجمًا من ذراتها المتعادلة.

## نصف قطر الأيون Ionic Radius

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

عندما تفقد الذرة الإلكترونات وتكون أيونًا موجبًا يصغر حجمها. ويُعزى ذلك إلى عاملين: أولهما أن الإلكترون الذي تفقده الذرة غالبًا ما يكون إلكترون تكافؤ. وقد ينتج عن فقدانه فراغ المدار الخارجي، مما يسبب نقصان نصف القطر. ثانيًا: يقل التنافر بين ما تبقى من الإلكترونات، بالإضافة إلى زيادة التجاذب بينها وبين النواة ذات الشحنة الموجبة، مما يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة.

عندما تكتسب الذرات إلكترونات وتكون أيونات سالبة يزداد حجمها؛ لأن إضافة إلكترون إلى الذرة يولد تنافرًا أكبر مع إلكترونات المستوى الخارجي، ويدفعها بقوة نحو الخارج. وينتج عن زيادة المسافة بين الإلكترونات الخارجية زيادة في مقدار نصف القطر مما يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة. ويوضح الشكل 2-13a كيف يقل نصف قطر ذرة الصوديوم عندما تكون أيونًا موجبًا، كما يوضح الشكل 2-13b كيف يزيد نصف قطر ذرة الكلور عندما تكون أيونًا سالبًا.

### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

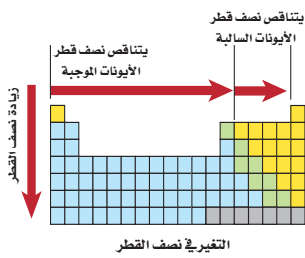
	1	2	13	14	15	16	17
2	Li 76 1+	Be 31 2+	B 20 3+	C 15 4+	N 146 3-	O 140 2-	F 133 1-
3	Na 102 1+	Mg 72 2+	Al 54 3+	Si 41 4+	P 212 3-	S 184 2-	Cl 181 1-
4	K 138 1+	Ca 100 2+	Ga 62 3+	Ge 53 4+	As 222 3-	Se 198 2-	Br 195 1-
5	Rb 152 1+	Sr 118 2+	In 81 3+	Sn 71 4+	Sb 62 5+	Te 221 2-	I 220 1-
6	Cs 167 1+	Ba 135 2+	Tl 95 3+	Pb 84 4+	Bi 74 5+		

نصف قطر الأيون  
الرمز الكيميائي  
الشحنة  
الحجم النسبي

الشكل 2-14 يوضح نصف القطر الأيوني للعناصر الممثلة مقيسًا بوحدة  $\text{pm}$  ( $10^{-12}\text{m}$ ).

**فسر لماذا** يزيد نصف قطر الأيون الموجب والأيون السالب عند الانتقال إلى أسفل المجموعة في معظم المجموعات؟





الشكل 15-2 يلخص الشكل التغير العام في نصف قطر الأيون.

**تدرج نصف قطر الأيون عبر الدورات** يوضح الشكل 14-2 أنصاف أقطار أيونات معظم العناصر الممثلة. لاحظ أن العناصر التي في الجهة اليسرى من الجدول تكون أيونات موجبة أصغر حجماً، في حين تكون العناصر التي في الجهة اليمنى من الجدول أيونات سالبة أكبر حجماً. وفي الغالب، كلما تحركت من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تناقص حجم الأيون الموجب. وعند بداية المجموعة 15 أو 16 يتناقص حجم الأيون السالب أيضاً تدريجياً.

**تدرج نصف قطر الأيون عبر المجموعات** عندما تنتقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل فإن إلكترونات المستويات الخارجية في الأيون تكون في مستويات طاقة أعلى؛ مما ينتج عنه زيادة في حجم الأيون. لذا يزداد نصف قطر كل من الأيونات الموجبة والسالبة عند الانتقال إلى أسفل خلال المجموعة. ويلخص الشكل 15-2 اتجاه التغير في نصف قطر الأيونات عبر المجموعات والدورات.

## طاقة التأين Ionization Energy

يتطلب تكوين أيون موجب انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة. ويحتاج هذا العمل إلى طاقة للتغلب على قوة التجاذب بين شحنة النواة الموجبة والشحنة السالبة للإلكترون. وتعرف **طاقة التأين** بالطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من ذرة العنصر في الحالة الغازية. فمثلاً نحتاج إلى  $8.64 \times 10^{-19} \text{ J}$  لانتزاع إلكترون من ذرة الليثيوم في الحالة الغازية. وتسمى الطاقة اللازمة لانتزاع أول إلكترون من الذرة المتعادلة طاقة التأين الأولى. لذا فطاقة التأين الأولى لليثيوم هي  $8.64 \times 10^{-19} \text{ J}$ . كما ينتج عن فقدان الإلكترون تكوين أيون  $\text{Li}^+$ . ويبين الشكل 16-2 طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات من 1 إلى 5.

✓ **ماذا قرأت؟ عرّف طاقة التأين.**

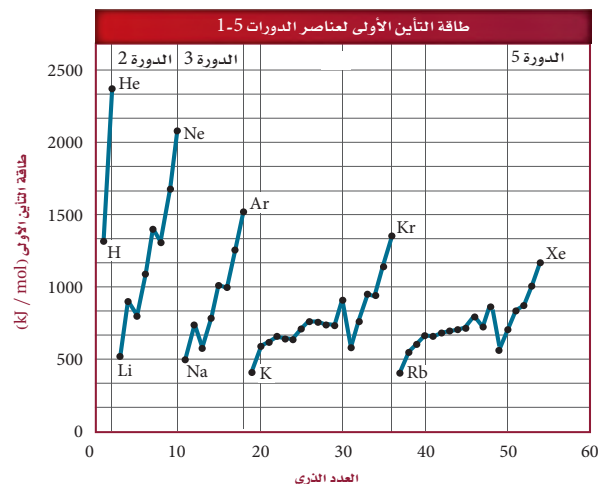
فكر في طاقة التأين على أنها إشارة إلى مدى قوة تمسك نواة الذرة بالإلكترونات تكافئها. لذا تشير طاقة التأين الكبيرة إلى أن القوة التي تمسك النواة بهذه الإلكترونات كبيرة أيضاً. ولذا تميل الذرات التي قيم طاقة تأينها كبيرة إلى تكوين الأيونات السالبة. فعلى سبيل المثال، لطاقة تأين الليثيوم المنخفضة أهمية في صنع بطاريات الحاسوب؛ فسهولة خسارة الإلكترونات يساعد البطارية على إنتاج قدرة كهربائية أكبر.

الشكل 16-2 يوضح طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات

5-1 مقارنةً بالعدد الذري لها.

✓ **اختبار الرسم البياني**

صف اتجاه التغير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.



طاقات التأين لعناصر الدورة 2									الجدول 5-2	
طاقة التأين (kJ/mol)									إلكترونات التكافؤ	رمز العنصر
9 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	7 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	4 <sup>th</sup>	3 <sup>rd</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>		
							7300	520	1	Li
						14,850	1760	900	2	Be
					25,020	3660	2430	800	3	B
				37,830	6220	4620	2350	1090	4	C
			53,270	9440	7480	4580	2860	1400	5	N
		71,330	13,330	10,980	7470	5300	3390	1310	6	O
	92,040	17,870	15,160	11,020	8410	6050	3370	1680	7	F
115,380	23,070	20,000	15,240	12,180	9370	6120	3950	2080	8	Ne

تمثل كل مجموعة من النقاط المتصلة في الرسم الموضح في الشكل 16-2 العناصر الموجودة في دورة واحدة. وتكون طاقة تأين فلزات المجموعة 1 منخفضة، لذا تميل إلى تكوين أيونات موجبة. أما طاقة تأين عناصر المجموعة 18 فهي عالية جداً، لذلك لا تكون أيونات في أغلب الأحيان؛ حيث إن التوزيع الإلكتروني المستقر لهذه العناصر يحد من نشاطها الكيميائي.

**انتزاع أكثر من إلكترون** قد تنتزع إلكترونات أخرى بعد انتزاع الإلكترون الأول من الذرة. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثانٍ من أيون أحادي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثانية. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثالث من أيون ثنائي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثالثة، كما هو موضح في الجدول 5-2.

تلاحظ عند الانتقال في الجدول من اليمين إلى اليسار أن طاقة التأين في تزايد دائم، ولكن ليس بشكل منتظم؛ حيث إن هناك حالات تكون فيها الزيادة في طاقة التأين كبيرة جداً. فمثلاً، طاقة التأين الثانية لليثيوم (7300 kJ/mol) أكبر كثيراً من طاقة التأين الأولى (520 kJ/mol). وهذا يعني أن ذرة الليثيوم غالباً ما تفقد إلكترونًا واحدًا، ومن غير المتوقع أن تخسر إلكترونًا ثانيًا.

**ماذا قرأت؟ استنتج** ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن تخسرها ذرة الكربون؟ إذا تفحصت الجدول فستلاحظ أن الزيادة الكبيرة في طاقة التأين مرتبطة مع عدد الإلكترونات التكافؤ. لعنصر الليثيوم إلكترون تكافؤ واحد، لذا تحدث مثل هذه الزيادة بعد طاقة التأين الأولى. ويشكل عنصر الليثيوم أيون  $Li^+$  بسهولة، ولكن من الصعوبة تشكيل أيون  $Li^{2+}$ . لذا تشير الزيادة في طاقة التأين هذه إلى أن القوة التي تمسك بها الذرة إلكتروناتها الداخلية أكبر كثيراً من تلك التي تمسك بها الذرة إلكترونات التكافؤ.

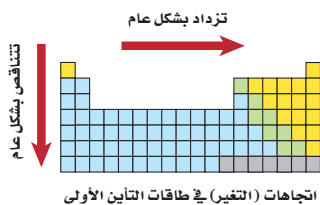
**تدرج طاقة التأين عبر الدورات** يتبين من الشكل 16-2 والقيم في الجدول 5-2، أن طاقة التأين الأولى تزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتُنتج الزيادة في شحنة نواة كل عنصر زيادةً في قوة جذبها للإلكترونات التكافؤ.

## الكيمياء في واقع الحياة

### طاقة التأين



**الغوص** إن الزيادة في الضغط الذي يتعرض له الغواصون تحت سطح الماء يتسبب في دخول كمية أكبر من الأكسجين إلى الدم، مما يسبب الإرباك والغثيان. ولتجنب ذلك يلجأ الغواصون إلى استخدام خليط هليوكس - أكسجين مخفف بالهيليوم. إن طاقة تأين الهيليوم العالية لا تسمح بتفاعله كيميائياً مع الدم.



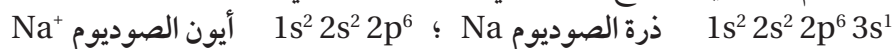
**الشكل 2-17** تزداد طاقة التأين عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص عند الانتقال إلى أسفل المجموعة.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

**تدرج طاقة التأين عبر المجموعات** تقل طاقة التأين الأولى عند الانتقال من أعلى إلى أسفل المجموعة. ويعود ذلك إلى زيادة حجم الذرة، والحاجة إلى طاقة أقل لانتزاع الإلكترون كلما ابتعد الإلكترون عن النواة، كما هو موضح في الشكل 2-17.

**القاعدة الثمانية** عندما تخسر ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ الوحيد لديها لتنتج أيون صوديوم  $+1$  يتغير التوزيع الإلكتروني لها على النحو الآتي:



لاحظ أن التوزيع الإلكتروني لأيون  $Na^+$  مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وتؤدي هذه الملاحظة إلى أحد أهم المبادئ الكيميائية، وهو القاعدة الثمانية. تنص **القاعدة الثمانية** على أن الذرة تكتسب الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها، لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى طاقتها الأخير. وتعزز هذه المعرفة ما تعلمناه من قبل من أن التوزيع الإلكتروني لمستويات  $s$  و  $p$  الفرعية لنفس مستوى الطاقة الممتلئة بالإلكترونات يكون أكثر استقراراً. كما يجب أن تلاحظ أن هذه القاعدة لا تشمل عناصر الدورة الأولى؛ لأنها تحتاج إلى إلكترونين فقط.

تكمّن فائدة هذه القاعدة في تحديد نوع الأيون الذي ينتجه العنصر. فالعناصر التي تقع على الجانب الأيمن من الجدول الدوري تكتسب عادة الإلكترونات لتحصل على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا السبب تنتج هذه العناصر أيونات سالبة، إلا أنه - بطريقة مشابهة - تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

## تجربة

### رتب العناصر

كيف تدرج الخواص؟

### الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل بطاقة تعريف لكل عنصر من واقع المعلومات في الجدول المقابل.
3. اعمل جدولاً في هيئة مصفوفة (4 أعمدة  $\times$  3 صفوف).
4. رتب بطاقات العناصر تصاعدياً حسب كتلتها.
5. ابدأ بوضع البطاقات في الجدول مراعيًا تسلسل كتل العناصر وخصائصها، واترك مربعات فارغة عند الضرورة.

### التحليل

1. اعمل جدولاً تبين فيه التنظيم في صورته النهائية.
2. صف التدرج في اللون عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعدده.

3. صف التدرج في الكتلة عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعدده، وفسر موقع أي عنصر لا ينسجم مع النمط.
4. توقع أين يمكن وضع عنصر غازي جديد اسمه  $ph$  في الجدول الذي أعدده؟ 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







الشكل 2 تغطي العضلات معظم جسم الإنسان.

## العناصر في جسم الإنسان

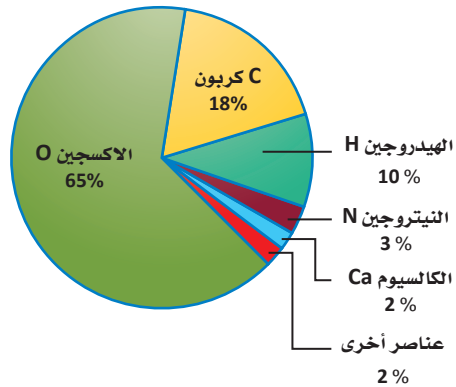
كلما أكل الإنسان أو تنفس أخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. ولهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتماداً على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح الشكل 1 النسبة المئوية الكتلية للعناصر في خلايا جسم الإنسان.

**الأكسجين** يوجد في جسم الإنسان البالغ ما يزيد على 14 بليون بليون ذرة من الأكسجين. وقد يموت الإنسان خلال دقائق معدودة، إذا لم يُزود الدم بالأكسجين.

**الكربون** يكون روابط قوية بين ذراته وذرات العناصر الأخرى، كما يكون سلاسل طويلة تعد الهيكل العظمي الضروري للمركبات العضوية، ومنها الكربوهيدرات، والبروتينات والدهون. كما يعتمد جزيء DNA الذي يحدد الصفات الشكلية أو المظهرية للشخص على مقدرة الكربون على الارتباط مع العديد من العناصر بسهولة.

**الهيدروجين** يحتوي الجسم على عدد من ذرات الهيدروجين يزيد على عدد ذرات العناصر الأخرى جميعها معاً، على الرغم من أنه يمثل 10% من كتلة الجسم؛ لأن كتلة ذرته صغيرة جداً. ولا يحتاج جسم الإنسان إلى الهيدروجين في صورة عنصر فقط، ولكن من خلال العديد من المركبات الضرورية ومنها الماء. ويعد الهيدروجين - بالإضافة إلى الأكسجين والكربون - جزءاً مهماً في تركيب الكربوهيدرات والمركبات العضوية التي يحتاج إليها الجسم للحصول على الطاقة.

نسبة كتل العناصر الموجودة في جسم الإنسان



الشكل 1 يتكون جسم الإنسان من الكثير من العناصر المختلفة.

**النيتروجين** تغطي العضلات معظم جسم الإنسان. ويوجد النيتروجين في المركبات التي تصنع البروتينات التي يحتاج إليها الجسم لبناء العضلات، هذا ما يوضحه الشكل 2.

**العناصر الأخرى في الجسم** الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين هي العناصر الأكثر توافراً في الجسم، ولكن هناك بعض العناصر الأخرى التي يحتاج إليها الجسم للعيش والنمو. إن مقداراً ضئيلاً من هذه العناصر - والتي تكون في مجملها 2% من كتلة الجسم - يُعد ضرورياً للجسم. فمثلاً، لا تستطيع العظام والأسنان النمو دون التزود المستمر بالكالسيوم. وعلى الرغم من أن الكبريت يكون أقل من 1% من كتلة الجسم إلا أنه عنصر ضروري ويوجد في البروتينات، كما في الأظافر على سبيل المثال. كما أن الصوديوم والبوتاسيوم ضروريان لنقل الإشارات الكهربائية في الدماغ.

**الكتابة في الكيمياء** هل تستطيع الحصول على العناصر ذات المقدار الضئيل في الجسم من أكل المواد الغذائية المعلبة فقط؟ ما أهمية هذه العناصر رغم وجودها بكميات قليلة؟ ناقش هذه القضية مع زملائك في الصف.

# مختبر الكيمياء

## الكيمياء الوصفية (النوعية)

HCl إلى كل أنبوب اختبار، وراقب كل أنبوب مدة دقيقة، واعلم أن تكون الفقاعات يعدّ دليلاً على التفاعل بين الحمض والعنصر، ثم سجل ملاحظاتك.

ملاحظة العناصر	
التصنيف	الخواص
الفلزات	<ul style="list-style-type: none"> <li>● قابله للطرق.</li> <li>● موصلة جيدة للكهرباء.</li> <li>● ذات لمعان.</li> <li>● لها لون فضي أو أبيض.</li> <li>● يتفاعل معظمها مع الأحماض.</li> </ul>
اللافلزات	<ul style="list-style-type: none"> <li>● توجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.</li> <li>● غير موصلة للكهرباء.</li> <li>● لا تتفاعل مع الأحماض.</li> <li>● غالباً ما تكون هشّة في الحالة الصلبة.</li> </ul>
أشباه الفلزات	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تجمع بين خواص الفلزات واللافلزات.</li> </ul>

7. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص من المواد جميعها حسب تعليمات المعلم.

### حل واستنتج

1. فسر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.
2. فسر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لللافلزات.
3. فسر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعد قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشباه الفلزات.
4. اعمل نموذجاً ارسم مخططاً للجدول الدوري وحدد مواقع العناصر الممثلة من المجموعة 1 إلى 17. بالاعتماد على الجدول الدوري الوارد في هذا الفصل والنتائج التي حصلت عليها من التجربة، سجّل رموز العناصر التي درستها في التجربة في مخطط الجدول الدوري الذي أعدته.
5. استنتج كيف تتدرج خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.

**الخلفية:** يمكنك ملاحظة العديد من العناصر الممثلة، ثم تصنيفها والمقارنة بين خواصها. تسمى عملية تعرف خواص العناصر بالكيمياء الوصفية.

## سؤال: كيف تتدرج خواص العناصر الممثلة؟

### المواد والأدوات اللازمة

أنابيب قابلة للإغلاق	6 أنابيب اختبار
سدادات أنابيب اختبار وأوعية بلاستيكية تحوي كميات قليلة من العناصر	حامل أنابيب اختبار مخبار مدرج 10 mL
جهاز التوصيل الكهربائي	ملعقة صغيرة
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0M	قلم للكتابة على الزجاج
	قلم رصاص

### إجراءات السلامة



تحذير لا تفحص المواد الكيميائية بتذوقها. وحمض الهيدروكلوريك ذو التركيز 1 M ضار بالعين والملابس.

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. لاحظ ثم دوّن المظهر (الحالة الفيزيائية، اللون، اللامعان، اللمس .... وهكذا) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.
3. خذ عينة صغيرة من كل عنصر في الوعاء البلاستيكي، وضعها على سطح صلب، واطرقها برفق. سيصبح العنصر مسطحاً إذا كان قابلاً للطرق. أما إذا كان هشاً فسوف يتكسر إلى قطع صغيرة، ثم دوّن ملاحظاتك.
4. حدد أي العناصر موصل للكهرباء باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي، ثم نظف الأقطاب بالماء، وجففها قبل فحص كل عنصر.
5. عنون كل أنبوب اختبار برمز أحد العناصر في الأوعية البلاستيكية، ثم أضف 5 mL من الماء إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبر المدرج.
6. أضف كمية صغيرة من كل عنصر إلى أنبوب الاختبار الخاص به. ثم أضف 5 mL من حمض الهيدروكلوريك

الفكرة (النامة) يتيح لنا التدرج في خواص العناصر التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

### 2-1 تطور الجدول الدوري الحديث

#### المفاهيم الرئيسية

- رُتبت العناصر في البداية تصاعدياً حسب الكتلة الذرية، مما نتج عنه بعض التناقض، ثم رُتبت لاحقاً وفق الأعداد الذرية تصاعدياً.
- يعني التدرج في خواص العناصر أن صفاتها الكيميائية والفيزيائية تتكرر عند ترتيبها تصاعدياً حسب أعدادها الذرية.
- يرتب الجدول الدوري العناصر في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتكون العناصر ذات الخواص المتشابهة في المجموعة نفسها.
- تُصنف العناصر إلى فلزات ولا فلزات وأشباه فلزات.

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

#### الفكرة الرئيسية

للعناصر تدرجياً مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

#### المفردات

- التدرج في خواص العناصر
- الفلزات الانتقالية
- المجموعات الداخلية
- الدورات
- العناصر الممثلة
- العناصر الانتقالية
- الفلزات
- الفلزات القلوية
- الفلزات القلوية الأرضية
- سلسلة اللانثانيدات
- سلسلة الأكتينيدات
- الالافلزات
- الهالوجينات
- الغازات النبيلة
- أشباه الفلزات

### 2-2 تصنيف العناصر

#### المفاهيم الرئيسية

- يحتوي الجدول الدوري على أربع فئات هي f, d, p, s.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- عناصر المجموعتين 1 و2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
- يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.

#### الفكرة الرئيسية

رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.

### 2-3 تدرج خواص العناصر

#### المفاهيم الرئيسية

- تتناقص قيم نصف قطر الذرة والأيون من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تزداد طاقة التأين غالباً من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات، أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على مجموعة من ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- غالباً ما تزداد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.

#### الفكرة الرئيسية

يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على أحجام الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات أو اكتسابها.

#### المفردات

- الأيون
- طاقة التأين
- القاعدة الثمانية
- الكهروسالبية

## 2-1

## إتقان المفاهيم

Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49
Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)

الشكل 19-2

34. وضح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف الشكل 19-2.

35. ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية:

- فلز يستخدم في مقياس الحرارة.
- غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، وهو غاز نبيل له أكبر كتلة ذرية مقارنةً بعناصر مجموعته.
- يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، وهو فلز له أقل كتلة ذرية في المجموعة 14.
- عنصر انتقالي يستخدم في صناعة الخزائن، ويقع في المجموعة 12 في الجدول الدوري.

36. إذا اكتشف عنصر جديد من الهالوجينات وآخر من الغازات النبيلة فما العدد الذري لكل منهما؟

## إتقان حل المسائل

37. لو رتبت العناصر وفق كتلتها الذرية فأأي العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفاً عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

38. عنصر ثقيل جديد لو اكتشف العلماء عنصراً يحتوي على 117 بروتوناً، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليهما؟ وهل يكون فلزاً أو لا فلزاً أو شبه فلز؟

25. ما النقص في الجدول الدوري لمندليف؟

26. وضح كيف ساهمت قاعدة الثمانيات لنيولاندز في تطور الجدول الدوري؟

27. أعدّ كل من لوثر ماير وديميتري مندليف جداول دورية متشابهة في عام 1869م. فلماذا حظي مندليف بسمعة أكبر بالجدول الدوري الذي أعده؟

28. ما المقصود بتدرج خواص العناصر؟

29. صف الخواص العامة للفلزات.

30. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟

31. صنّف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات.

- الأكسجين O
- الباريوم Ba
- الجرمانيوم Ge
- الحديد Fe

32. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

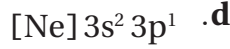
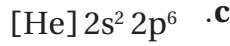
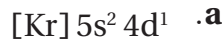
- العناصر القلوية
  - الهالوجينات
  - العناصر القلوية الأرضية
  - الغازات النبيلة
- المجموعة 1
  - المجموعة 2
  - المجموعة 3
  - المجموعة 17

33. ارسم مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وحدد عليه مواقع

كل من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية والغازات النبيلة والهالوجينات، باستخدام الملصقات.



47. حدد كلاً من المجموعة، والدورة والفئة لكل عنصر مما يأتي:



48. عنصران في المجموعة نفسها، فهل يكون نصف قطر ذرة العنصر الذي له عدد ذري أكبر، أصغر أم أكبر من نصف قطر ذرة العنصر الآخر؟

49. يوضح الجدول 2-6 عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 2-6 عدد العناصر في الدورات من 1 إلى 5					
الدورة	1	2	3	4	5
عدد العناصر	2	8	8	18	18

50. النقود تسمى إحدى مجموعات العناصر الانتقالية بمجموعة النقود؛ لأن معظم قطع النقود المعدنية تصنع من عناصر هذه المجموعة. ما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تنتمي إليها؟ وهل ما زالت مستخدمة في صناعة النقود حتى الآن؟

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ جميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسر إجابتك.

#### إتقان حل المسائل

52. الألعاب النارية يُكسب فلز الباريوم الألعاب النارية اللون الأخضر. اكتب التوزيع الإلكتروني للباريوم وصف موقعه من حيث المجموعة والدورة والفئة في الجدول الدوري.

53. السماعات تستخدم المغناطيس المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة السماعات؛ 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، وفئته في الجدول الدوري.

39. ما الرمز الكيميائي للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي؟

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

b. عنصر في المجموعة 13 والدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفاز.

c. عنصر يستخدم فتيلاً في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

## 2-2

### إتقان المفاهيم

40. المنتجات المنزلية ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يستخدم في تبيض 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 الرئيسة في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً؟

45. فسر كيف يمكن أن يحدد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري؟

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي؟

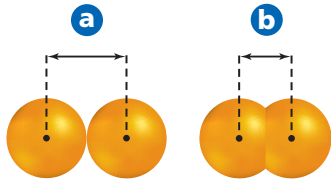
a. عنصر في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءاً من مركبات مساحيق التجميل.

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 20-2 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 و B يمثلان نصفي قطري ذرتي عنصرين في الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟
- c. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري أيونين لعنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟



الشكل 21-2

65. يمثل الشكل 21-2 طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون. صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منهما؟
66. الكلور التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو  $[Ne] 3s^2 3p^5$  وعندما يكتسب إلكترونًا يصبح توزيعه الإلكتروني  $[Ne] 3s^2 3p^6$ ، وهو التوزيع الإلكتروني للأرجون. فهل تغيرت ذرة الكلور إلى ذرة أرجون؟ فسر إجابتك.

### إتقان حل المسائل

67. تصنع بعض العبوات من مادة اللكسان Lexan، وهي مادة بلاستيكية يدخل في تركيبها مركب مكوّن من الكلور والكربون والأكسجين. رتب هذه العناصر تنازليًا حسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.
68. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معًا. اعمل جدولًا يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كل من ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثم اشرح أي الذرات تصبح أكبر، وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

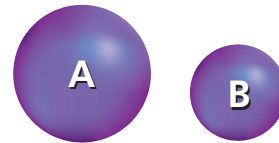
55. املا الفراغ في الجدول 7-2.

الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني			
الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	$[Ne] 3s^2$
4	14	Ge	
	12	Cd	$[Kr] 5s^2 4d^{10}$
2	1		$[He] 2s^1$

## 2-3

### إتقان المفاهيم

56. ما المقصود بطاقة التأين؟
57. يشكل عنصر ما أيوناً سالباً عند التأين. فأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.
58. أيّ العناصر الآتية: الماغنسيوم أم الكالسيوم أم الباريوم، نصف قطر أيونه أكبر؟ وأيها نصف قطر أيونه أصغر؟ وما نمط التغير الذي يفسر ذلك؟
59. فسر لماذا تزداد طاقة تأين العناصر المتتالية في الجدول الدوري عبر الدورة؟
60. كيف يمكن مقارنة نصف قطر أيون اللافلز بنصف قطر الذرة؟ فسر ذلك.
61. فسر لماذا يقل نصف قطر الذرة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟
62. حدّد أي العنصرين له أكبر طاقة تأين في كل من الأزواج الآتية؟  
a. Li و N . b. Ne و Kr . c. Li و Cs
63. ما المقصود بالقاعدة الثمانية؟ ولماذا لا يتبع غازا الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟



الشكل 20-2

76. فسر لماذا تمتد الفئة s من الجدول الدوري على هيئة مجموعتين، والفئة p على هيئة 6 مجموعات، والفئة d على هيئة 10 مجموعات؟

77. لماذا تختلف معظم قيم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية؟

78. رتب العناصر - الأكسجين والكبريت والتيلوريوم والسليسيوم - تصاعدياً حسب نصف قطر الذرة. وهل يعد ترتيبك مثلاً على تدرج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟

79. الحليب يعدّ العنصر ذو التوزيع الإلكتروني  $4s^2 [Ar]$  من أهم الفلزات الموجودة في الحليب. حدد مجموعة ودورة وفئة هذا العنصر في الجدول الدوري.

80. لماذا لا توجد عناصر من الفئة p في الدورة الأولى؟

81. المجوهرات ما الفلزان الانتقاليان المستخدمان في صناعة المجوهرات، واللذان يقعان في المجموعة 11، ولهما أقل كتلة ذرية؟

82. أيهما له طاقة تأين أكبر: البلاتين المستخدم في عمل تاج الضروس، أم الكوبلت الذي يُكسب الفخار ضوءه الأزرق الساطع؟

### التفكير الناقد

83. طبق يكوّن الصوديوم Na أيوناً موجباً  $+1$ ؛ في حين يكوّن الفلور F أيوناً سالباً  $-1$ . اكتب التوزيع الإلكتروني لكل أيون منهما. وفسّر لماذا لا يشكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

84. اعمل رسماً بيانياً واستخدمه استعن بالبيانات الواردة في الجدول 8-2. ومثّل بيانياً الكثافة مقابل العدد الذري، واذكر أي نمط تغير يمكن أن تلاحظه.

69. المُحَلِّي الصناعي تحتوي بعض المشروبات الغازية التي تجنّب زيادة الوزن على المحلي الصناعي أسبارتيم، وهو مركب يحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين وذرات أخرى. اعمل جدولاً يوضح أنصاف أقطار الذرات والأيونات للكربون والنيتروجين والأكسجين. افترض حالة التأين الموضحة في الشكل 14-2 واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

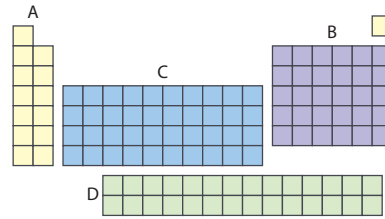
### مراجعة عامة

70. عرّف الأيون.

71. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟

72. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءاً من مركب يستعمل لإزالة عسر الماء؟

73. أيهما أكثر كهروسالبية: عنصر السيزيوم في المجموعة 1 المستخدم في مصابيح الأشعة تحت الحمراء، أم البروم وهو الهالوجين المستخدم في مركبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟



الشكل 22-2

74. يوضح الشكل 22-2 فئات الجدول الدوري. سمّ كل فئة من الجدول الدوري، وشرح الخواص المشتركة بين عناصر كل فئة.

75. أي عنصر في الأزواج الآتية له كهروسالبية أعلى:

a. K أو As

b. N أو Sb

c. Sr أو Be

87. تعرّف أحد العناصر الممثلة في الدورة 3 جزء من المواد الخشنة التي تستعمل على سطوح علب الثقاب. والجدول 2-9 يوضح طاقات التأين لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول لاستنتاج نوع العنصر.

الجدول 2-9 طاقات التأين بوحدة kJ/mol						
العدد	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
طاقة التأين	1010	1905	2910	4957	6265	21238

### مسألة تحفيز

88. يعبر عن طاقات التأين بوحدة (kJ/mol)، إلا أنه يعبر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجدول (J). استخدم القيم في الجدول 2-5 لحساب الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الأول بوحدة الجول من ذرة كل من B، و Be، و Li، و C، ثم استخدم العلاقة  $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$  لتحويل القيم إلى الإلكترون فولت.

### مراجعة تراكمية

89. عرّف المادة، وحدّد ما إذا كان كل مما يلي مادة أم لا.

- a. موجات الميكروويف d. السرعة
- b. الهيليوم داخل بالون e. ذرة من الغبار
- c. حرارة الشمس f. اللون الأزرق

90. حوّل كلّاً من وحدات القياس الآتية إلى ما هو مبين:

- a. 1.1 cm إلى m c. 11 mg إلى kg
- b. 76.2 pm إلى mm d. 7.23 mg إلى kg

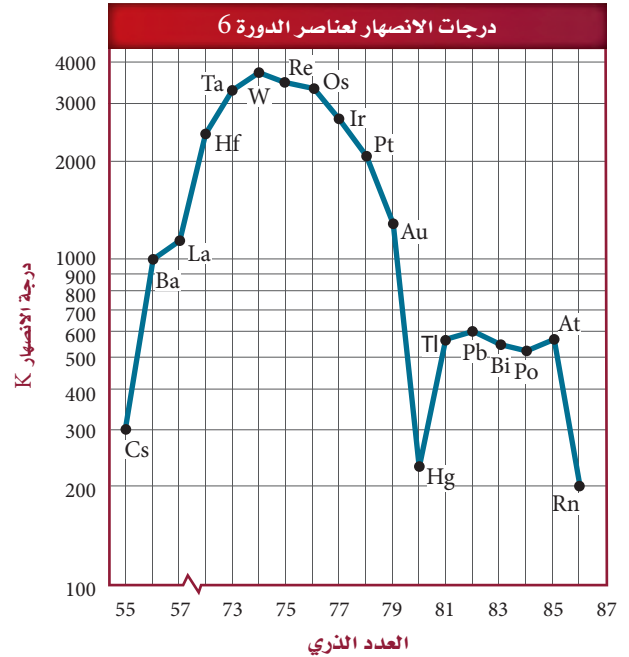
91. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$  وهو في حالة الاستقرار؟

### الجدول 2-8 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm <sup>3</sup> )
النيتروجين	7	$1.25 \times 10^{-3}$
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
الأنثيمون	51	6.70
البزموت	83	9.78

85. فسّر البيانات رسمت درجات انصهار عناصر الدورة 6 مقابل العدد الذري كما في الشكل 2-23. حدّد نمط التغير في درجات الانصهار والتوزيع الإلكتروني للعناصر. ثم ضع فرضية لتفسير هذا النمط.



الشكل 2-23

86. التعميم يعبر الرمز  $ns^1$  عن التوزيع الإلكتروني للمستوى الخارجي لعناصر المجموعة الأولى، حيث  $n$  هو رقم دورة العنصر ومستوى طاقته الرئيس. اكتب رمزاً مشابهاً لكل مجموعات العناصر الممثلة.



## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

93. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبرنر، واكتب تقريراً حولها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

94. الميل الإلكتروني خاصية دورية أخرى. اكتب تقريراً عن الميل الإلكتروني، وصف تدرجه عبر المجموعة وعبر الدورة.

## أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي لمندليف جديراً بالملاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه، لذلك فهو يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول مندليف الموضح في الجدول 10-2 والجدول الدوري الحديث الموضح في الشكل 5-2.

التسلسل	الجدول 10-2 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) منطقيًا أكثر؟

96. أي أجزاء جدول مندليف يعد أكثر تشابهاً مع موقعه الحالي، وأيهما كان أبعد عن موقعه الحالي في الجدول الحديث؟ ولماذا؟

97. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

# اختبار مقنن

## أسئلة الاختيار من متعدد

1. عناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوري لها نفس:

- a. عدد إلكترونات التكافؤ.
- b. الخواص الفيزيائية.
- c. عدد الإلكترونات.
- d. التوزيع الإلكتروني.

2. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟

- a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنسيوم Mg.
- b. قيمة الكهروسالبية للكربون C أكبر من قيمة الكهروسالبية للبورون B.
- c. نصف قطر الأيون  $\text{Br}^-$  أكبر من نصف قطر ذرة Br.
- d. طاقة التأين الأولى لعنصر K أكبر من طاقة التأين الأولى لعنصر Rb.

3. التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر هو  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^4$ .

ما المجموعة والدورة والفئة التي يقع ضمنها هذا العنصر في الجدول الدوري؟

- a. مجموعة 14، دورة 4، فئة d
- b. مجموعة 16، دورة 3، فئة p
- c. مجموعة 14، دورة 4، فئة p
- d. مجموعة 16، دورة 4، فئة p

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و 5:

خواص العناصر		
العنصر	الفئة	الخواص
X	s	صلب، يتفاعل بسرعة مع الأكسجين.
Y	p	غاز عند درجة حرارة الغرفة، يكون الأملاح.
Z	—	غاز نبيل

4. أي مجموعة في الجدول الدوري يقع فيها العنصر X؟

- a. 1
- b. 17
- c. 18
- d. 4

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

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

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

النسبة المئوية لمكونات أكاسيد النيتروجين		
المركب	نسبة النيتروجين	نسبة الأكسجين
$\text{N}_2\text{O}_4$	30.4%	69.6%
$\text{N}_2\text{O}_3$	؟	؟
$\text{N}_2\text{O}$	63.6%	36.4%
$\text{N}_2\text{O}_5$	25.9%	74.1%

6. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب  $\text{N}_2\text{O}_3$ ؟

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

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

- a.  $\text{N}_2\text{O}_4$
- b.  $\text{N}_2\text{O}_3$
- c.  $\text{N}_2\text{O}$
- d.  $\text{N}_2\text{O}_5$

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

- a. الفئة d
- b. المجموعات 13 إلى 17
- c. الفئة f
- d. المجموعتين 1 و 2

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللافلزات فقط؟

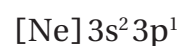
- a. 1
- b. 13
- c. 15
- d. 18

10. يمكن توقع أن العنصر 118 له خواص تشبه:

- a. الفلزات القلوية الأرضية
- b. الهالوجين
- c. أشباه الفلزات
- d. الغاز النبيل

## أسئلة الإجابات القصيرة

ادرس التوزيع الإلكتروني الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



- 11. في أي دورة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟
- 12. في أي مجموعة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟
- 13. ما اسم هذا العنصر؟

## أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

طاقات التأين لعناصر مختارة من الدورة 2 بوحدة kJ/mol				
العنصر	Li	Be	B	C
إلكترونات التكافؤ	1	2	3	4
طاقة التأين الأولى	520	900	800	1090
طاقة التأين الثانية	7300	1760	2430	2350
طاقة التأين الثالثة		14,850	3660	4620
طاقة التأين الرابعة			25,020	6220
طاقة التأين الخامسة				37,830

- 14. بين العلاقة التي تربط بين التغير الكبير جداً في طاقة التأين وعدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة.
- 15. توقع أي طاقات التأين سوف تُظهر أكبر تغير لعنصر الماغنسيوم؟ فسر إجابتك.



# المركبات الأيونية والفلزات

## Ionic compounds and Metals

3

فكرة

**الفكرة العامة** تربط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

### 1-3 تكون الأيون

**الفكرة الرئيسية** تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

### 2-3 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

**الفكرة الرئيسية** تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوّن مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

### 3-3 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

**الفكرة الرئيسية** عند تسمية المركبات الأيونية يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

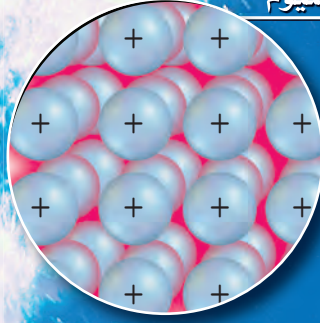
### 4-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

**الفكرة الرئيسية** تُكوّن الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "بحر" من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

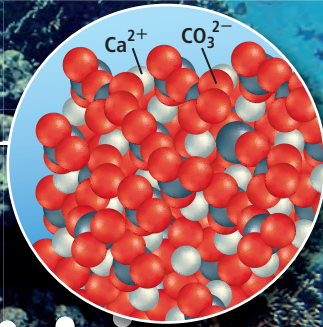
### حقائق كيميائية

- يغوص الغواصون عادة على عمق 40 m، أما أكبر عمق وصل إليه غواص محترف فقد زاد على 300 m قليلاً.
- يحمل الغواصون الأكسجين والنتروجين في أسطوانات معدة لهذه الغاية، لذا عليهم اتباع إجراءات خاصة لتجنب التسمم بالأكسجين، والتخدير النتروجيني.

فلز الألومنيوم



كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ )





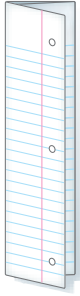
## نشاطات تمهيدية

### تجربة استهلاكية

المركبات الأيونية اعمل  
المطوية الآتية لتساعدك على  
تنظيم المعلومات الخاصة  
بالمركبات الأيونية.

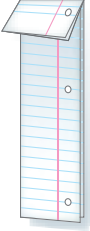
#### المطويات

منظمات الأفكار

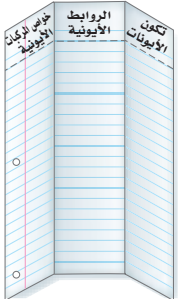


**خطوة 1** اطو الورقة طولياً  
لتعمل ثلاثة أقسام متساوية.

**خطوة 2** اطو الجزء العلوي  
من الورقة نحو الأسفل  
بمقدار 2 cm تقريباً.



**خطوة 3** ارسم خطوطاً  
على طول الشيات، ثم عنون  
الأعمدة على النحو الآتي:  
تكوين الأيونات، الروابط  
الأيونية، خواص المركبات  
الأيونية.



**المطويات** استخدم هذه المطوية في  
القسمين 1-3 و 2-3. وبعد قراءتها  
دوّن المعلومات الخاصة بالمركبات  
الأيونية في الأعمدة المناسبة لذلك  
في المطوية.

ما أنواع المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي؟

لكي توصل المادة التيار الكهربائي يجب أن تحتوي على جسيمات  
مشحونة قادرة على الحركة بسهولة. ويعد التوصيل الكهربائي من  
خواص المواد التي تزودنا ببعض المعلومات عن الروابط بين الذرات.



#### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في  
المختبر.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل  
ملاحظاتك.
3. املاً إحدى فجوات طبق  
التفاعلات البلاستيكي بملح  
الطعام الصلب NaCl.
4. استخدم الماصة لنقل 1mL  
من محلول ملح الطعام NaCl  
المعد باستخدام ماء الصنبور إلى فجوة أخرى في الطبق نفسه.
5. اغمس أقطاب جهاز التوصيل الكهربائي داخل ملح الطعام  
الصلب، فإذا توهج المصباح الكهربائي فإن ذلك يعني أن ملح  
الطعام الصلب موصل للكهرباء. كرر الخطوة نفسها مع محلول  
ملح الطعام.
6. كرر الخطوات 3 - 5 مستخدماً السكر  $C_{12}H_{22}O_{11}$  بدلاً من ملح  
الطعام.
7. أعد الخطوات 3 - 5 مستخدماً الماء المقطر بدلاً من ماء الصنبور.

#### التحليل

1. اعمل جدولاً ودوّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
2. فسر النتائج التي حصلت عليها.

**استقصاء** صمّم نموذجاً يوضح الاختلاف بين المركبات التي  
توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركبات التي لا توصل محاليلها  
التيار الكهربائي.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية  
لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى  
الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## تكون الأيون Ion Formation

### الأهداف

**الفكرة الرئيسية** تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

**الربط مع الحياة** تخيل أنك ذاهب ومجموعة من الأصدقاء لتلعبوا كرة القدم، فوجدتم هناك مجموعة أخرى أكثر عددًا يريدون اللعب أيضاً، فاتفقتم على تشكيل فريقين متساويين مما يؤدي إلى أن تفقد إحدى المجموعتين بعض لاعبيها لينضموا إلى المجموعة الأخرى. وهكذا بطريقة مشابهة يكون سلوك الذرات أحياناً عند تكوين المركبات.

### Chemical bond الرابطة الكيميائية

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 مساو لعدد البروتونات الموجبة. وتميل جميع الذرات إلى الوصول لحالة من الاستقرار بحيث تكون طاقتها أقل ما يمكن، وذلك بامتلاك مستوى طاقة أخير ممتلئ بالإلكترونات. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال **الرابطة الكيميائية**؛ وهي عبارة عن قوة تجاذب تنشأ بين ذرتين أو أكثر من خلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسابها أو المساهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

### تكوين الأيون الموجب Positive Ion Formation

يتكون الأيون الموجب عندما تفقد الذرة إلكترون تكافؤ 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).

ذرة النيون Ne  $1s^2 2s^2 2p^6$

ذرة الصوديوم Na  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

أيون الصوديوم  $Na^+$   $1s^2 2s^2 2p^6$

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 1-3 كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.

- تعرف الرابطة الكيميائية.
- تصف تكوين الأيونات الموجبة والسالبة.
- تربط بين تكوين الأيون وتوزيعه الإلكتروني.

### مراجعة المفردات

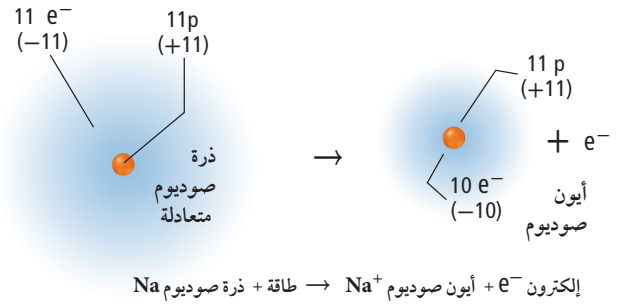
القاعدة الثمانية: تميل الذرات إلى اكتساب الإلكترونات أو فقدانها أو مشاركتها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

### المفردات الجديدة

الرابطة الكيميائية  
الكاتيون  
الأيون

**الشكل 1-3** 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.

**حلّل** هل يحتاج انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة إلى امتصاص الطاقة أم انبعاثها؟



**المطويات**  
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

ومن الضروري معرفة أنه رغم حصول ذرة الصوديوم على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون إلا أنها لم تتحول إلى ذرة نيون، بل تحولت إلى أيون صوديوم أحادي الشحنة الموجبة، وأن عدد البروتونات (11) الذي يميز ذرة الصوديوم ما زال ثابتاً داخل النواة لم يتغير.

**ماذا قرأت؟** ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لذرة مستقرة؟

**أيونات الفلزات** إن ذرات الفلزات نشيطة كيميائياً؛ لأنها تفقد إلكترونات تكافؤها بسهولة. وفلزات المجموعتين الأولى والثانية أكثر الفلزات نشاطاً في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، تُكوّن فلزات البوتاسيوم والماغنسيوم الموجودة في المجموعتين 1 و 2 على الترتيب، الأيونات  $K^+$  و  $Mg^{2+}$ ، كما تُكوّن بعض ذرات عناصر المجموعة 13 أيونات موجبة أيضاً. ويلخص الجدول 1-3 الأيونات التي تكونها ذرات فلزات المجموعات 1 و 2 و 13.

أيونات المجموعات 1 و 2 و 13		الجدول 1-3
شحنة الأيون المتكون	التوزيع	المجموعة
$s^1$ عند فقد إلكترون $s^1$ (+ 1)	$ns^1$ [غاز نبيل]	1
$s^2$ عند فقد إلكترون $s^2$ (+ 2)	$ns^2$ [غاز نبيل]	2
$s^2p^1$ عند فقد إلكترونات $s^2p^1$ (+ 3)	$ns^2np^1$ [غاز نبيل]	13

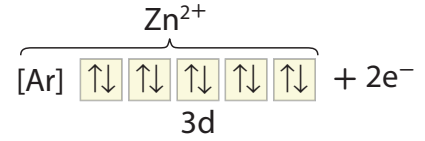
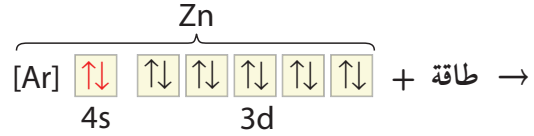
### أيونات الفلزات الانتقالية

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، لتكوّن أيونات موجبة ثنائية الشحنة  $+2$ . وقد تفقد أيضاً إلكترونات من المستوى d. لذا تكوّن الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثية الشحنة  $+3$  أو أكثر حسب عدد إلكترونات المستوى d، ولكن من الصعب التنبؤ بعدد الإلكترونات التي يمكن فقدانها. فعلى سبيل المثال، يُكوّن الحديد أيونات  $Fe^{2+}$  و أيونات  $Fe^{3+}$ . ولكن يمكننا القول إن من المؤكد أن هذه الفلزات تكوّن أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثية الشحنة.

على الرغم من أن توزيع الإلكترونات الثماني هو التوزيع الإلكتروني للذرة المستقرة، إلا أنه يوجد توزيعات أخرى للإلكترونات تزودها ببعض الاستقرار.

### الشكل 2-3 عندما يتفاعل

الخارصين مع اليود فإن حرارة التفاعل تجعل اليود الصلب يتسامى إلى بخار بنفسجي اللون. ويتكون أسفل الأنبوب  $ZnI_2$  الذي يحتوي على أيون  $Zn^{2+}$  الذي توزيعه الإلكتروني شبيه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

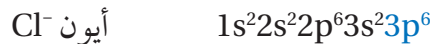
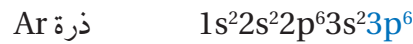
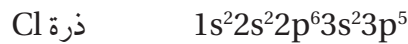


عند فقدان إلكترونين تكافؤ المستوى 4s يتكون توزيع إلكتروني من مستويات s, p, d مملوءة بالإلكترونات، يشبه التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

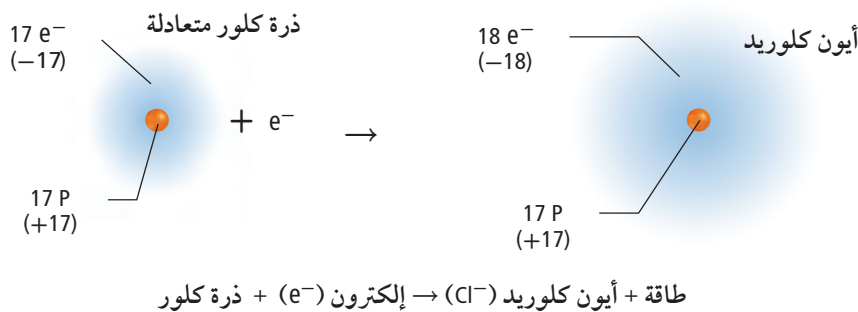
فعلى سبيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14-11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجياً ذا مستويات ثانوية (هي s, p, d) مملوءة بالإلكترونات. وبين الشكل 2-3 التوزيع الإلكتروني لذرة الخارصين:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$ . وعندما تكوّن ذرة الخارصين الأيون الثنائي الموجب تفقد إلكترونين من المستوى 4s وينتج التوزيع الإلكتروني المستقر:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ . ويُشار إلى هذا التوزيع الإلكتروني المستقر نسبياً بالتوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل.

### تكوين الأيون السالب Negative Ion Formation

تميل عناصر اللافلزات الموجودة يمين الجدول الدوري إلى اكتساب إلكترونات بسهولة لتحصل على توزيع إلكتروني خارجي مستقر، كما في الشكل 3-3. وللحصول على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل تكتسب ذرة الكلور إلكترونات لتكون أيوناً شحنته -1، ويصبح التوزيع الإلكتروني لأيون الكلوريد بعد اكتساب الإلكترون مثل التوزيع الإلكتروني للأرجون:



ويسمى الأيون السالب بالأيون. ولتسمية الأيونات السالبة يضاف المقطع (يد) إلى نهاية اسم العنصر، فتصبح ذرة الكلور أيون كلوريد. فما اسم أيون النيتروجين؟





**أيونات اللافلزات** تكتسب بعض اللافلزات عددًا من الإلكترونات، وعندما تُضاف إلى إلكترونات تكافئها تصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرار. فعلى سبيل المثال، لذرة الفوسفور خمسة إلكترونات تكافؤ، وحتى تحصل على التوزيع الإلكتروني الثماني المستقر تكتسب ثلاثة إلكترونات، وتكوّن أيون الفوسفيد الذي شحنته 3- . وبالمثل ذرة الأكسجين التي لها ستة إلكترونات تكافؤ تكتسب إلكترونين وتكوّن أيون الأكسيد الذي شحنته 2- .

وقد تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعدادًا من الإلكترونات للوصول إلى حالة التركيب الثماني المستقر. 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 إلكترونًا واحدًا للوصول إلى حالة الثمانية ويبين الجدول 2-3 أيونات المجموعات 15 و 16 و 17.

أيونات المجموعات من 15 إلى 17		الجدول 2-3
شحنة الأيون المتكون	التوزيع الإلكتروني	المجموعة
(-3) عند اكتساب ثلاثة إلكترونات	$ns^2 np^3$ [غاز نبيل]	15
(-2) عند اكتساب إلكترونين	$ns^2 np^4$ [غاز نبيل]	16
(-1) عند اكتساب إلكترون واحد	$ns^2 np^5$ [غاز نبيل]	17

## التقويم 3-1

### الخلاصة

- الفكرة الرئيسة** قارن بين استقرار ذرة الليثيوم وأيون الليثيوم  $Li^+$ .
  - صف سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.
  - طبق لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًا، في حين تُعد عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟
  - طبق اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات الآتية، ثم توقع التغير الذي ينبغي حدوثه لتصل كل ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.
    - النيتروجين
    - الكبريت
    - الباريوم
    - الليثيوم
  - نموذج ارسم نموذجين يمثلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.
- تكوّن بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوءًا بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
  - تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
  - يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتًا عند تكوين الأيون.

## الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

### Ionic Bonds and Ionic Compounds

**الفكرة الرئيسية** تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوّن مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

**الربط مع الحياة** هل حاولت يوماً فصل كيس التغليف البلاستيكي بعضه عن بعض؟ تعود صعوبة فصل هذه المواد إلى تجاذب بعضها إلى بعض بسبب وجود أسطح مختلفة الشحنة.

### تكوين الروابط الأيونية Formation of Ionic Bonds

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهريين في الشكل 3-4؟ تتفاعل العناصر معاً في كلتا الحالتين لتكوين مركب كيميائي. ويبين الشكل 3-4a التفاعل بين عنصري الصوديوم والكلور، وينتقل في أثناء هذا التفاعل إلكترون تكافؤ من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور، فتصبح ذرة الصوديوم أيوناً موجباً. وتستقبل ذرة الكلور هذا الإلكترون في مستوى الطاقة الخارجي لتصبح ذرة الكلور أيوناً سالباً. ويبين الشكل 3-4b التفاعل بين عنصري الماغنسيوم والأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم MgO.

وعندما تتجاذب الشحنات المختلفة بين أيوني الصوديوم والكلوريد يتكون مركب كلوريد الصوديوم. وتسمى القوة الكهروستاتيكية التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات الأيونية **الرابطة الأيونية**. كما تسمى المركبات التي تحتوي على روابط أيونية **المركبات الأيونية**.

**المركبات الأيونية الثنائية** تحتوي الآلاف من المركبات على روابط أيونية تسمى المركبات الأيونية، وهي مركبات ثنائية، أي أنها تتكون من عنصرين مختلفين. وتحتوي هذه المركبات الأيونية الثنائية على أيون فلزي موجب وأيوني لافلزي سالب؛ فكلوريد الصوديوم مثلاً مركب أيوني ثنائي؛ لأنه يتكون من أيونين مختلفين هما أيونا الصوديوم والكلور، وأكسيد الماغنسيوم MgO الناتج عن التفاعل الظاهر في الشكل 3-4b، مركب أيوني ثنائي أيضاً.

تصف تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.

تربط بين الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.

توضيح العلاقة بين تكون المركب الأيوني والطاقة.

### مراجعة المفردات

**المركب:** اتحاد كيميائي بين عنصرين مختلفين أو أكثر.

### المفردات الجديدة

الرابطة الأيونية

المركبات الأيونية

الشبكة البلورية

الإلكتروليت

طاقة الشبكة البلورية



**الشكل 3-4** يُنتج كل من هذين التفاعلين الكيميائيين

طاقة كبيرة في أثناء تكوين المركبات الأيونية

a. ينتج عن التفاعل بين عنصر الصوديوم وغاز الكلور بلورات صلبة بيضاء اللون.

b. ينتج عن اشتعال شريط فلز الماغنسيوم في الهواء مركب أيوني يسمى أكسيد الماغنسيوم.

**الشحنات وتكوين المركبات الأيونية** ما الدور الذي تقوم به شحنة الأيون في تكوين المركبات الأيونية؟ للإجابة عن هذا السؤال تفحص طريقة تكوين مركب فلوريد الكالسيوم. إن التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم هو  $[Ar] 4s^2$ ، لذا فإنها تحتاج أن تفقد إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون. أما التوزيع الإلكتروني لذرة الفلور فهو  $[He] 2s^2 2p^5$ ، ويجب أن تكتسب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة النيون. ولأن عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يجب أن يكون متساويًا فإننا نحتاج إلى ذرتين من الفلور لتكسبا الإلكترونين اللذين فقدتهما ذرة الكالسيوم. وبذلك تكون الشحنة النهائية في مركب فلوريد الكالسيوم  $CaF_2$  صفرًا.

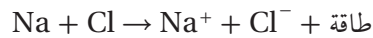
$$1 \text{ Ca ion} \left( \frac{2+}{\text{Ca ion}} \right) + 2 \text{ F ions} \left( \frac{1-}{\text{F ion}} \right) = (1)(+2) + (2)(-1) = 0$$

وילخص الجدول 3-3 طرائق عدة تمثل تكوين المركبات الأيونية، ومنها كلوريد الصوديوم.

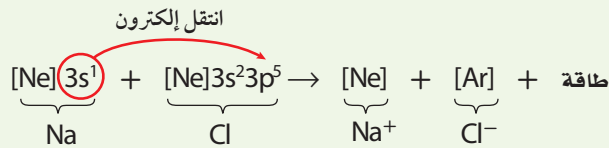
### تكوين كلوريد الصوديوم

### الجدول 3-3

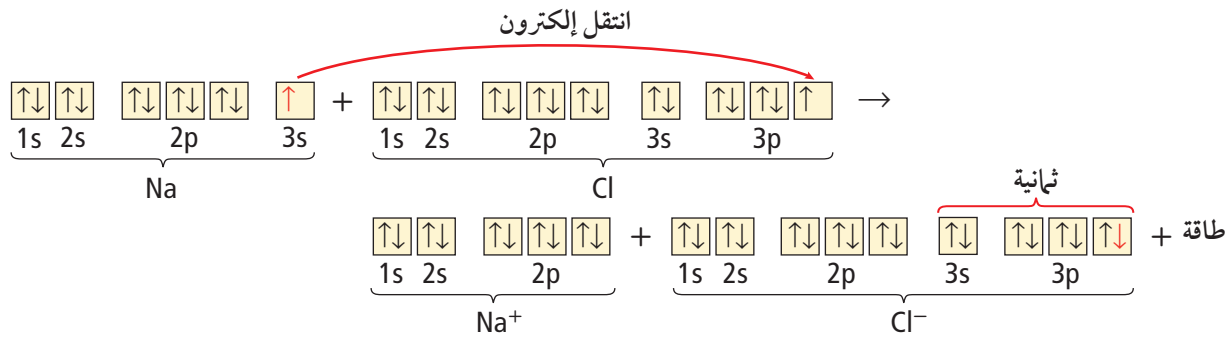
#### المعادلة الكيميائية



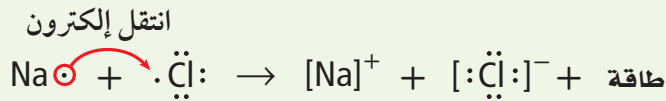
#### التوزيع الإلكتروني



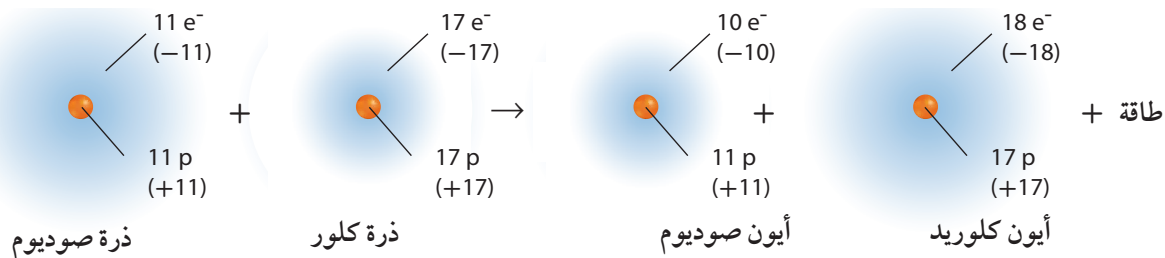
#### التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات المستويات



#### التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)



#### النماذج الذرية



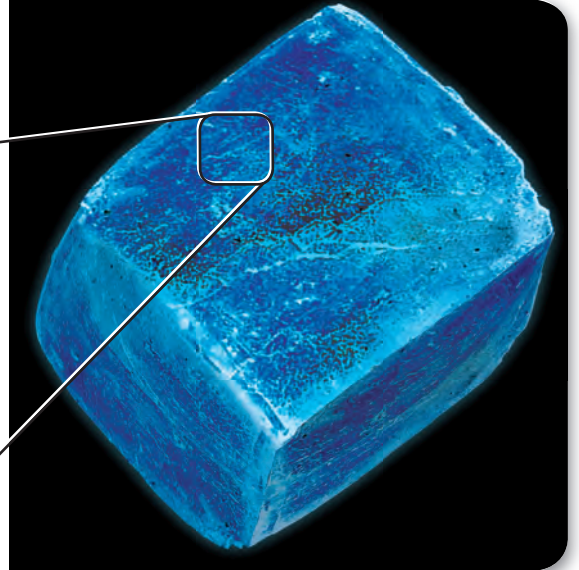
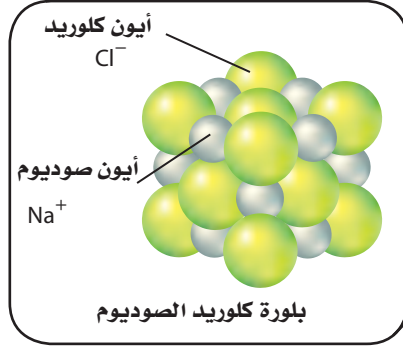




### الشكل 6-3 يظهر المجهر

الإلكتروني الماسح شكل بلورة كلوريد الصوديوم المكعبة.

**فسر** ما نسبة أيونات الصوديوم إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟



**البناء الفيزيائي** يحتوي البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية على عدد كبير من الأيونات الموجبة والسالبة، ويتحدد عددها بنسبة عدد الإلكترونات التي تنتقل من ذرات الفلز إلى ذرات اللافلز. وتترتب هذه الأيونات بنمط متكرر يحفظ التوازن بين قوى التجاذب والتنافر بينها.

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظهر في الشكل 6-3، 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 6-3، فإن نسبة 1:1 من أيونات الصوديوم والكلوريد تكوّن بلورة مرتبة مكعبة الشكل. وكما هو الحال مع أي مركب أيوني كما في  $\text{NaCl}$  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؟

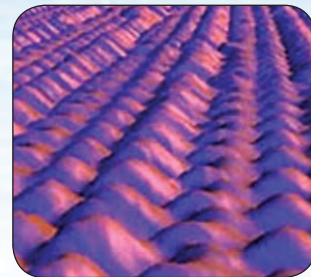
✓ **ماذا قرأت؟ فسر** ما الذي يحدد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الكيميائي؟

**2004م** طوّر العلماء سبيكة من النيكل والجادولينيوم لها القدرة على امتصاص النيوترونات المنبعثة من المخلفات النووية، وتستخدم عند نقل الوقود النووي الشديد الإشعاع.

**1962م** تم اكتشاف سبيكة النيكل والتيتانيوم التي لها القدرة على استعادة شكلها بعد تشكيلها "ذاكرة الشكل"، وتستخدم كثيراً في تقويم الأسنان.



**1981م** أتاح اكتشاف المجهر الماسح الأنبوبي للباحثين دراسة صور على المستوى الذري بالأبعاد الثلاثة.





البيرل  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$



الباريت  $\text{BaSO}_4$



الأراجونيت  $\text{CaCO}_3$

**الشكل 7-3** تعد مركبات الأراجونيت  $\text{CaCO}_3$  والباريت  $\text{BaSO}_4$  والبيرل  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  أمثلة على خامات المركبات الأيونية. وتنظم الأيونات التي تتكون منها هذه المركبات في شبكة بلورية. ويؤدي الاختلاف في حجم الأيونات وشحناتها إلى تكون بلورات مختلفة الأشكال.

تتكون الشبكة البلورية نتيجة لقوة الجذب الكبيرة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة. **الشبكة البلورية** ترتيب هندسي للجسيمات ثلاثي الأبعاد. يحاط فيها الأيون الموجب بالأيونات السالبة، كما يحاط الأيون السالب بالأيونات الموجبة. وتختلف البلورات الأيونية في شكلها بسبب حجم الأيونات وأعدادها المترابطة كما في الشكل 7-3.

**الربط مع علم الأرض** المعادن الموضحة في الشكل 7-3 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 تعرفها أيضاً من خلال أنواع الأيونات السالبة المتوافرة فيها. فعلى سبيل المثال، تكوّن السليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السليكات السالبة  $\text{SiO}_3^{2-}$  الناتجة عن اتحاد السليكون مع الأكسجين. وتحتوي الهاليدات على أيونات الفلوريد، والكلوريد، والبروميد، واليوديد. وتحتوي أنواع أخرى من المعادن على البورون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة معروفة باسم البورات، وكذلك على الكربون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة أيضاً تسمى الكربونات.

**ماذا قرأت؟ حدد أي المعادن في الشكل 7-3 سليكات، وأيها كربونات؟**

**الخواص الفيزيائية** يعد كل من درجة الغليان والانصهار والصلابة من الخواص الفيزيائية للمادة التي تعتمد على مدى قوة جذب الجسيمات المكونة للمادة بعضها لبعض. وتعتمد القدرة على التوصيل الكهربائي -وهي خاصية فيزيائية أخرى- على توافر جسيمات مشحونة حرة الحركة. فالأيونات جسيمات مشحونة فإذا كانت حرة الحركة فإنها تجعل المركب الكيميائي يوصل الكهرباء. ولأن الأيونات مقيدة الحركة في حالة المادة الصلبة بسبب قوى الجذب الكبيرة، لذا لا تستطيع المواد الأيونية الصلبة توصيل الكهرباء.

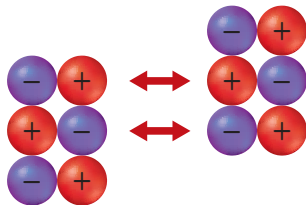
الجدول 3-4 درجات انصهار وجليان بعض المركبات الأيونية		
المركب	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
NaI	660	1304
KBr	734	1435
NaBr	747	1390
CaCl <sub>2</sub>	782	>1600
NaCl	801	1413
MgO	2852	3600

عندما ينصهر المركب الأيوني الصلب ويصبح سائلاً أو عند ذوبانه في المحلول، تصبح الأيونات التي كانت مقيدة في أماكنها قادرة الآن على الحركة بحرية، ولها القدرة على توصيل التيار الكهربائي. لذا تكون المركبات الأيونية جيدة التوصيل الكهربائي عندما تكون في صورة محلول أو سائل. ويسمى المركب الأيوني الذي يوصل محلوله التيار الكهربائي باسم **الإلكتروليت**.

ولأن الروابط الأيونية قوية نسبياً، لذا تحتاج البلورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وجليانها مرتفعة، كما يبين الجدول 3-4. وتمتاز الكثير من البلورات - ومنها الأحجار الكريمة - بألوانها الزاهية؛ بسبب وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

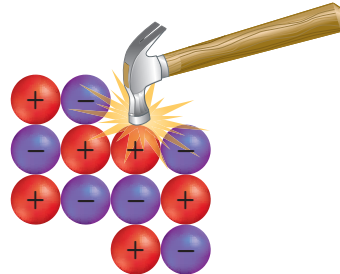
وتمتاز البلورات الأيونية أيضاً بالقوة والصلابة والهشاشة؛ بسبب قوة التجاذب التي تُثبت الأيونات في أماكنها. وعندما تؤثر قوة خارجية على الأيونات التي تشتمل عليها البلورة، وتكون هذه القوة قادرة على التغلب على قوى التجاذب بين الأيونات فإن البلورة تشقق أو تنفتت إلى أجزاء كما في الشكل 3-8؛ لأن القوة الخارجية تحرك الأيونات ذات الشحنات المتشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التنافر تفتت البلورة إلى أجزاء.

**الشكل 3-8** تنجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب التغلب عليها قوة أكبر.



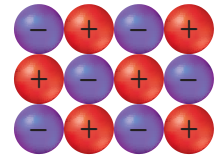
تؤدي قوة التنافر إلى كسر البلورة

تؤدي قوة التنافر بين الأيونات ذات الشحنات المتشابهة إلى كسر البلورة.



تؤدي القوة الخارجية إلى إعادة ترتيب الجسيمات

إذا كانت القوة المؤثرة كبيرة بقدر كافٍ فإنها تحرك الأيونات من أماكنها.



بلورة أيونية منتظمة

للبلورة نمط منتظم للأيونات قبل تأثير القوة الخارجية فيها.

## المفردات

**الاستعمال العلمي والاستعمال**

**الشائع لكلمة (التوصيل)**

**الاستعمال العلمي:** القدرة على

تمرير الضوء والحرارة والصوت والكهرباء.

لا يوصل الماء المقطر الكهرباء جيداً.

**الاستعمال الشائع:**

وصّل الشيء إليه أي أنهاء إليه وأبلغه إياه.

## الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

تُمتص الطاقة أو تنطلق أثناء التفاعل الكيميائي، فإذا امتصت الطاقة في أثناء التفاعل وُصف التفاعل بأنه ماص للطاقة، أما إذا انطلقت الطاقة في أثناء التفاعل فيوصف بأنه طارد للطاقة. تكون المركبات الأيونية من الأيونات الموجبة والسالبة يوصف دائماً بأنه طارد للطاقة. فعندما تتجاذب الأيونات الموجبة والسالبة يتقارب بعضها من بعض لتكون نظاماً أكثر استقراراً، طاقته أقل من طاقة الأيونات المنفردة. إذا امتص مقدار الطاقة نفسه الذي تم إطلاقه خلال تكون الرابطة فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الروابط التي تربط الأيونات الموجبة والسالبة.

**طاقة الشبكة البلورية** تسمى الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1 mol من المركب الأيوني **طاقة الشبكة البلورية**. وفي هذه الحالة ينظر إليها أعلى أنها طاقة ممتصة، وتشير إلى قوة تجاذب الأيونات التي تعمل على تثبيتها في أماكنها، حيث تزداد طاقة الشبكة البلورية بزيادة قوة التجاذب. ويمكن النظر إلى طاقة الشبكة البلورية على أنها الطاقة المنبعثة عند اتحاد أيونات 1 mol من المركب الأيوني، وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة منبعثة. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الطاقة الممتصة تكون موجبة، في حين تكون قيمة الطاقة المنبعثة سالبة. تتأثر طاقة الشبكة البلورية بمقدار شحنة الأيون؛ إذ عادة ما تكون طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات كبيرة الشحنة أكبر من طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات صغيرة الشحنة. لذا تكون طاقة MgO أكبر أربع مرات تقريباً من طاقة NaF؛ لأن شحنة الأيونات في MgO أكبر من شحنة الأيونات في NaF. كما أن طاقة الشبكة البلورية  $\text{SrCl}_2$  تقع بين طاقة الشبكة البلورية MgO والشبكة البلورية NaF، لأن الشبكة البلورية  $\text{SrCl}_2$  تحتوي على أيونات ذات شحنة موجبة عالية وأيونات ذات شحنة سالبة منخفضة معاً.

ترتبط طاقة الشبكة البلورية بصورة مباشرة بحجوم الأيونات المرتبطة معاً. فالأيونات الصغيرة الحجم تكون مركبات أيوناتها متراسة؛ 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 3-5 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  $\text{K}^+$  أصغر من نصف قطر  $\text{Rb}^+$ . وهذا ما يؤكد أن طاقة الشبكة البلورية مرتبطة مع حجم الأيون. والآن، تفحص طاقة الشبكة البلورية لكل من  $\text{SrCl}_2$  و AgCl. كيف توضح هذه القيم العلاقة بين طاقة الشبكة البلورية ومقدار شحنة الأيون؟



طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية			الجدول 3-5
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 <sub>2</sub>	732	NaBr
3795	MgO	769	NaCl

## التقويم 3-2

### الخلاصة

- الرابطية الكيميائية قوة تجاذب تربط بين ذرتين.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطية الأيونية.
- المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

- الفكرة الرئيسة** لخص تكوين الرابطية الأيونية من خلال وضع المصطلحات التالية في صورة أزواج صحيحة: الكاتيون، الأنيون، اكتساب الإلكترونات، فقد الإلكترونات.
- وضح كيف يمكن لمركب أيوني يتكون من جسيمات مشحونة أن يكون متعادلاً كهربائياً؟
- صف التغيرات في الطاقة المصاحبة لتكوين الرابطية الأيونية، وعلاقة ذلك باستقرار المركبات الأيونية؟
- حدّد ثلاث خواص فيزيائية للمركبات الأيونية تعتمد على الرابطية الأيونية، وبينّ علاقتها بقوة الرابطية.
- فسّر كيف تكون الأيونات الروابط؟ وصف بناء المركب الناتج.
- اربط بين طاقة الشبكة البلورية وقوة الرابطية الأيونية.
- طبّق باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات المستويات والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركب الأيوني من فلز الإسترانشيوم ولافلز الكلور.
- صمّم خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطية الأيونية والخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية، وطاقة الشبكة البلورية واستقرارها.

## صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

### Names and Formulas for Ionic compounds

**الفكرة الرئيسية** عند تسمية المركبات الأيونية يذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

**الربط مع الحياة** لكل إنسان اسم خاص به، بالإضافة إلى اسم عائلته. وكذلك تشابه أسماء المركبات الأيونية في أنها تتكون من مقطعين أيضاً.

### Formulas for Ionic Compounds

#### صيغ المركبات الأيونية

طور العلماء بعض القواعد لتسمية المركبات؛ تسهلاً للتفاهم فيما بينهم؛ حيث يسهل عليك عند استخدام هذه القواعد كتابة صيغة المركب الأيوني، ويمكنك كذلك تسمية المركب من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تذكر أن المركب الأيوني يتكون من أيونات مرتبة بنمط متكرر. وتسمى الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني **وحدة الصيغة الكيميائية** وهي تمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب وهي وحدة واحدة فقط من الشبكة البلورية. فمثلاً، وحدة الصيغة الكيميائية لكلوريد الماغنسيوم هي  $MgCl_2$ ؛ لأن نسبة أيونات  $Mg^{2+} : Cl^-$  هي 1:2، والشحنة الكلية في وحدة الصيغة الكيميائية هي صفر؛ لأنها تمثل البلورة بكاملها، والتي تكون متعادلة كهربائياً.

**الأيونات الأحادية الذرة** تتكون المركبات الأيونية الثنائية من أيونات موجبة أحادية الذرة (من الفلز) وأيونات سالبة أحادية الذرة (من اللافلز). ويتكون **الأيون الأحادي الذرة** من ذرة عنصر واحدة مشحونة مثل  $Mg^{2+}$  أو  $Br^-$ ، وبين الجدول 3-6 شحنة بعض الأيونات الشائعة الأحادية الذرة حسب موقعها في الجدول الدوري. ما صيغة كل من أيون البريليوم، وأيون اليوديد، وأيون النيتريد؟ لا يتضمن الجدول 3-6 الفلزات الانتقالية التي تقع في المجموعات 3-12 أو فلزات المجموعتين 13 و 14؛ بسبب تعدد الشحنات الأيونية لذرات هذه المجموعات. وتكون معظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين 13 و 14 أيونات موجبة مختلفة ومتعددة.

• **تربط** وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.

• **تكتب** صيغ المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

• **تطبق** طريقة التسمية على المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

### مراجعة المفردات

**اللافلز:** عنصر صلب وهش، ورديء التوصيل للكهرباء والحرارة.

### المفردات الجديدة

وحدة الصيغة الكيميائية  
الأيون الأحادي الذرة  
عدد التأكسد  
أيون عديد الذرات  
أيون أكسجيني سالب

الجدول 3-6	أيونات أحادية الذرة	
المجموعة	الذرات التي تكوّن الأيونات	شحنة الأيون
1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	+1
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2
15	N, P, As	-3
16	O, S, Se, Te	-2
17	F, Cl, Br, I	-1

## مهن في الكيمياء

**علماء التغذية** هل فكرت يوماً في علاقة العلم بالطعام الذي تتناوله؟ يهتم علماء التغذية بدراسة تأثير طرائق تحضير الطعام في مظهره ورائحته ومذاقه والفيتامينات والمعادن المتوافرة فيه. كما أنهم يقومون بتطوير صناعة الأطعمة والعصائر ويحسنونها.

أيونات فلزية أحادية الذرة	الجدول 3-7
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 التأكسد** تُعرّف شحنة الأيون الأحادي الذرة **بعدد التأكسد**، أو حالة الأكسدة. وكما يبين الجدول 3-7، فإن لمعظم الفلزات الانتقالية، وفلزات المجموعتين 13 و 14 أكثر من عدد تأكسد محتمل. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أعداد التأكسد الظاهرة في الجدول 3-7 ليست الوحيدة المحتملة ولكنها الأكثر شيوعاً.

وعدد التأكسد لأي عنصر في المركب الأيوني يساوي عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها الذرة في أثناء التفاعل الكيميائي. فمثلاً، تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا واحدًا لينتقل إلى ذرة الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم، مما ينتج عنه تكوّن  $Na^{+}$  و  $Cl^{-}$ . لذا فإن عدد تأكسد الصوديوم في المركب  $+1$ ، حيث انتقل إلكترون واحد منها. أما عدد تأكسد ذرة الكلور  $-1$  لأن إلكترونًا واحدًا قد انتقل إليها.

**الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية الثنائية** عند كتابة الصيغة الكيميائية لأي مركب أيوني يكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يكتب رمز الأيون السالب، وتوضع أرقام صغيرة أسفل 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 التأكسد لكتابة صيغ المركبات الأيونية بناءً على ذلك. تذكر أن المركبات الأيونية لا تحمل شحنة كهربائية. لذا عند جمع حاصل ضرب أعداد التأكسد لكل أيون في عدد أيوناته الموجودة في وحدة الصيغة الكيميائية، يجب أن يكون الناتج صفرًا.

افترض أنك تريد معرفة صيغة المركب المكون من أيونات الصوديوم والفلور، ابدأ بكتابة رمز وشحنة كلا العنصرين  $Na^{+}$ ،  $F^{-}$ ، على أن تبين نسبة الأيونات في وحدة الصيغة أن عدد الإلكترونات التي يفقدها الفلز يساوي عدد الإلكترونات التي يكتسبها اللافلز. ويحدث هذا عندما يفقد أيون الصوديوم إلكترونًا واحدًا، وينتقل إلى أيون الفلور، فتصبح وحدة الصيغة الكيميائية  $NaF$ .

**ماذا قرأت؟** حدّد العلاقة بين شحنة الأيون وعدد تأكسده.

## المفردات

### الانتقال

التغير في موضع الشيء.

اضطر أحمد إلى الانتقال إلى

مدرسة أخرى عند انتقال

والديه إلى منطقة أخرى.

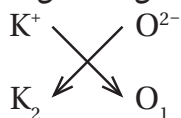
**صيغة المركب الأيوني** أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكوّن من البوتاسيوم والأكسجين.

### 1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من أيوني الأكسجين والبوتاسيوم، وصيغة هذا المركب مجهولة. نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون في المركب وعدد تأكسده. يوجد البوتاسيوم في المجموعة 1، لذا يكون أيوناً  $+1$ ، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكون أيوناً ثنائياً سالب الشحنة  $-2$ .



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



### 2 حساب المطلوب

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

### 3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا.

$$2 K_{ion} \left( \frac{1+}{K_{ion}} \right) + 1 O_{ions} \left( \frac{2-}{O_{ion}} \right) = 2 (+1) + 1 (-2) = 0$$

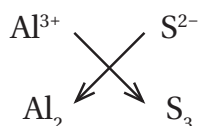
**صيغة المركب الأيوني** أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

### 1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من الألومنيوم والكبريت وصيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بتحديد شحنة كل أيون في المركب. فالألومنيوم من المجموعة 13، يكون أيوناً موجباً ثلاثي الشحنة  $+3$ ، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيوناً سالباً ثنائي الشحنة  $-2$ .



تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين. على أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساوياً لعدد الإلكترونات المكتسبة ويتم ذلك بطريقة التبادل.



### 2 حساب المطلوب

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

### 3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا.

$$2 Al_{ion} \left( \frac{3+}{Al_{ion}} \right) + 3 S_{ions} \left( \frac{2-}{S_{ion}} \right) = 2 (+3) + 3 (-2) = 0$$



اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

19. اليوديد والبوتاسيوم

20. البروميد والألومنيوم

21. الكلوريد والمغنسيوم

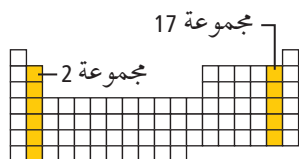
22. النيتريد والسيزيوم

23. تحفيز اكتب الصيغة العامة للمركب الأيوني الذي

يتكون من عنصري المجموعتين المبيتين في الجدول

المقابل استخدم الرمز X ليمثل عنصراً في المجموعة 2،

والرمز Y ليمثل عنصراً في المجموعة 17.



**صيغ المركبات الأيونية العديدة الذرات** تحتوي العديد من المركبات الأيونية على أيونات عديدة الذرات، أي الأيونات المكونة من أكثر من ذرة واحدة. يبين الجدول 3-8 والشكل 3-9 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  $\text{NH}_4^+$  وأيون الأكسجين  $\text{O}^{2-}$ . يحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى أيونين من الأمونيوم لكل أيون من الأكسجين، أي أن الصيغة الصحيحة هي  $(\text{NH}_4)_2\text{O}$ .

### الشكل 3-9 أيونات الأمونيوم

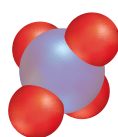
والفوسفات أيونات متعددة الذرات، بمعنى أنها تتكون من أكثر من ذرة. وتتفاعل الأيونات المتعددة الذرات معاً بوصفها وحدة واحدة ذات شحنة محددة.

### حدد ما شحنة أيون الأمونيوم وأيون

الفوسفات على الترتيب؟



أيون الأمونيوم  
 $\text{NH}_4^+$



أيون الفوسفات  
 $\text{PO}_4^{3-}$

### الأيونات العديدة الذرات

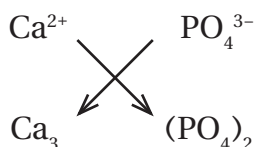
### الجدول 3-8

الأيون	الاسم	الأيون	الاسم
$\text{IO}_4^-$	البيرايودات	$\text{NH}_4^+$	الأمونيوم
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	الأسيتات (الخلات)	$\text{NO}_2^-$	النيتريت
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	$\text{NO}_3^-$	النترات
$\text{CO}_3^{2-}$	الكربونات	$\text{OH}^-$	الهيدروكسيد
$\text{SO}_3^{2-}$	الكبريتيت	$\text{CN}^-$	السيانيد
$\text{SO}_4^{2-}$	الكبريتات	$\text{MnO}_4^-$	البرمنجنات
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	الثيوكبريتات	$\text{HCO}_3^-$	البكربونات
$\text{O}_2^{2-}$	البيروكسيد	$\text{ClO}^-$	الهيوكلورايت
$\text{CrO}_4^{2-}$	الكرومات	$\text{ClO}_2^-$	الكلورايت
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	ثنائي الكرومات	$\text{ClO}_3^-$	الكلورات
$\text{HPO}_4^{2-}$	الفوسفات الهيدروجينية	$\text{ClO}_4^-$	البيركلورات
$\text{PO}_4^{3-}$	الفوسفات	$\text{BrO}_3^-$	البرومات
$\text{AsO}_4^{3-}$	الزرنبيخات	$\text{IO}_3^-$	الأيودات

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

### 1 تحليل المسألة

تعلم أن أيونات الكالسيوم والفوسفات تكون مركباً أيونياً وصيغة هذا المركب مجهولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرفقاً بشحنته الكهربائية. ولأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكون أيوناً موجباً ثنائي الشحنة +2، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية -3.



### 2 حساب المطلوب

القاسم المشترك هو العدد الذي يقبل القسمة على مقدار شحنات الأيونات 2 و 3 وهو 6، لذا يتم نقل 6 إلكترونات. فيكون عدد الشحنات السالبة على أيونين من أيونات الفوسفات مساوياً لعدد الشحنات الموجبة على ثلاثة من أيونات الكالسيوم. ولكتابة الصيغة نضع أيون الفوسفات بين قوسين، ونضيف الرقم السفلي الصغير 2 إلى يمين القوسين، فتصبح الصيغة الصحيحة للمركب هي:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

### 3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية في وحدة الصيغة لفوسفات الكالسيوم تساوي صفراً.

$$3 \text{ Ca ion } \left( \frac{2+}{\text{Ca ion}} \right) + 2 \text{ PO}_4 \text{ ions } \left( \frac{3-}{\text{PO}_4 \text{ ion}} \right) = 3 (+2) + 2 (-3) = 0$$

### مسائل تدريبية

اكتب صيغ المركبات الأيونية المكونة من الأيونات الآتية:

24. الصوديوم والنترات 25. الكالسيوم والكلورات 26. الألومنيوم والكربونات

27. تحفيز اكتب صيغة المركب الأيوني المكون من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكون من الكربون والأكسجين فقط.

## أسماء الأيونات والمركبات الأيونية Names for Ions and Ionic Compounds

يستخدم العلماء طرائق منظمة عند تسمية المركبات الأيونية، وبسبب احتواء المركبات الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة، يأخذ النظام تسمية هذه الأيونات بعين الاعتبار.

**تسمية الأيون الأكسجيني السالب** الأيون الأكسجيني السالب أيون عديد الذرات، يتكون غالباً من عنصر لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين، وبعض اللافلزات لها أكثر من أيون أكسجيني، ومنها النيتروجين والكبريت. وتسمى هذه الأيونات باستخدام القواعد المبينة في الجدول 3-9.

الجدول 3-9 تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره.</li> <li>• عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين. ويشق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (يت) إلى آخره.</li> </ul>			
$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_3^{2-}$
نترات	نيتريت	كبريتات	كبريتيت

طرائق تسمية الأيونات الأكسجينية التي يكونها الكلور	الجدول 3-10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرة واحدة بإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرتين بإضافة مقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل من ثلاث ذرات بإضافة مقطع (هيو)، ثم المقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.</li> </ul>	
$\text{ClO}_3^-$ كلورات $\text{ClO}^-$ هيبوكلوريت	$\text{ClO}_4^-$ بيركلورات $\text{ClO}_2^-$ كلوريت

يبين الجدول 10-3 كيف يكون الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الهالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في تسمية أيونات الكلور. فعلى سبيل المثال، يكون البروم أيون البرومات  $\text{BrO}_3^-$ ، ويكون اليود أيون البيرأيودات  $\text{IO}_4^-$  وأيون أيودات  $\text{IO}_3^-$ .

**تسمية المركبات الأيونية** تُسمى المركبات بطريقة منهجية، ولأنه أصبح الآن لديك معرفة بالصيغ الكيميائية، لذا يمكنك استعمال القواعد الخمس الآتية لتسمية المركبات الأيونية:

1. نذكر اسم الأيون السالب أولاً متبوعاً باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية يُكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يليه الأيون السالب.
  2. استخدم اسم العنصر نفسه في تسمية أيونه الموجب الأحادي الذرة.
  3. في حالة الأيونات السالبة الأحادية الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافاً إليه مقطع (يد).
  4. في حالة وجود أكثر من عدد تأكسد لعنصر واحد يجب أن تشير الصيغة الكيميائية إلى عدد تأكسد الأيون الموجب. ويكتب عدد التأكسد بالأرقام الرومانية بين قوسين بعد اسم الأيون الموجب.
- ملاحظة:** تنطبق هذه القاعدة على الفلزات الانتقالية والفلزات في الجهة اليمنى من الجدول الدوري، انظر الجدول 7-3. ولا تنطبق هذه القاعدة على أيونات المجموعتين 1 و 2 الموجبة لأن لها عدد تأكسد واحداً.

- أمثلة:**
- يكون أيون  $\text{Fe}^{2+}$  وأيون  $\text{O}^{2-}$  المركب  $\text{FeO}$ ، والمعروف باسم أكسيد الحديد II.
- ويكون أيون  $\text{Fe}^{3+}$  وأيون  $\text{O}^{2-}$  المركب  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، والمعروف باسم أكسيد الحديد III.
5. عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسمية الأيون السالب أولاً، ثم تسمية الأيون الموجب.
- أمثلة:**

تسمية  $\text{NaOH}$  هيدروكسيد الصوديوم  
تسمية  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  كبريتيد الأمونيوم.

#### مسائل تدريبية

سمّ المركبات الآتية:



33. تحفيز يُعد المركب الأيوني  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  من أهم المواد المتفاعلة الصلبة المستخدمة في وقود إطلاق مركبات الفضاء، ومنها تلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركب؟

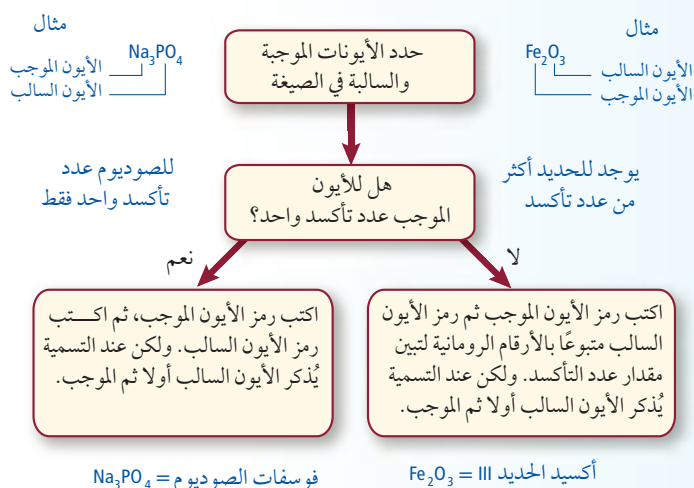
## استراتيجيات حل المسألة

### تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المقابل.

### طبق الاستراتيجية

سمّ المركبين  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  و  $\text{KOH}$  باستخدام المخطط.



توضّح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو المحلول. اشرح كيف يمكن أن تغير المخطط السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني؟

## التقويم 3-3

### الخلاصة

- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة تأكسد.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة ذرات.
- تستخدم الأقواس حول الأيون وتوضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

34. **الفكرة الرئيسية** صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم، وعند ذكر اسمه.
35. صف الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثلاً على كل منهما.
36. طبق شحنة الأيون X هي 2+ وشحنة الأيون Y هي 1- . اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.
37. اذكر اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.
38. اكتب اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.
39. حلّ ما الأرقام السفلية المصغرة التي ستستعملها 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.



## الروابط الفلزية وخواص الفلزات

### Metallic Bonds and the Properties of Metals

**الفكرة الرئيسية** تكوّن الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

**الربط مع الحياة** تخيل سفينة عائمة تتأيل في المحيط وهي محاطة بالماء من كل جانب. وعلى الرغم من بقاء السفينة عائمة في مكانها إلا أن الماء يتحرك بحرية من أسفلها. يمكن تطبيق هذا الوصف على ذرات الفلزات وإلكتروناتها بطريقة مشابهة نوعاً ما.

### الروابط الفلزية Metallic Bonds

على الرغم من أن الفلزات ليست مركبات أيونية إلا أنها تشترك مع المركبات الأيونية في عدة خواص؛ فالروابط في الفلزات والمركبات الأيونية تعتمد على التجاذب بين الجسيمات ذات الشحنات المختلفة. وفي العادة تكوّن الفلزات شبكات بلورية في الحالة الصلبة شبيهة بالشبكة البلورية الأيونية التي سبق ذكرها. وفي هذه الحالة تكون كل ذرة عنصر محاطة بـ 8-12 ذرة أخرى.

**بحر من الإلكترونات** رغم أن لذرات الفلزات إلكترون تكافؤ على الأقل، إلا أنها لا تشترك في إلكترونات التكافؤ مع الذرات المجاورة، ولا تفقدها. وبدلاً من ذلك تتداخل مستويات الطاقة الخارجية بعضها في بعض. ويعرف هذا التداخل **بنموذج بحر الإلكترونات**، حيث يفترض هذا النموذج أن ذرات الفلزات جميعها في الحالة الصلبة تساهم في تكوين بحر الإلكترونات الذي يحيط بأيونات الفلز الموجبة في الشبكة الفلزية. لا ترتبط الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية في الذرات الفلزية بأي ذرة محددة، ويمكنها الانتقال بسهولة من ذرة إلى أخرى. وتعرف هذه الإلكترونات الحرة بالحركة **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 10-3. **والرابطة الفلزية** هي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرة في الشبكة الفلزية.

تصف الرابطة الفلزية.

تربط نموذج بحر الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.

تعرف السبائك، وتذكر خواصها.

### مراجعة المفردات

الخاصية الفيزيائية: خاصية المادة التي يمكن مشاهدتها وقياسها دون تغيير تركيب المادة.

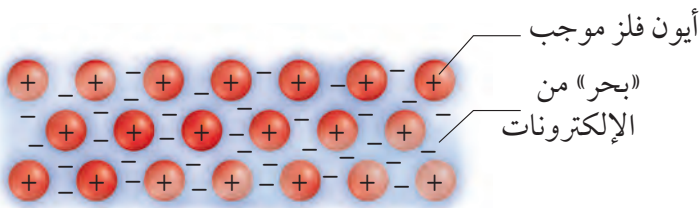
### المفردات الجديدة

نموذج بحر الإلكترونات

الإلكترونات الحرة

الرابطة الفلزية

السبيكة



**الشكل 10-3** تتوزع إلكترونات التكافؤ للفلزات (التي تبدو كسحابة زرقاء ذات إشارات سالبة) بانتظام حول الأيونات الفلزية الموجبة (التي تبدو باللون الأحمر). وتؤدي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة وبحر الشحنات السالبة إلى ربط ذرات الفلز بعضها مع بعض في الشبكة الفلزية.

**فسر** لماذا تعرف إلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

## الجدول 3-11

### درجات الانصهار والغليان

العنصر	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
الليثيوم	180	1347
القصدير	232	2623
الألومنيوم	660	2467
الباريوم	727	1850
الفضة	961	2155
النحاس	1083	2570

**خواص الفلزات** يفسر الترابط الفلزي الخواص الفيزيائية للفلزات، والتي تظهر قوة الروابط الفلزية.

درجات الغليان والانصهار تختلف درجات انصهار الفلزات على نحو كبير. فالزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة، مما يجعله يستخدم في بعض الأجهزة العلمية، ومنها مقاييس درجات الحرارة وأجهزة قياس الضغط الجوي. وفي المقابل، فإن درجة انصهار التنجستن  $W$  هي  $3422^{\circ}\text{C}$ ، ولذلك يُصنع منه فتيل المصباح الكهربائي، وبعض أجزاء السفن الفضائية.

وتكون درجات انصهار وغليان الفلزات في العادة عالية كما يبينها الجدول 3-11، إلا أن درجات الانصهار ليست مرتفعة جداً كدرجات الغليان؛ لأن الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الحركة في الفلز ليست بحاجة إلى طاقة كبيرة جداً لجعلها تتحرك بعضها فوق بعض. إلا أنه في أثناء الغليان يجب فصل الذرات عن مجموعة الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الأخرى، مما يتطلب طاقة كبيرة جداً.

قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أي أنها تتحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضاً قابلة للسحب، أي يمكن تحويلها إلى أسلاك. ويوضح الشكل 3-11 كيف تتحرك الجسيمات الموجودة في الترابط الفلزي بواسطة الدفع أو الشد، بعضها عبر بعض. وتكون الفلزات عادة متينة للغاية. وعلى الرغم من حركة الأيونات الموجبة في الفلز إلا أنها ترتبط مع الإلكترونات المحيطة بها بصورة قوية، ولا يمكن فصلها بسهولة عن الفلز.

توصيل الحرارة والكهرباء تجعل حركة الإلكترونات حول أيونات الفلزات الموجبة-الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء؛ حيث تقوم الإلكترونات الحرة بنقل الحرارة من مكان إلى آخر بسرعة أكبر من توصيل المواد التي لا تحتوي على إلكترونات حرة. تتحرك الإلكترونات الحرة بسهولة بوصفها جزءاً من التيار الكهربائي عند حدوث فرق جهد عبر الفلز. وتتفاعل هذه الإلكترونات الحرة مع الضوء من خلال امتصاصه وإطلاق الفوتونات مما ينتج عنه خاصية البريق واللمعان.

الصلابة والقوة لا تقتصر الإلكترونات الحرة الحركة في الفلزات الانتقالية على الإلكترونين الخارجيين في المستوى  $s$ ، وإنما تشمل أيضاً الإلكترونات الداخلية في المستوى  $d$ . وكلما زادت أعداد الإلكترونات الحرة الحركة زادت خواص الصلابة والقوة.

فعلى سبيل المثال، توجد الروابط الفلزية القوية في الفلزات الانتقالية، ومنها الكروم والحديد والنيكل، في حين أن الفلزات القلوية لينة؛ لأن لها إلكترونات واحداً حرة الحركة في المستوى  $ns^1$ .

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين ما يحدث عند طَرَق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالمطرقة؟



**الشكل 3-11** تؤدي القوة المؤثرة الخارجية (كالمطرقة مثلاً) إلى جعل الأيونات تتحرك عبر الإلكترونات الحرة، مما يجعل الفلز قابلاً للطرق والسحب.

## السبائك الفلزية Metal Alloys

نظراً 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. فالفلولاذ والبرونز والحديد الزهر من السبائك الكثيرة المفيدة. كما تستعمل سبيكة التيتانيوم والفناديوم لبناء هياكل الدراجات الهوائية كالتي تظهر في الشكل 12-3.

**خواص السبائك** تختلف خواص السبائك قليلاً عن خواص عناصرها المكونة لها. فالفلولاذ مثلاً حديد مخلوط بعنصر آخر على الأقل. تبقى بعض خواص الحديد فيه، ولكن للفلولاذ خواص إضافية أخرى منها أنه أكثر قوة. وتتفاوت خواص بعض السبائك وتتغير باختلاف طرائق تصنيعها. وفي حالة بعض الفلزات تنتج بعض الخواص المختلفة اعتماداً على طريقة التسخين والتبريد. ويبين الجدول 12-3 أسماء بعض السبائك المهمة واستعمالاتها المتنوعة.

الاسم الشائع	التركيب	الاستعمالات
النيكو	50% Fe, 20% Al, 20% Ni, 10% Co	المغناطيسات
البراس (النحاس الأصفر)	67-90% Cu, 10-33% Zn	السبائك، 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 قراريط	42% Au, 12-20% Ag, 37.46% Cu	المجوهرات (الحلي الذهبية)
حبيبات الرصاص	99.8% Pb, 0.2% As	حبيبات الطلقات النارية
الفلولاذ المقاوم للصدأ	73-79% Fe, 14-18% Cr, 7-9% Ni	المغاسل، والأدوات
فضة النقود	92.5% Ag, 7.5% Cu	أدوات المائدة، والحلي

**الشكل 12-3** تُصنع أجزاء الدراجات الهوائية في بعض الأحيان من سبيكة التيتانيوم، التي تحتوي على 3% من الألومنيوم و2.5% من الفناديوم.

### المفردات

أصل الكلمة

السبيكة Alloy

جاءت من الكلمة اللاتينية alligare والتي تعني يشي.

## التقويم 3-4

### الخلاصة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحرة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

**40. الفكرة الرئيسة** قارن بين تركيب المركبات الأيونية والفلزات.

**41.** اشرح كيف يمكن تفسير كل من التوصيل الكهربائي وارتفاع درجة غليان الفلزات بواسطة الرابطة الفلزية؟

**42.** قارن بين أسباب قوى التجاذب في الروابط الأيونية والروابط الفلزية.

**43.** صمّم تجربة للتمييز بين المواد الأيونية الصلبة والمواد الفلزية الصلبة. بحيث تشمل على الأقل طريقتين مختلفتين للمقارنة بين المواد الصلبة. فسر إجابتك.

**44.** نموذج ارسـم نموذجاً يوضح قابلية الفلزات للطَّرْق، أو السحب إلى أسلاك، مستعيناً بنموذج بحر الإلكترونات كما في الشكل 10-3.



## الكيمياء من واقع الحياة

### الموضة القتالة

**السم المفيد** كان للرصاص العديد من الاستخدامات قبل تعرف سميته العالية بخلاف ما هو مستخدم في صناعة الفخار والتمديدات الصحية. فقد استخدم الرصاص في صناعة الأصباغ والجازولين، حيث يقلل من احتمال احتراق الجازولين قبل الموعد المحدد في محرك السيارة.

**عملية إزالة الرصاص Chelation** الأطفال أكثر قابلية للتسمم بالرصاص؛ بسبب صغر أحجام أجسامهم ومعدلات نموهم المرتفعة. وفي الحالات الحرجة تصبح عملية إزالة الرصاص هي الطريقة الوحيدة لإنقاذ حياة الطفل. وفي هذه العملية يتم التخلص من أحد أهم التأثيرات السامة للرصاص، عن طريق إحلل الكالسيوم محل الرصاص السام في الجسم.

### الكتابة في الكيمياء

الإحساس بالخطر تستطيع حاسة التذوق لدى الإنسان اكتشاف بعض السموم التي توجد بشكل طبيعي في النباتات. ابحث في السموم الحديثة الأخرى - ومنها الرصاص ومضاد التجمد (إيثلين جلايكول) - لمعرفة لماذا لا تُظهر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها؟

غالبًا ما تكون الحلي البراقة اللامعة والمزركشة الألوان رخيصة ومسلية. ولكن هل هي آمنة؟ الإجابة في العادة: نعم. ولكن قد تؤدي بعض الحلي السائدة - ولا سيما تلك التي تصنع في الدول النامية، ومنها الصين والهند - إلى مخاطر كثيرة لاحتوائها على عنصر الرصاص Pb السام بنسبة عالية.

**السبابة السامة** عندما يتبل الرصاص تذوب كمية محددة منه في الماء متحولاً إلى أيونات  $Pb^{2+}$  وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تحل محل أيونات الكالسيوم  $Ca^{2+}$ . ورغم تشابههما في الشحنات الكهربائية، فإن أيونات الرصاص أثقل كثيراً من أيونات الكالسيوم، مما قد يسبب الإعاقة في التعلم، والغيوبة، وقد يؤدي إلى الموت.

ومن المثير للدهشة أن الرومان قاموا باستخدام الرصاص في أنابيب المياه. وقد أخذ رمز الرصاص - Pb - في الحقيقة من الكلمة اللاتينية plumbum التي ما زالت تظهر في اللغة الإنجليزية كجذر لكلمة Plumber، وتعني السباك.

**الفخار السام** على الرغم من أن الرصاص لا يستخدم في التمديدات الصحية الحديثة، إلا أنه ما زال يستخدم في أمور أخرى. فالإناء الظاهر في الشكل 1 تم طلاؤه بالرصاص، ثم حرقه لإعطائه اللون الأسود المميز. وتولد مركبات الرصاص المستخدمة في الطلاء ألواناً زاهية عند حرقها في ظروف محددة.



**الشكل 1** مركبات الرصاص المستخدمة في تلوين الفخار تعطي الوعاء مظهره المتميز.



# مختبر الكيمياء

## تحضير مركب أيوني

10. التنظيف والتخلص من النفايات: تخلص من النفايات حسب تعليمات المعلم. نظف البوتقة بالماء، وأعد أدوات المختبر إلى أماكنها.



### حلل واستنتج

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. استنتج: هل يتفاعل المغنسيوم مع الهواء؟
4. توقع الصيغ الكيميائية للمادتين الناتجتين، واكتب اسميهما.
5. حلل واستنتج: لون ناتج تفاعل المغنسيوم مع الأكسجين أبيض، في حين أن لون ناتج تفاعل المغنسيوم مع النيتروجين أصفر. أي هذين المركبين يشكل الجزء الأكبر من الناتج؟
6. حلل واستنتج: هل توصل محاليل مركبات المغنسيوم التيار الكهربائي؟ وهل تؤكد النتائج أن المركبات أيونية؟
7. حلل مصادر الخطأ: إذا أظهرت النتائج أن المغنسيوم فقد جزءاً من كتلته بدل أن يكتسب كتلة إضافية فاذكر الأسباب المحتملة لذلك.

### الاستقصاء

صمم تجربة إذا كانت محاليل مركبات المغنسيوم موصلة للتيار الكهربائي فهل تستطيع التأثير في جودة توصيلها للكهرباء؟ وإذا لم تكن موصلة للتيار فكيف تجعلها قادرة على ذلك؟ صمم 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 المغنسيوم (25cm)	بوتقة
حامل الحلقة ومثبت	مثلث خزفي
لهب بنزن	قضيب للتحرّيك
ملقط بواتق	ميزان يقيس 1/100g
كأس سعتها 100 mL	ماء مقطر
جهاز الموصلية الكهربائية	

### إجراءات السلامة

**تحذير:** لا تنظر مباشرة إلى المغنسيوم المشتعل؛ لأن وهج الضوء يؤذي العين، وتجنب حمل المواد الساخنة حتى تبرد.

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. دوّن القياسات كلها في جدول البيانات.
3. ضع الحلقة الدائرية على الحامل على ارتفاع 7cm فوق لهب بنزن، ثم ضع المثلث الخزفي عليها.
4. قس كتلة البوتقة بعد تنظيفها وتجهيزها.
5. لف 25cm من شريط المغنسيوم على شكل كروي، ثم قس كتلة شريط المغنسيوم والبوتقة معاً.
6. ضع البوتقة على المثلث، وسخنها بواسطة اللهب (يجب أن يكون رأس اللهب قرب البوتقة).
7. أغلق لهب بنزن عندما يبدأ المغنسيوم في الاشتعال والاحتراق بشعلة بيضاء ساطعة، ثم دع البوتقة حتى تبرد، وقس كتلة نواتج احتراق المغنسيوم والبوتقة.
8. ضع المكونات الصلبة الجافة في الكأس.
9. أضف 10 mL من الماء المقطر إلى الكأس وحرك الخليط جيداً، ثم افحص المخلول بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية.

الفكرة العامة ترتبط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

### 1-3 تكون الأيون

#### الفكرة الرئيسية

تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

#### المفردات

- الكاتيون
- الأيون

#### المفاهيم الرئيسية

- تكون بعض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوئاً بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
- يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتاً في أثناء عملية تكوين الأيون.

### 2-3 الروابط والمركبات الأيونية

#### الفكرة الرئيسية

تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

#### المفردات

- الرابط الأيونية
- الشبكة البلورية
- طاقة الشبكة البلورية
- المركبات الأيونية
- الإلكتروليت

#### المفاهيم الرئيسية

- الرابط الكيميائية قوة تربط بين ذرتين.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

### 3-3 صيغ المركبات الأيونية وأسمائها

#### الفكرة الرئيسية

عند تسمية المركبات الأيونية يذكر الأيون السالب أولاً متبوعاً بالأيون الموجب. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعاً برمز الأيون السالب.

#### المفردات

- الأيون الأحادي الذرة
- عدد التأكسد
- وحدة الصيغة الكيميائية
- أيون عديد الذرات
- أيون أكسجيني سالب

#### 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.

### 4-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

#### الفكرة الرئيسية

تكون الفلزات شبكات بلورية، ويمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

#### المفردات

- نموذج بحر الإلكترونات
- الرابط الفلزية
- الإلكترونات الحرة
- السبيكة

#### المفاهيم الرئيسية

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

### 3-1

## إتقان المفاهيم

#### 45. كيف تتكون الأيونات الموجبة والسالبة؟

**46. متى تتكون الروابط الأيونية؟**

47. لماذا تكوّن الهالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسر إجابتك.

**48.** يوضح الشكل 13-3 العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد الإلكترونات تكافؤ كل عنصر، وتعرّف الأبون الذي يكوّنه.

### الشكل 3-13

**49. ناقش أهمية طاقة التأين عند تكوّن الأيونات.**

50. يوضح الشكل 14-3 رسم مربعات مستويات الكبريت. اشرح كيف يكون الكبريت أيونه؟

الشكل 3-14

## إتقان حل المسائل

51. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من العناصر الآتية؟

**a. السيزيوم**      **b. الخارصين**

**.b الخارصين**

**c. الروبيديوم** **d. الإستراتشيوم**

**d. الإستراتشيوم**

**e. الجاليوم**

52. وضح لماذا لا تكون الغازات النبيلة روابط كيميائية؟

### 53. وضح كيف يتكون أيون الباريوم الموجب؟

### 54. وضح كيف يتكون أيون النيتروجين السالب؟

**55.** كلما زاد نشاط الذرة ارتفعت طاقة الوضع لها. فأيهما له طاقة وضع أكبر: النيون أم الفلور؟ *فسّر إجابتك.*

56. اشرح كيف تكوّن ذرة الحديد أيون حديد  $\text{Fe}^{2+}$ ، وأيون الحديد  $\text{Fe}^{3+}$  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 15-3.

Orbital diagram for a neutral Vanadium atom (V). The diagram shows the following orbitals and their occupancy:

- 1s: 2 electrons (up and down arrows)
- 2s: 2 electrons (up and down arrows)
- 2p: 3 orbitals, each with 2 electrons (up and down arrows)
- 3s: 2 electrons (up and down arrows)
- 3p: 3 orbitals, each with 2 electrons (up and down arrows)
- 4s: 2 electrons (up and down arrows)
- 3d: 5 orbitals, each with 1 electron (up arrow)

**الشكل 3-15**

## 3-2

## إتقان المفاهيم

59. ماذا يعني مصطلح متعادل كهربائيًا عند مناقشة المركبات الأيونية؟

## 60. وضح كيف تتكون الروابط الأيونية؟

**61. وضح لماذا لا يتحد البوتاسيوم والنيون لتكوين مركب؟**

**62.** ناقش باختصار ثلاث خواص فيزيائية للمواد الصلبة الأيونية التي ترتبط في روابط أيونية.

**63.** صف البلورة الأيونية، وشرح لماذا تختلف أشكال بلورات  
المركبات الأيونية؟

**64.** يظهر في الشكل 13-3 الرمز B وهو للباريوم، والرمز E وهو لليود. اشرح لماذا لا يكون ناتج تفاعل هذين العنصرين يوديد الباريوم BaI؟

## إتقان حل المسائل

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

- كلوريد البوتاسيوم، الذي يحل محل ملح الطعام.
- فلوريد الكالسيوم، الذي يستخدم في صناعة الفولاذ.
- أكسيد الكالسيوم، الذي يستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.
- كلوريد الإسترانسيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

66. انظر الشكل 3-13، ثم صف المركب الأيوني الذي يكونه العنصران C و D.

67. وضح كيف تتكون الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين؟

68. وضح بالرسم تكون الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدماً رسم مربعات المستويات.

69. وضح بالرسم تكون الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. الموصلات: توصّل المركبات الأيونية التيار الكهربائي في ظروف محددة. وضح هذه الظروف، وفسر لماذا لا توصّل المركبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

71. أيّ المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه:  $\text{Na}_2\text{S}$ ،  $\text{CaKr}$ ،  $\text{MgF}$ ،  $\text{BaCl}_3$ ؟ فسر إجابتك.

72. استخدم الجدول 3-5 لتحديد المركب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار:  $\text{MgO}$ ،  $\text{KI}$ ،  $\text{AgCl}$ ، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية:  $\text{CsCl}$  أو  $\text{CaO}$ ،  $\text{KCl}$  أو  $\text{K}_2\text{O}$ ؟ فسر إجابتك.

## 3-3

## إتقان المفاهيم

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

75. متى يستخدم الرقم السفلي في صيغ المركبات الأيونية؟

76. اشرح كيف تُسمي المركب الأيوني؟

77. اشرح باستخدام أعداد التأكسد، لماذا تكون الصيغة الكيميائية  $\text{NaF}_2$  غير صحيحة؟

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

## إتقان حل المسائل

79. اكتب صيغة كل من المركبات الأيونية الآتية:

- يوريد الكالسيوم
- بروميد الفضة I
- كلوريد النحاس II
- بيرأيودات البوتاسيوم
- أسيئات الفضة I

80. سمّ كلاً من المركبات الأيونية الآتية:

- $\text{K}_2\text{O}$
- $\text{CaCl}_2$
- $\text{Mg}_3\text{N}_2$
- $\text{NaClO}$
- $\text{KNO}_3$

81. أكمل الجدول 3-13 بالبيانات الناقصة.

الجدول 3-13 تعرّف المركبات الأيونية			
الصيغة الكيميائية	الاسم	الأيون (الأيون السالب)	الكاتيون (الأيون الموجب)
	كبريتات الأمونيوم		
$\text{PbF}_2$			
	بروميد الليثيوم		
$\text{Na}_2\text{CO}_3$			
		$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{Mg}^{2+}$



92. تبلغ درجة انصهار البريليوم  $1287^{\circ}\text{C}$ ، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم  $180^{\circ}\text{C}$ . اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.

93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم  $3297^{\circ}\text{C}$ ، في حين تبلغ درجة حرارة غليان النحاس  $2570^{\circ}\text{C}$ . اشرح سبب الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

### مراجعة عامة

94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟

95. اشرح لماذا يكون الكالسيوم أيون  $\text{Ca}^{2+}$  وليس أيون  $\text{Ca}^{3+}$ ؟

96. أي المركبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية:  $\text{NaCl}$  أو  $\text{MgCl}_2$  أو  $\text{KCl}$ ؟ فسر إجابتك.

97. ما صيغ المركبات الأيونية الآتية؟

a. كبريتيد الصوديوم

b. كلوريد الحديد III

c. كبريتات الصوديوم

d. فوسفات الكالسيوم

e. نترات الخارصين

98. يكون الكوبلت - وهو عنصر انتقالي - أيونات  $\text{Co}^{2+}$  وأيونات  $\text{Co}^{3+}$  أيضاً. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون من كلا الأيونين.

99. أكمل الجدول 3-15

الجدول 3-15 بيانات العنصر والإلكترون والأيون		
العنصر	إلكترونات التكافؤ	الأيون الناتج
السيلينيوم		
القصدير		
اليود		
الأرجون		

82. الكروم عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي، ويكون الأيونات  $\text{Cr}^{2+}$  و  $\text{Cr}^{3+}$ . 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:

a.  $\text{AlCl}$  c.  $\text{BaOH}_2$

b.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  d.  $\text{Fe}_2\text{O}$

84. اكتب صيغ المركبات الأيونية جميعها التي قد تنتج عن تفاعل كل من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة الموجودة في الجدول 3-14، واذكر اسم كل مركب ناتج.

الجدول 3-14 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة	
الأيون الموجب	الأيون السالب
$\text{K}^+$	$\text{SO}_3^{2-}$
$\text{NH}_4^+$	$\text{I}^-$
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{NO}_3^-$

### 3-4

#### إتقان المفاهيم

85. صف الرابطة الفلزية.

86. اشرح باختصار لماذا تُصنع السبائك المعدنية؟

87. صف باختصار كيف تفسر الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟

88. فسر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

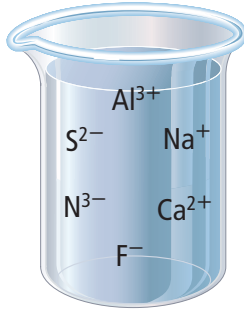
#### إتقان حل المسائل

89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟

90. الفضة اشرح باختصار لماذا يعد عنصر الفضة موصلاً جيداً للكهرباء؟

91. الفولاذ اشرح باختصار لماذا يستخدم الفولاذ - أحد سبائك الحديد - في دعائم هياكل العديد من المباني؟

- a. أسيتات النحاس b. أكسيد الصوديوم الثنائي  
c.  $Pb_2O_5$  d.  $Mg_2O_2$   
e.  $Al_2SO_{43}$



الشكل 16-3

110. طبق تفحص الأيونات في الشكل 16-3، وحدد مركبين يمكن أن يتكونا من الأيونات الموجودة، وشرح كيف يحدث ذلك؟

111. طبق البراسيوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتكون كلوريد البراسيوديميوم III. كما يتفاعل مع حمض النيتريك ليكون نترات البراسيوديميوم III. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسيوديميوم هو  $[Xe] 4f^3 6s^2$

- a. فتفحص التوزيع الإلكتروني، وشرح كيف يكون البراسيوديميوم الأيون +3؟  
b. واكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركبين اللذين يكونهما عنصر البراسيوديميوم.

112. كون فرضية تفحص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وصغ فرضية تشرح فيها لماذا تكون درجة انصهار الكالسيوم أعلى كثيرًا من درجة انصهار البوتاسيوم؟

113. قوم اشرح لماذا يعد اصطلاح الإلكترونات الحرة مناسبًا لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

114. طبق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكون بعض العناصر ومنها اليود والكبريت روابط فلزية؟

100. الذهب اشرح باختصار لماذا يستخدم الذهب في صناعة الحلي والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟

101. وضح كيف يتكون أيون النيكل الذي عدد تأكسده +2؟

102. ارسم نموذجًا يمثل الرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.

103. عندما يشتعل الماغنسيوم في الهواء يكون كلاً من أكسيد ونتريد الماغنسيوم. ناقش كيف يتكون أكسيد ونتريد الماغنسيوم عند تفاعل الماغنسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على الترتيب.

104. يتغير شكل الصوديوم إذا أثرت فيه قوة خارجية، في حين تفتت كلوريد الصوديوم عند طرقه بالقوة نفسها. ما سبب هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصلبتين؟

105. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية؟

- a.  $CaO$  b.  $Ba(OH)_2$   
c.  $BaS$  d.  $Sr(NO_3)_2$   
e.  $AlPO_4$

### التفكير الناقد

106. صمم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكل من المركبات الأيونية والمواد الفلزية الصلبة.

107. توقع: تفحص كلاً من الأزواج الآتية، ثم بين المادة الصلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسر إجابتك.

- a.  $NaCl$  أو  $CsCl$   
b.  $Ag$  أو  $Cu$   
c.  $Na_2O$  أو  $MgO$

108. قارن بين الأيونين الموجب والسالب.

109. لاحظ ثم استنتج حدد الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمم مخططًا توضيحيًا لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

121. الجذور الحرة يعتقد الكثير من الباحثين أن الجذور الحرة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجذور الحرة وتأثيراتها، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لمنعها.

122. نمو البلورات يمكن تحضير بلورات المركبات الأيونية وزيادة حجمها في المختبر. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، وصمم تجربة لعمل ذلك في المختبر.

## أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتعلقة بالأيونات كما في الجدول 3-16.

الجدول 3-16 الأيونات الاثنا عشر الأكثر شيوعاً في البحار		
الأيون	التركيز (mg/dm <sup>3</sup> )	% النسبة المئوية بالكتلة (من إجمالي المواد الصلبة المذابة)
Cl <sup>-</sup>	19,000	55.04
Na <sup>+</sup>	10,500	30.42
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2655	7.69
Mg <sup>2+</sup>	1350	3.91
Ca <sup>2+</sup>	400	1.16
K <sup>+</sup>	380	1.10
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	140	0.41
Br <sup>-</sup>	65	0.19
BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	20	0.06
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	8	0.02
Sr <sup>2+</sup>	8	0.02
F <sup>-</sup>	1	0.003

123. بين الأيونات الموجبة والسالبة الواردة في الجدول أعلاه.

124. مثل بيانياً بالأعمدة تركيز كل أيون، مبيّناً صعوبات القيام بهذا العمل.

125. لا يعد كلوريد الصوديوم المركب الوحيد الذي يتم الحصول عليه من مياه البحار. تعرّف أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

115. حلّ اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

## مسألة تحفيز

116. المركبات الأيونية يعد الكريسوبيرل من المعادن الشفافة أو شبه الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متألئ اللون، ويتكون من أكسيد الألومنيوم والبريليوم BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا المركب، وشرح طريقة تكوّنه.

## مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكربون؟

118. قارن بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، وشرح سبب هذا الاختلاف.

119. ما العناصر الانتقالية؟

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

a. هالوجين له ثاني أقل كتلة.

b. شبه فلز له أقل رقم دورة.

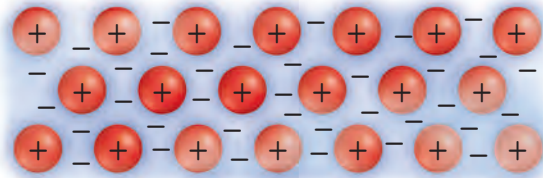
c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.

d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة.

e. لافلز في المجموعة 15 صلب عند درجة حرارة الغرفة.

## 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 وقادرة 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 عنصرًا مختلفًا 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؟

- a.  $BaCl_2$
- b.  $LiF$
- c.  $NaBr$
- d.  $KI$

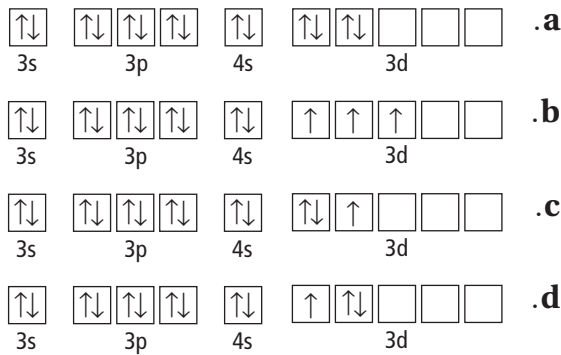
4. تتعلق جميع خواص كلوريد الصوديوم NaCl الآتية بقوة روابطه الأيونية ما عدا:

- a. صلابة البلورة.
- b. ارتفاع درجة الغليان.
- c. ارتفاع درجة الانصهار.
- d. انخفاض القابلية للذوبان.

5. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لمركب كبريتات الكروم III؟

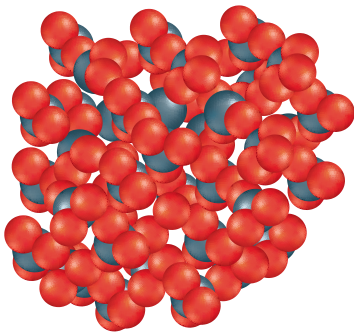
- a.  $Cr_3SO_4$
- b.  $Cr_2(SO_4)_3$
- c.  $Cr_3(SO_4)_2$
- d.  $Cr(SO_4)_3$

6. أي رسوم مربعات المستويات لعنصر الفناديوم في الشكل أدناه يعد صحيحًا؟



## أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أي حالات المادة يمثلها هذا الشكل؟

- a. الصلبة؛ لأن الدقائق مترابطة جدًا.
- b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.
- c. الصلبة؛ لأن للنموذج شكلًا ثابتًا محددًا.
- d. السائلة؛ لأن الدقائق تتحرك بعضها فوق بعض.



استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 - 12.

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

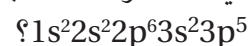
e. كلور

8. ما العنصر الذي ينتهي مداره الأخير بالمستوى الثانوي s؟

9. أي هذه العناصر له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

10. أيها يعد عنصراً انتقالياً؟

11. أي العناصر له التركيب الإلكتروني الآتي:



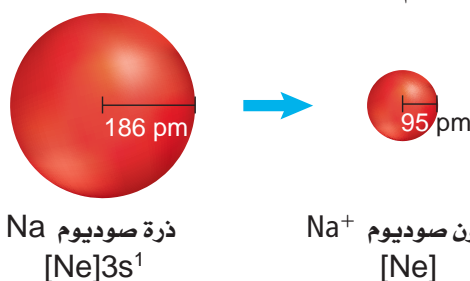
12. أيها غاز نبيل؟

## أسئلة الإجابات المفتوحة

13. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الذرة والتغير في البناء

الذري عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري؟

استعن بالرسوم أدناه للإجابة عن السؤال 14.



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

# 4

# الفكرة

**الفكرة العامة** تتكون الروابط التساهمية عندما تشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

## 4-1 الرابطة التساهمية

**الفكرة الرئيسية** تستقر ذرات بعض العناصر عندما تشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

## 4-2 تسمية الجزيئات

**الفكرة الرئيسية** تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية الذرات، والأحماض الأكسجينية.

## 4-3 التراكيب الجزيئية

**الفكرة الرئيسية** تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معاً داخل الجزيء.

## 4-4 أشكال الجزيئات

**الفكرة الرئيسية** يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

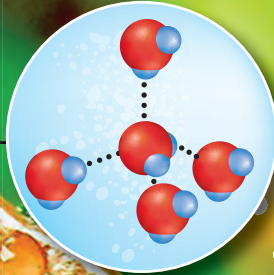
## 4-5 الكهروسالبية والنقطية

**الفكرة الرئيسية** يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.

## حقائق كيميائية

- يعود الشكل الكروي لقطرة الماء إلى قوة التوتر السطحي، بسبب القوى بين الجزيئية.
- تعمل قوة التوتر السطحي في الماء عمل غشاء مرن على السطح. وتستطيع بعض الحشرات المشي على سطح هذا الغشاء الذي يكونه الماء.
- الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء تجعله سائلاً فريداً.

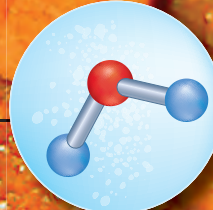
قطرة ماء كروية



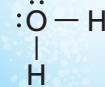
النموذج في الفراغ



نموذج العصا والكرة



تركيب لويس





## نشاطات تمهيدية

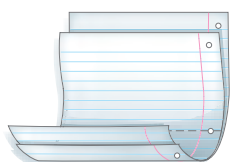
خواص الرابطة اعمل  
المطوية الآتية لتساعدك  
على تنظيم دراستك لأنواع  
الروابط الرئيسة الثلاث.

### المطويات

منظمات الأفكار



**خطوة 1** ضع ورقتين إحداها  
فوق الأخرى، ودع حافة  
إحداها العلوية أسفل الحافة  
الأخرى بـ 2cm تقريباً.



**خطوة 2** اطو حافتي صفحات  
الورق السفلية إلى الأعلى  
لعمل ثلاثة أجزاء متساوية،  
ثم اضغط على الثنيات  
لتثبيتها في أماكنها.

**خطوة 3** ثبت المطوية بدبوس كما في الشكل،  
واكتب عنواناً لكل جزء على النحو الآتي:

رابطة أيونية
تساهمية قطبية
تساهمية غير قطبية
خواص الرابطة

خواص الرابطة، رابطة  
تساهمية غير قطبية، رابطة  
تساهمية قطبية، رابطة أيونية.

**المطويات** استعمل هذه المطوية في القسم 1-4،  
ولخص ما تعلمته عن خواص الروابط، وكيف يؤثر  
ذلك في خواص المركب الكيميائي؟

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية  
لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى  
الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## تجربة استهلاكية

ما نوع المركب المستخدم لعمل كرة مميزة؟  
تُصنع 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 كوباً ورقياً،  
والبس القفازين.
3. قس 20.0mL من محلول سليكات الصوديوم بالمخبار  
المدرج وصبها في الكوب. وأضف إلى الكوب قطرة  
من ملون 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 للشرر؛ 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. كوّر العجينة في راحة اليد لتصنع كرة، ثم أسقطها على  
الأرض، وسجل ملاحظاتك.
6. احفظ الكرة في مكان معزول عن الهواء؛ لأنك ستحتاج إلى  
تشكيلها 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 الثمانية؟ وإذا كانت كلتا الذرتين  
بحاجة إلى اكتساب الإلكترونات فكيف يكونان رابطة معاً؟

## The Covalent Bond الرابطة التساهمية

**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 وأصدقائك، إلا أن المبلغ الذي معك لا يكفي لشرائها، وعندئذ شاركت أحد أصدقائك بالمبلغ المتبقي لشراء الكرة. إن هذا يشبه تشاؤك الذرات بالإلكترونات لتكوين مركبات تساهمية.

### ما الرابطة التساهمية؟ What is a covalent bond

تتشارك 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** تتشارك الذرات في المركبات غير الأيونية في الإلكترونات، كما في جزيئات قطرات الماء في الشكل 4-1. وتسمى الرابطة الكيميائية التي تنتج عن مشاركة كلاً من الذرتين الداخلتين في تكوين الرابطة بزوج إلكترونات أو أكثر **الرابطة التساهمية**. ويتكون **الجزيء** عندما ترتبط ذرتان أو أكثر برابطة تساهمية. وتعد الإلكترونات المشتركة في تكوين الرابطة جزءاً من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلتا الذرتين المشتركتين. وعادة ما تتكون الروابط التساهمية بين ذرات اللافلزات المتجاورة في الجدول الدوري.

**تكوّن الروابط التساهمية** تتكون 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 تتشارك ذرتان من نفس العنصر في إلكترونات التكافؤ، حيث أن الجزيء المكون من ذرتين أكثر استقراراً من الذرة في حالتها الفردية.

تطبق القاعدة الثمانية على الذرات التي تكوّن روابط تساهمية.

تصف كيفية تكون الرابطة التساهمية الأحادية، والثنائية والثلاثية.

تقارن بين روابط سيجما وروابط باي.

تربط بين قوة الرابطة التساهمية وطولها وطاقة تفككها.

### مراجعة المفردات

**الرابطة الكيميائية القوة** التي تربط ذرتين معاً.

### المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية

الجزيء

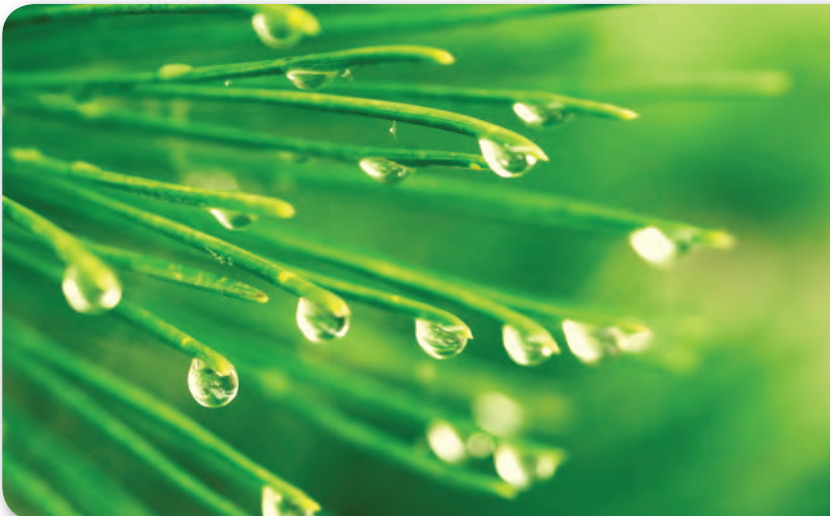
تركيب لويس

رابطة سيجما  $\sigma$

رابطة باي  $\pi$

تفاعل ماص للطاقة

تفاعل طارد للطاقة



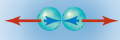
**الشكل 4-1** تتكون كل قطرة ماء من جزيئات

يحتوي كل منها على ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين واحدة، وترتبط فيما بينها برابطة تساهمية.

وتتشكل القطرة بحسب القوى بين الجزيئية.



→ قوة تنافر  
← قوة تجاذب



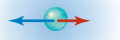
إذا اقتربت الذرتان إحداهما من الأخرى فسوف يتنافر كل من النوى والإلكترونات فيما بينها.



المسافة بين بروتونات الذرة والإلكترونات الذرة الأخرى مناسبة لتكون رابطة مستقرة.



تقوم نواة كل ذرة بجذب السحابة الإلكترونية للذرة الأخرى، وتنشأ قوة تنافر بين النواتين وقوة تنافر أخرى بين سحابتي الإلكترونات.



الذرتان متباعدتان كثيرًا لذا لا توجد قوى تجاذب أو تنافر.



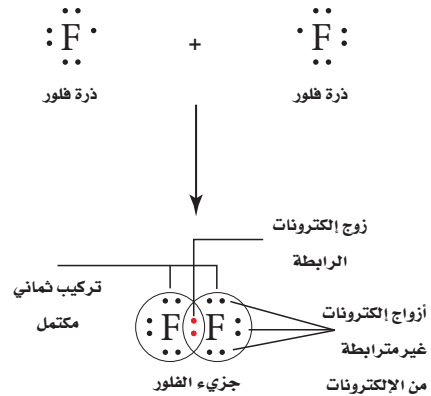
وباستعراض الفلور نجد أن له التوزيع الإلكتروني  $1s^2 2s^2 2p^5$ ، حيث لكل ذرة فلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد لتصل إلى الحالة الثمانية. وعندما تقترب ذرتا فلور تحت تأثير العديد من القوى - كما في الشكل 2-4 - تتولد قوتان تنافرتان تؤثران في الذرات، إحداها بين إلكترونات الذرتين، والأخرى بين بروتونات الذرتين أيضًا. كما تنشأ أيضًا قوة تجاذب بين بروتونات إحدى الذرتين وإلكترونات الذرة الأخرى. وكلما اقتربت ذرات الفلور بعضها من بعض زادت قوة التجاذب بين بروتونات أحدها مع إلكترونات الأخرى إلى أن تصل إلى نقطة تكون عندها محصلة قوى التجاذب أكبر من محصلة قوى التنافر، وعندئذ ترتبط الذرتان برابطة تساهمية، ويتكون الجزيء. أما إذا اقتربت الذرتان إحداها من الأخرى أكثر من ذلك فسوف تتغلب قوى التنافر على قوى التجاذب.

يحدث الترتيب الأكثر استقرارًا والأمثل للذرات في الرابطة التساهمية عند أفضل مسافة بين نواتي الذرتين. حيث تصبح محصلة قوى التجاذب عند هذه النقطة أكبر من محصلة قوى التنافر. 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 3-4 أن لكل ذرة فلور في جزيء الفلور زوجًا واحدًا من الإلكترونات المشتركة، وثلاثة أزواج من الإلكترونات غير المترابطة التي لا تشارك في تكوين الرابطة.

**الشكل 2-4** تبين الأسهم في الأشكال أعلاه محصلة قوى التجاذب والتنافر بين ذرتي فلور عندما تقترب إحداها من الأخرى. إن القوة الإجمالية بين الذرتين هي محصلة قوى التنافر بين إلكترون وإلكترون، والتنافر بين نواة ونواة، والتجاذب بين نواة وإلكترون. وتتكون الرابطة التساهمية عندما تكون محصلة قوى التجاذب أعلى ما يمكن.

**اربط** كيف يرتبط استقرار الرابطة مع القوى التي تؤثر في الذرات؟

**الشكل 3-4** تشارك ذرتا فلور في زوج من الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية. لاحظ أن زوج الإلكترونات المشتركة قد جعل إلكترونات المدار الأخير ثمانية إلكترونات.



## مقارنة درجات الانصهار

7. أدر مفتاح التسخين عند أعلى درجة حرارة واطلب إلى أحد زملاء البدء في قياس زمن التسخين مستخدمًا ساعة إيقاف.
8. راقب المركبات في أثناء فترة التسخين، وسجل أيها ينصهر أولاً، ووفق أي ترتيب.

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمّم جدولاً لتسجيل بيانات التجربة.
3. اعمل ثلاثة فجوات بسيطة ومتساوية (A و B و C) في قاع طبق من الألومنيوم مستعيناً بقلم مناسب (قلم تخطيط مثلاً).
4. ضع الطبق على السخان الكهربائي.

### تحذير: تعامل بحذر عند تسخين الوعاء.

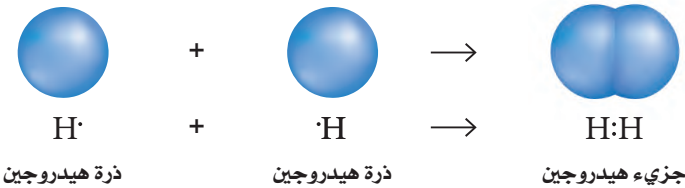
5. احصل من معلمك على عينات من كل من بلورات السكر ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )، وبلورات الملح (NaCl)، وشمع البارافين ( $C_{23}H_{48}$ )، وضعها في الفجوات على الترتيب.
6. توقع الترتيب الذي ستنصهر به المركبات عند تسخينها.
10. دع الطبق حتى يبرد ثم تخلص منه بالطريقة الصحيحة.

### تحليل النتائج

1. اذكر أي المركبات انصهر أولاً؟ وأيها لم ينصهر؟
2. طبق استناداً إلى النتائج والملاحظات، صف درجة انصهار كل مادة صلبة باستخدام أحد الخواص الآتية: منخفضة، متوسطة، مرتفعة، مرتفعة جداً.
3. استنتج أي المركبات يحتوي على روابط أيونية، وأيها يحتوي على روابط تساهمية؟
4. لخص كيف يؤثر نوع الرابطة في درجة انصهار المركبات؟

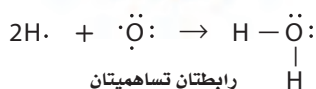
## Single Covalent Bonds الروابط التساهمية الأحادية

عندما يشترك زوج واحد من الإلكترونات في تكوين رابطة، كما في جزيء الهيدروجين تعرف هذه الرابطة باسم الرابطة التساهمية الأحادية. وعادة ما يُشار إلى زوج الإلكترونات المشترك بزوج إلكترونات الرابطة. وفي حال جزيء الهيدروجين المبين في الشكل 4-4 تقوم كل ذرة هيدروجين بجذب زوج إلكترونات الرابطة بالمقدار نفسه. لذا ينتمي كلا الإلكترونين المشتركين 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 النقاط العمودية رابطة تساهمية واحدة. فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة جزيء الهيدروجين هكذا  $H-H$  أو  $H:H$ .

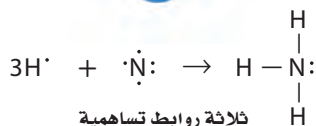


الشكل 4-4 عندما تشارك ذرتا هيدروجين في زوج من الإلكترونات تحصل كل ذرة على مستوى طاقة خارجي ممتلئ بالإلكترونات، وتصبح مستقرة.

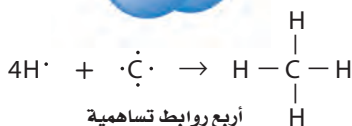
الماء



الأمونيا



الميثان



**الشكل 4-5** توضح هذه المعادلات الكيميائية كيف تتشارك الذرات في الإلكترونات وتصبح مستقرة. كما يوضح نموذج لويس، كيف تحصل كل ذرة في الجزيء على مستوى طاقة خارجي ممتلئ.

**صف** كيف تصل الذرة المركزية للقاعدة الثمانية؟

## المجموعة 17 والروابط التساهمية الأحادية

تضم الهالوجينات - عناصر المجموعة 17- ومنها الفلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد للوصول إلى حالة الثمانية إلكترونات. لذا تكون ذرات عناصر المجموعة 17 رابطة تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها الكربون. وكما سبق، فقد قرأت أن ذرات عناصر المجموعة 17 تكون روابط تساهمية مع ذرات من النوع نفسه. فعلى سبيل المثال، يوجد الفلور على صورة  $\text{F}_2$ ، والكلور على صورة  $\text{Cl}_2$ .

## المجموعة 16 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع ذرات عناصر المجموعة 16 أن تشترك بإلكترونين وتكون رابطتين تساهميتين. فالأكسجين أحد عناصر المجموعة 16 وتوزيعه الإلكتروني هو  $1s^2 2s^2 2p^4$ ، حيث يدخل الأكسجين في تركيب الماء الذي يتكون من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. ويصبح لكل ذرة هيدروجين التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل نفسه عندما تتشارك في إلكترون مع ذرة الأكسجين، كما يصبح لذرة الأكسجين التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (نيون) عندما تتشارك في إلكترون واحد مع كل ذرة هيدروجين. ويوضح الشكل 4-5a تركيب لويس لجزيء الماء. لاحظ أن لذرة الأكسجين رابطتين تساهميتين أحاديتين وزوجين من الإلكترونات غير المترابطة.

## المجموعة 15 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 15 أن تكون ثلاث روابط تساهمية مع ذرات اللافلزات. فالنيتروجين من عناصر المجموعة 15 وتوزيعه الإلكتروني هو  $1s^2 2s^2 2p^3$ . ولغاز الأمونيا (النشادر)  $\text{NH}_3$  ثلاث 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 4-5b نموذج لويس لجزيء الأمونيا. ويستطيع النيتروجين أيضاً تكوين مركبات مشابهة للأمونيا عند اتحادها بذرات عناصر المجموعة 17، مثل  $\text{NF}_3$  ثلاثي فلوريد النيتروجين وثلاثي كلوريد النيتروجين  $\text{NCl}_3$ ، وثي بروميد النيتروجين  $\text{NBr}_3$ . وتتشارك 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. ويتكون جزيء الميثان  $\text{CH}_4$  عندما ترتبط ذرة كربون واحدة بأربع ذرات هيدروجين. وللكربون -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، وله إلكترون تكافؤ واحد فإن ذرة الكربون تحتاج إلى أربع ذرات هيدروجين للحصول على أربعة إلكترونات تحتاج إليها. ويوضح الشكل 4-5c 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؟

**تركيب لويس للجزيء** تم عمل الرسوم المبينة في الشكل 6-4 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 فإنها تستطيع الاتحاد بأي من اللافلزات من خلال المشاركة بزواج واحد من الإلكترونات. كما أن ذرة الفلور من عناصر المجموعة 17 تحتاج إلى إلكترون لتصل إلى حالة الثمانية، لذلك تتكون رابطة تساهمية أحادية عند اتحاد الهيدروجين والفلور.

### 2 حساب المطلوب

لكي نرسم تركيب لويس نبدأ بالتمثيل النقطي للإلكترونات التكافؤ لكل ذرة، ثم نعيد كتابة الرموز الكيميائية ونرسم خطاً بينهما لتوضيح زوج الإلكترونات المشتركة. وأخيراً نضيف النقط لتوضيح 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:

- |                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| 1. $\text{PH}_3$        | 4. $\text{CCl}_4$ |
| 2. $\text{H}_2\text{S}$ | 5. $\text{SiH}_4$ |
| 3. $\text{HCl}$         |                   |

6. تحفيز ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد عنصرين أحدهما من عناصر المجموعة 1 والآخر من عناصر المجموعة 16.

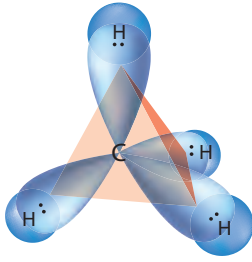
**الرابطة سيجما  $\sigma$**  تسمى الروابط التساهمية الأحادية **روابط سيجما**، ويرمز إليها بالحرف الإغريقي  $\sigma$ . وتتكون رابطة سيجما عندما تتشارك ذرتان في الإلكترونات وتتداخل مستويات تكافؤهما تداخلاً رأسياً (رأساً مقابل رأس)، فتزداد الكثافة الإلكترونية في مستوى الربط بين الذرتين. ويقع مستوى الربط في المنطقة التي يكون احتمال وجود إلكترونات الرابطة فيها أكبر ما يكون. وتتكون رابطة سيجما عندما يتداخل مستوى s مع مستوى s آخر أو مستوى p، أو عند تداخل مستوى p مع مستوى p آخر. ولجزيئات الماء  $\text{H}_2\text{O}$ ، والأمونيا  $\text{NH}_3$  والميثان  $\text{CH}_4$  روابط سيجما، كما في الشكل 7-4.

**ماذا قرأت؟** كَوْن قائمة بالمستويات التي تكون رابطة سيجما في المركب التساهمي.

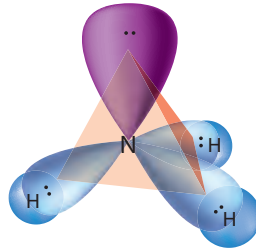


**الشكل 6-4** تم حفر الزجاج الخشن الظاهر في الشكل كيميائياً باستعمال فلوريد الهيدروجين HF، وهو حمض ضعيف. يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع السليكا (أكسيد السليكون)، المكوّن الرئيس للزجاج وينتج عن ذلك  $\text{SiF}_4$  والماء.

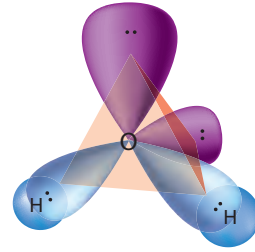




الميثان  $\text{CH}_4$



الأمونيا  $\text{NH}_3$



الماء  $\text{H}_2\text{O}$

## الروابط التساهمية المتعددة Multiple Covalent Bonds

الشكل 7-4 تكونت روابط

سيجما في كل من هذه الجزيئات عندما تداخلت مستويات ذرات الهيدروجين الذرية مباشرة (رأساً مقابل رأس) مع مستويات الذرة المركزية.

**استنتج** ما أنواع مستويات التي تتداخل لتكون روابط سيجما في الميثان؟

### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

تكتسب الذرات في بعض الجزيئات التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة عندما تشترك بأكثر من زوج من الإلكترونات مع ذرة أخرى أو أكثر. وينتج عن المشاركة بأكثر من زوج من الإلكترونات الروابط التساهمية المتعددة. فالروابط التساهمية الثنائية والثلاثية أمثلة على ذلك. وفي العادة تكون ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت روابط تساهمية متعددة مع اللافلزات. فكيف تعرف متى تكون ذرتان رابطة متعددة؟ إن عدد إلكترونات التكافؤ التي تحتاج إليها ذرة العنصر للوصول إلى الحالة الثمانية يكون مساوياً لعدد الروابط التساهمية الممكن تكوينها.

**الروابط الثنائية** تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان بزوجين من الإلكترونات فيما بينهما. فعلى سبيل المثال، يوجد الأكسجين على شكل جزيئات ثنائية الذرات. ويوضح الشكل 8a-4 أن لكل ذرة أكسجين ستة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الخاص بالغاز النبيل. لذا تتكون الرابطة التساهمية الثنائية عندما تقوم كل ذرة بالمشاركة بالإلكترونين، ليصل المجموع إلى زوجين من الإلكترونات المشتركة بين الذرتين.

**الروابط الثلاثية** تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان في ثلاثة أزواج من الإلكترونات فيما بينهما. ويحتوي النيتروجين  $\text{N}_2$  الثنائي الذرات على رابطة تساهمية ثلاثية. ويوضح الشكل 8b-4 أن كل ذرة نيتروجين تشترك بثلاثة إلكترونات لتكون رابطة تساهمية ثلاثية مع ذرة نيتروجين أخرى.

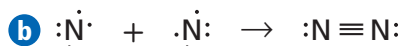
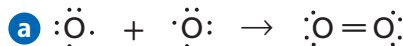
**الرابطة باي  $\pi$**  تتألف الرابطة التساهمية المتعددة من رابطة سيجما واحدة و **رابطة باي** واحدة على الأقل، ويرمز إليها بالرمز الإغريقي  $\pi$ . وتتكون هذه الرابطة عندما تتداخل مستويات p الفرعية المتوازية تداخلاً متوازياً وتشترك في الإلكترونات. وتشغل أزواج الإلكترونات المشاركة لرابطة باي المكان أو الفراغ أعلى الخط الذي يمثل مكان اتحاد الذرتين معاً وأسفله.

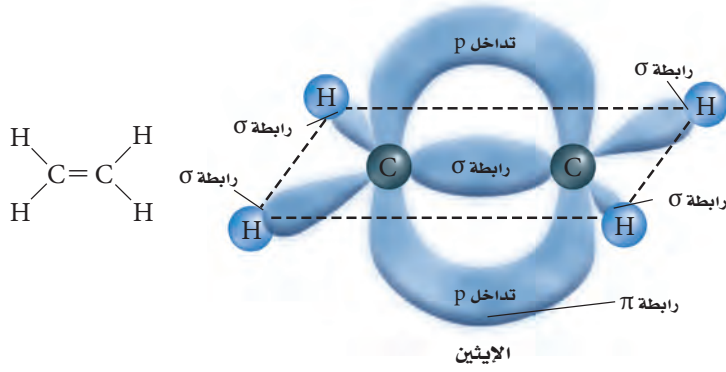
الشكل 8-4 تتكون الروابط التساهمية

المتعددة عندما تشترك ذرتان بأكثر من زوج من الإلكترونات:

**a.** تكون ذرتان من الأكسجين رابطة ثنائية.

**b.** تكون ذرتان من النيتروجين رابطة ثلاثية.





**الشكل 9-4** لاحظ كيف تتكون الرابطة التساهمية المتعددة بين ذرتي الكربون في الإيثين  $C_2H_4$  من رابطة سيجما ورابطة باي. تقترب ذرتان من الكربون إحداها من الأخرى لدرجة تسمح بالتداخل بشكل متوازي (جنباً إلى جنب) بين مستويات  $p$  الفرعية. وينتج عن ذلك رابطة باي  $\pi$ .

من المهم أن نلاحظ أن الجزيئات التي لها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وروابط باي أيضاً. فالرابطة التساهمية الثنائية الموضحة في الشكل 9-4 تتألف من رابطة باي واحدة ورابطة سيجما واحدة. أما الرابطة التساهمية الثلاثية فتتكون من رابطتي باي ورابطة سيجما واحدة.

## قوة الروابط التساهمية The Strength of Covalent Bonds

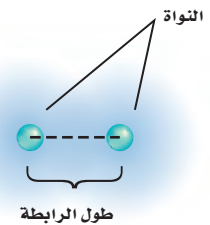
تذكر أن الرابطة التساهمية تتضمن قوى تجاذب وقوى تنافر. وفي الجزيء تتجاذب النوى مع الإلكترونات، وتتنافر النوى مع النوى الأخرى، كما تتنافر الإلكترونات مع الإلكترونات الأخرى أيضاً. وعندما يختل هذا التوازن بين قوى التجاذب والتنافر يمكن كسر الرابطة التساهمية. ولاختلاف الروابط التساهمية في قوتها يسهل كسر بعض 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 نواتي الذرتين المترابطتين بطول الرابطة، كما في الشكل 10-4، حيث تعتمد قوة الرابطة على طول الرابطة وقوة التجاذب بين الذرتين، ويحدد ذلك بحجم الذرتين المترابطتين، وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة. ويوضح الجدول 1-4 قائمة بأطوال الروابط لجزيئات الفلور  $F_2$  والأكسجين  $O_2$  والنيتروجين  $N_2$ . لاحظ أنه كلما زاد عدد الإلكترونات المشتركة قصرت الرابطة. إن طول الرابطة وقوتها مرتبطان 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 للنيتروجين.

**ماذا قرأت؟ حدد** العلاقة بين نوع الرابطة التساهمية وطولها.

الجدول 1-4		نوع وطول الرابطة التساهمية
الجزيء	نوع الرابطة	طول الرابطة
$F_2$	تساهمية أحادية	$1.43 \times 10^{-10} \text{ m}$
$O_2$	تساهمية ثنائية	$1.21 \times 10^{-10} \text{ m}$
$N_2$	تساهمية ثلاثية	$1.10 \times 10^{-10} \text{ m}$

**الشكل 10-4** يُقَدَّر طول الرابطة بالمسافة بين مركزي نواتي الذرتين المترابطتين.





**الشكل 11-4** 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.

الجدول 2-4	طاقة تفكك الرابطة
الجزء	طاقة تفكك الرابطة
$F_2$	159 kJ/mol
$O_2$	498 kJ/mol
$N_2$	945 kJ/mol

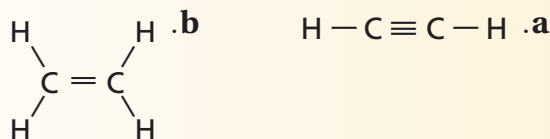
**الطاقة والروابط** يحدث تغير في الطاقة عند تكوّن أو تكسير الروابط بين ذرات الجزيئات. وتنبعث الطاقة عند تكوّن الرابطة، إلا أننا نحتاج إلى الطاقة لكسرها. وتعرف الطاقة اللازمة لكسر رابطة تساهمية معينة بـ "طاقة تفكك الرابطة" وهي مقدار موجب. ويبين الجدول 2-4 طاقة تفكك الروابط لجزيئات كل من الفلور والأكسجين والنيتروجين.

وتبين طاقة تفكك الرابطة قوة الرابطة الكيميائية؛ بسبب العلاقة العكسية بين طول الرابطة وطاقتها. ويشير الجدولان 1-4، و2-4، 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 تكوّنهما. ويحدث **التفاعل الماص للطاقة** عندما يكون مقدار الطاقة المطلوبة لتفكيك الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من مقدار الطاقة الناتجة عن تكوّن الروابط الجديدة في المواد الناتجة. أما **التفاعل الطارد للطاقة** فيحدث عندما تكون الطاقة المنبعثة في أثناء تكوّن روابط المواد الناتجة أكبر من الطاقة المطلوبة لتفكيك روابط المواد المتفاعلة. أنظر الشكل 11-4.

## التقويم 1-4

### الخلاصة

7. **الفكرة الرئيسية** حدّد نوع الذرات التي تكوّن في الغالب روابط تساهمية.
8. صف كيف تنطبق القاعدة الثمانية على الروابط التساهمية؟
9. اشرح باستخدام تركيب لويس كيف تتكون الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية؟
10. قارن بين الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية.
11. قارن بين روابط سيجما وروابط باي.
12. طبق استعن بالجدولين 1-4 و2-4، لرسم منحنى بياني يمثل طاقة الرابطة مقابل طول الرابطة، ثم صف العلاقة بينهما.
13. توقع طاقة تفكك الروابط التساهمية نسبياً لكل مما يأتي:



- تتكون الروابط التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- ينتج عن المشاركة بزوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات روابط تساهمية أحادية أو ثنائية، أو ثلاثية على الترتيب.
- تتكوّن روابط سيجما نتيجة التداخل الرأسي للمستويات. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما وروابط باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بالمسافة بين نواقي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

## تسمية الجزيئات Naming Molecules

**الفكرة الرئيسية** تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.

**الربط مع الحياة** تعلم أن والددة والدتك هي جدتك، وأن أخت والدك هي عمك، بينما أخو والدتك يسمى خالك. وكما أن هذه العلاقات تحكمها قواعد في تسميتها فكذلك تحكم تسمية الجزيئات مجموعة من القواعد.

تترجم الصيغ الجزيئية إلى أسماء للمركبات الجزيئية الثنائية الذرات.

تسمى المحاليل الحمضية.

### مراجعة المفردات

الأيون الأكسجيني السالب؛ أيون يتكون من مجموعة من الذرات، وأحد عناصره في الغالب لا فلز متحد بذرة أو أكثر من الأكسجين.

### المفردات الجديدة

الحمض الأكسجيني.

## 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 نستعمل 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 التالية خطوات تسمية الغاز  $N_2O$ ، وهو غاز أكسيد ثنائي النيتروجين ويستخدم في التخدير، واسمه الأكثر شيوعاً الغاز المضحك.

1. يظهر اسم العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية أولاً، ويظهر اسم العنصر الأول كاملاً. **N** هو رمز النيتروجين.

2. يُسمى العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية باستخدام جذر الاسم مع إضافة مقطع (يد). **O** رمز الأكسجين ويظهر باسم أكسيد.

3. تُستخدم البادئات في التسمية لتحديد عدد ذرات كل عنصر في الصيغة الجزيئية، ويبين الجدول 3-4 قائمة بالبادئات الأكثر شيوعاً واستعمالاً. ونظراً إلى وجود ذرتي نيتروجين تُستخدم البادئة "ثنائي".

الجدول 3-4			بادئات أسماء المركبات التساهمية
عدد الذرات	البادئة	عدد الذرات	البادئة
1	أول (أحادي)	6	سادس (سداسي)
2	ثاني (ثنائي)	7	سابع (سباعي)
3	ثالث (ثلاثي)	8	ثامن (ثماني)
4	رابع (رباعي)	9	تاسع (تساعي)
5	خامس (خماسي)	10	عاشر (عشاري)



تسمية مركبات الجزيئات الثنائية الذرات ما اسم المركب  $P_2O_5$  الذي يُستخدم مادةً مجففةً تمتص الماء؟

### 1 تحليل المسألة

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

### 2 حساب المطلوب

أولاً سمِّ عناصر المركب.

العنصر الأول يُسمى باسمه الكامل.

العنصر الثاني يُضاف مقطع (يد) إلى أصل اسم العنصر

عند جمع الاسمين معاً.

أكسيد

أكسيد الفوسفور

والآن نضيف 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

سمِّ كلاً من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات الآتية:

14.  $CO_2$

15.  $SO_2$

16.  $NF_3$

17.  $CCl_4$

18. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لمركب ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

**أسماء شائعة لبعض المركبات الجزيئية** هل استمتعت يوماً بكأس باردٍ من أكسيد ثنائي 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.

عُرف الكثير من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، ومنها أكسيد النتروز والماء، منذ زمن طويل، وأُعطيَت 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

تكون المحاليل المائية لبعض الجزيئات حمضية، ويُسمى المركب حمضاً إذا أنتج أيونات الهيدروجين  $H^+$  في المحلول. فعلى سبيل المثال،  $HCl$  ينتج  $H^+$  في المحلول، 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. وتتألف بقية الكلمة من جذر اسم العنصر الثاني مضافاً إليها الخاتمة "يك". لذا فإن  $HCl$  (الهيدروجين والكلور) يصبحان معاً هيدروكلوريك.

2. تكون الكلمة الأولى دائماً 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 ما لم تحتوي صيغة الحمض على الأكسجين. ويكون جذر الجزء الثاني للاسم هو جذر الأيون المتعدد الذرات. فمثلاً  $HCN$  الذي يتألف من الهيدروجين وأيون السيانيدي يعرف باسم حمض الهيدروسيانيك.

**تسمية الأحماض الأكسجينية** يعرف الحمض الذي يتألف من الهيدروجين وأيون أكسجيني باسم الحمض الأكسجيني. ولابد أنك تتذكر أن الأيون الأكسجيني السالب عبارة عن أيون عديد الذرات يحتوي على ذرة أو أكثر من ذرات الأكسجين. والقواعد الآتية تشرح طريقة تسمية حمض النيتريك  $HNO_3$  وهو حمض أكسجيني.

1. أولاً: تعرّف الأيون الأكسجيني الموجود. إن الكلمة الثانية التي يتألف منها اسم الحمض الأكسجيني تأتي من مصدر الأيون الأكسجيني ومعها مقطع "بير" أو "هيو". أما إذا انتهى اسم الأنيون الأكسجيني بمقطع "ات" فيستبدل به مقطع "يك". وإذا انتهى اسم الأنيون الأكسجيني بمقطع "يت" فإنه يستبدل به مقطع "وز". ، ويصبح أيون النترات نيتريك.

2. تكون الكلمة الأولى دائماً كلمة حمض، فجزء  $HNO_3$  (المكون من الهيدروجين وأيون النترات) يصبح حمض النيتريك.

ويوضح الجدول 4-4 كيف تتفق أسماء عدة أحماض أكسجينية مع هذه القواعد. ولاحظ أن الهيدروجين لا يذكر في عمود "اسم الحمض".

تسمية الأحماض الأكسجينية			الجدول 4-4
اسم الحمض	المقطع	الأنيون الأكسجيني	المركب
حمض الكلوريك	- يك	كلورات	$HClO_3$
حمض الكلوروز	- وز	كلوريت	$HClO_2$
حمض النيتريك	- يك	نترات	$HNO_3$
حمض النيتروز	- وز	نيتريت	$HNO_2$

الجدول 4-5		صيغ بعض المركبات التساهمية وأسمائها
الصيغ الجزيئية	الاسم الشائع	اسم المركب الجزيئي
H <sub>2</sub> O	ماء	أكسيد ثنائي الهيدروجين
NH <sub>3</sub>	أمونيا	ثالث هيدريد النيتروجين
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	هيدرازين	رابع هيدريد ثنائي النيتروجين
HCl	حمض الكلور	حمض الهيدروكلوريك

ويلخص الجدول 4-5 الصيغ الجزيئية وأسماء بعض المركبات التساهمية. لاحظ وجود أسماء شائعة للأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية بالإضافة إلى أسمائها العلمية.

#### مسائل تدريبية

- سمِّ كلاً من الأحماض الآتية مفترضاً أن جميعها تذوب في الماء.
19. HI    20. HClO<sub>3</sub>    21. HClO<sub>2</sub>    22. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>    23. H<sub>2</sub>S
24. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لحمض البيروديك؟

### كتابة الصيغ الكيميائية من أسماء المركبات

#### Writing Chemical Formulas from Names

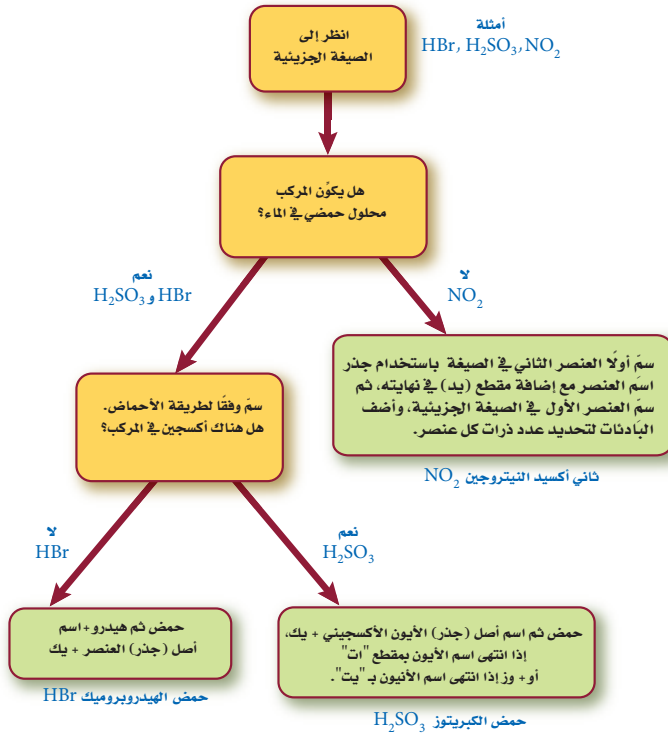
يُظهر اسم المركب الجزيئي تركيبه، ويُعدّ هذا مهماً لمعرفة طبيعة المركب الكيميائي؛ فعند إعطائك اسم أي جزيء ثنائي ينبغي أن تعرف كيف تكتب صيغته الجزيئية. فالمقاطع المستخدمة في الاسم تشير إلى عدد الذرات في الجزيء وتحدد الأرقام السفلية المستخدمة في الصيغة الجزيئية. ويمكن معرفة الصيغة الجزيئية للحمض أيضاً من 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 12-4** تستعمل خريطة المفاهيم هذه لتسمية المركبات الجزيئية في حال معرفة صيغها الكيميائية.

**طبق** أي المركبات في الشكل حمض أكسجيني، وأياها حمض ثنائي؟



ويتعين عليك لتسمية الأحماض الأكسجينية -وهي الأحماض التي تحتوي على أنيون الأكسجين- أن تعرف الأسماء الشائعة للأنيون الأكسجيني أولاً. يساعد الشكل 12-4 على تحديد اسم المركب الجزيئي التساهمي، ولاستخدام خريطة المفاهيم ابداً من القمة وطبق الإرشادات الموجودة في الأشكال الملونة، حتى تحدد اسم المركب المطلوب.

## التقويم 4-2

### الخلاصة

31. الفكرة الرئيسية: لخص القواعد المستخدمة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية العناصر.
  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 الأيوديك، 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.



## Molecular Structures التراكيب الجزيئية

### الأهداف

**الفكرة الرئيسية** تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معاً داخل الجزيء.

**الربط مع الحياة** لعلك - عندما كنت صغيراً - قد لعبت بقطع المكعبات التي تُركَّب بطرائق محددة. إن شكل المجسم الذي بنيته يعتمد على طرائق تركيب هذه المكعبات. بطريقة مشابهة يتم بناء الجزيئات من ذراتها.

### الصيغ البنائية Structural Formulas

تخبرنا الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية عن أنواع ذرات العناصر وأعدادها في الجزيء فقط. ولمعرفة التراكيب الجزيئية للمركبات التساهمية تستعمل النماذج في تمثيل الجزيء. وبين الشكل 4-13 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 لتعرف الذرات إذا لم يكتب عليها الرمز الكيميائي للعنصر.

وأكثر النماذج الجزيئية فائدة نموذج الصيغة البنائية الذي يستعمل الرموز والروابط لبيان مواقع الذرات. ويمكنك توقع **الصيغة البنائية** من خلال رسم تركيب لويس، فقد سبق أن رأيت بعض الأمثلة البسيطة على تراكيب لويس. إلا أننا نحتاج إلى بناء أكثر من تركيب لتحديد أشكال الجزيئات.

تطبق الخطوات الرئيسية لرسم تركيب لويس.

تحدد الجزيئات التي تحدث فيها ظاهرة الرنين.

تحدد ثلاث حالات لجزيئات تشذ عن القاعدة الثمانية، وتسمى هذه الجزيئات.

### مراجعة المفردات

**الرابطة الأيونية:** قوة كهروسكونية تربط الجسيمات ذات الشحنات المختلفة بعضها مع بعض في المركب الأيوني.

### المفردات الجديدة

الصيغة البنائية

الرنين

الرابطة التساهمية التناسقية

**الشكل 4-13** يمكن استخدام هذه النماذج جميعها لتوضيح أماكن الذرات والإلكترونات لجزيء

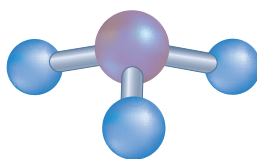
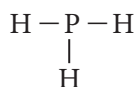
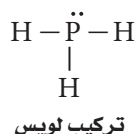
ثلاثي هيدريد الفوسفور (الفوسفين).

**قارن** بين المعلومات المبينة في كل نموذج.

PH<sub>3</sub>  
الصيغة الجزيئية



نموذج ملء الفراغ الجزيئي



نموذج لويس  
نموذج الكرة-العصا

**تراكيب لويس** على الرغم من سهولة رسم تراكيب لويس لمعظم المركبات المكونة من اللافلزات إلا أنه من المفيد أن نتبع 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 دائماً ذرة جانبية؛ لأنه يشارك بالإلكترون واحد من الإلكترونات، ويتصل بذرة واحدة فقط.
2. حدد عدد الإلكترونات المتوفرة 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 المتوفرة للربط على 2.
4. حدد أماكن أزواج الربط. ضع زوج ترابط واحدًا (رابطة واحدة) بين الذرة المركزية وكل ذرة جانبية.
5. حدد عدد أزواج إلكترونات الترابط المتبقية. ولتحديد ذلك ا طرح 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 الثمانية، ثم ضع أي أزواج إضافية على الذرة المركزية.
6. حدد ما إذا كانت الذرة المركزية تحقق القاعدة الثمانية.  
هل الذرة المركزية محاطة بأربعة أزواج من الإلكترونات؟ إذا كان الجواب لا فإنها لا تحقق القاعدة الثمانية. ولتحقيق القاعدة الثمانية حول زوجاً أو زوجين من الأزواج غير المترابطة في الذرات الجانبية إلى رابطة ثنائية أو ثلاثية بين الذرة الجانبية والذرة المركزية، فتبقى هذه الأزواج مرتبطة مع الذرة الجانبية، وكذلك مع الذرة المركزية. تذكر أن الكربون والنيروجين والأكسجين والكبريت عادة ما تكون روابط ثنائية وثلاثية.

#### طبق الاستراتيجية

ادرس الأمثلة 3-4 و 4-4 لمعرفة كيف طبقت هذه الخطوات في حل المسائل.

**تركيب لويس لركب تساهمي له روابط أحادية.** تستخدم الأمونيا بوصفها خامًا لصناعة العديد من المواد الأخرى، ومنها مواد التنظيف والأسمدة والمتفجرات. ارسم تركيب لويس للأمونيا  $\text{NH}_3$ .

### 1 تحليل المسألة

يتكون جزيء الأمونيا من ذرة نيتروجين وثلاث ذرات هيدروجين، ولكون الهيدروجين ذرة جانبية فلا بد أن يكون النيتروجين الذرة المركزية.

### 2 حساب المطلوب

يجب أن نجد العدد الإجمالي للإلكترونات التكافؤ المتوفرة للترابط.

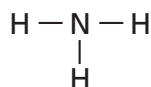
$$8 \text{ إلكترونات تكافؤ} = \frac{1 \text{ إلكترون تكافؤ}}{1 \text{ atom H}} \times 3 \text{ atom H} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom N}} \times 1 \text{ atom N}$$

هناك 8 إلكترونات تكافؤ موجودة للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي. وللقيام بذلك اقسم عدد الإلكترونات المتوفرة للترابط على 2.

$$4 \text{ أزواج} = \frac{8 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}}$$

يتوافر أربعة أزواج من الإلكترونات للترابط.



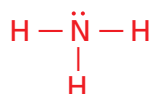
ضع زوجًا رابطًا من الإلكترونات بين ذرة النيتروجين المركزية وكل ذرة هيدروجين جانبية لتكوين رابطة أحادية.

حدد عدد الأزواج غير المرتبطة المتبقية.

$$4 \text{ أزواج (المجموع الكلي)} - 3 \text{ أزواج مستخدمة} = \text{زوج واحد غير رابط}$$

اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من العدد الإجمالي للإلكترونات المتوفرة للترابط.

يكون الزوج المتبقي هو زوج غير رابط، ويجب أن يضاف إلى الذرة المركزية أو إلى الذرات الجانبية. ولأن ذرات الهيدروجين تقبل رابطة واحدة فقط فإنها لا تستقبل زوجًا غير رابط من الإلكترونات.



ضع الزوج غير المرتبط المتبقي على ذرة النيتروجين المركزية.

### 2 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 الثمانية المستقرة.

### مسائل تدريبية

37. ارسم تركيب لويس لجزيء  $\text{BH}_3$ .

38. تحفيز يحتوي جزيء ثلاثي فلوريد النيتروجين على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

**تركيب لويس لمركب تساهمي يحتوي روابط متعددة** ثاني أكسيد الكربون هو ناتج عملية تنفس الخلايا في الجسم. ارسم تركيب لويس لجزيء  $\text{CO}_2$ .

### 1 تحليل المسألة

يحتوي جزيء ثاني أكسيد الكربون على ذرة كربون وذرتي أكسجين. ولأن الكربون أقل جذباً للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الكربون الذرة المركزية، وذرتا الأكسجين ذرات جانبية.

### 2 حساب المطلوب

لإيجاد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ الموجودة

$$16 \text{ إلكترون تكافؤ} = \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom O}} \times 2 \text{ atom O} + \frac{4 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom C}} \times 1 \text{ atom C}$$

لذا، فهناك 16 إلكترون تكافؤ متوافر للترابط.

$$8 \text{ أزواج} = \frac{16 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}}$$

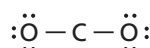
هناك 8 أزواج من الإلكترونات متوافرة للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي بقسمة عدد الإلكترونات المتوافرة على 2.

ضع زوج رابط (رابطة أحادية) بين ذرة الكربون المركزية وذرتي الأكسجين الجانبيتين.



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.

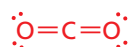


أضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة إلى كل ذرة أكسجين جانبية.

6 أزواج (المجموع الكلي) - 6 أزواج مستخدمة = 0 أزواج غير رابطة

اطرح الأزواج غير المرتبطة من الأزواج المتوافرة المتبقية.

تفحص التركيب غير المكتمل، وبين مواقع الأزواج غير الرابطة. لاحظ أن ذرة الكربون ليس لها ثمانية إلكترونات ولا توجد أزواج إلكترونات إضافية متاحة. ولحصول ذرة الكربون على ثمانية إلكترونات، يجب أن يكون الجزيء روابط ثنائية.



استخدم زوجاً غير مرتبط من كل ذرة أكسجين لتكوين رابطة ثنائية مع ذرة الكربون

### 3 تقويم الإجابة

حقّق كل من الكربون والأكسجين القاعدة الثمانية.

### مسائل تدريبية

39. ارسم تركيب لويس للإيثيلين  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

40. تحفيز يحتوي جزيء ثاني 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 مرتبطة بروابط تساهمية. لذا تكون خطوات رسم تركيب لويس للأيونات المتعددة الذرات مشابهة لخطوات رسم المركبات التساهمية. ويتلخص الفرق الرئيس في إيجاد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ المتوفرة للترابط. وبالمقارنة مع عدد إلكترونات التكافؤ الموجودة في الذرات التي تكوّن 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 للإلكترونات التكافؤ نجد أولاً العدد المتوافر لدى الذرات الموجودة في الأيون، ثم نطرح شحنة الأيون إن كان موجباً أو نجمع شحنته إن كان سالباً.

#### مثال 5-4

**تركيب لويس للأيون المتعدد الذرات** ارسم تركيب لويس الصحيح لأيون الفوسفات  $\text{PO}_4^{3-}$  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 الجانبية.

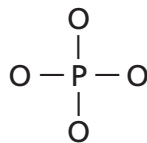
#### 2 حساب المطلوب

أوجد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ المتوفرة للترابط.

$$32 \text{ إلكترون تكافؤ} = 3 \text{ إلكترونات من الشحنة السالبة} + \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom O}} \times 4 \text{ atom O} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom P}} \times 1 \text{ atom P}$$

$$16 \text{ زوجاً} = \frac{32 \text{ إلكترون تكافؤ}}{2 \text{ إلكترون / زوج}}$$

حدد العدد الكلي لأزواج الترابط.



ارسم رابطة أحادية بين ذرة الفوسفور P المركزية وذرات الأكسجين O الجانبية.

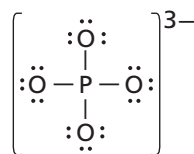
16 زوجاً (المجموع الكلي) - 4 أزواج مستخدمة = 12

زوجاً غير رابطاً

ضع ثلاثة أزواج غير رابطة لكل ذرة أكسجين جانبية

12 زوجاً غير رابطاً - 12 زوجاً مستخدماً = 0

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفرة.



تبين عملية طرح الأزواج غير المرتبطة المستخدمة من الأزواج المتوفرة عدم وجود إلكترونات متوفرة لذرة الفوسفور. يبين الشكل الجانبي تركيب لويس لأيون الفوسفات.

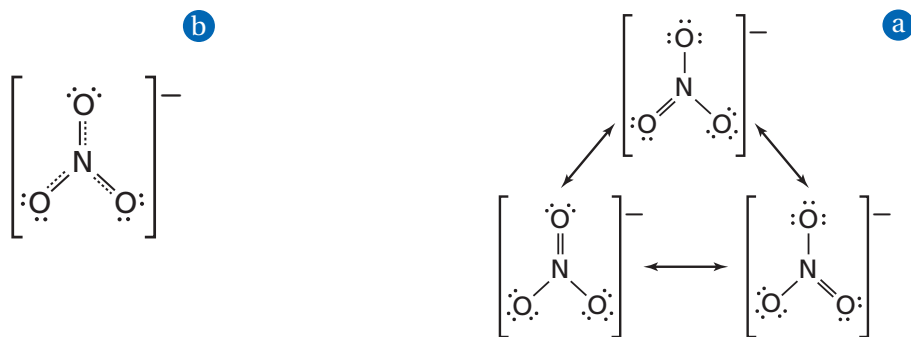
#### 3 تقويم الإجابة

حققت الذرات حالة الثمانية إلكترونات، والشحنة الكلية للمجموعة هي -3.

#### مسائل تدريبية

41. ارسم تركيب لويس لأيون  $\text{NH}_4^+$ .

42. تحفيز يحتوي أيون  $\text{ClO}_4^-$  على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.



## أشكال الرنين Resonance Structures

يمكن باستخدام مجموعة الذرات نفسها الحصول على أكثر من تركيب لويس صحيح، وذلك حينما يكون للجزيء أو الأيون المتعدد الذرات روابط أحادية وثنائية في الوقت نفسه. ولأيون النترات المتعدد الذرات المبين في الشكل 4-14a ثلاث أشكال متكافئة، يمكن استعمالها لتمثيل هذا الأيون.

**الرنين** حالة تحدث عندما يكون هناك احتمال لرسم أكثر من تركيب لويس لشكل الجزيء أو الأيون. ويشير إلى تركيب لويس 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. ولجزيء  $O_3$  والأيونات المتعددة الذرات  $NO_3^-$ ،  $NO_2^-$ ،  $SO_3^{2-}$ ،  $CO_3^{2-}$  أشكال رنين.

ومن المهم معرفة أن كل جزيء أو أيون له رنين خاص به، يظهر كأن له بناءً واحدًا فقط. انظر الشكل 4-14b، أظهرت القياسات العملية أن أطوال الروابط لهذا الجزيء المحسوبة في المختبر متماثلة، وتكون الروابط أقصر من الروابط الأحادية، ولكنها أطول من الروابط الثنائية. وقد وجد أن الطول الحقيقي للرابطة هو المتوسط الحسابي لأطوال الروابط في أشكال الرنين.

### مسائل تدريبية

ارسم أشكال الرنين للجزيئات الآتية:

43.  $NO_2^-$       44.  $SO_2$       45.  $O_3$

46. تحفيز ارسم أشكال رنين لويس للأيون  $SO_3^{2-}$

## استثناءات القاعدة الثمانية Exceptions to the Octet Rule

عادة ما تحصل الذرات على ثمانية إلكترونات عندما تتحد بذرات أخرى. ولكن بعض الأيونات والجزيئات لا تتبع 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 4-15. وتعد  $NO$ ،  $ClO_2$  أمثلة أخرى على جزيئات ذات إلكترونات تكافؤ فردية العدد.

**الشكل 4-14** أشكال الرنين لأيون النترات  $NO_3^-$ .

**a.** تختلف أشكال الرنين هذه في مكان الرابطة الثنائية فقط. ولا تتغير أماكن ذرات النيتروجين والأكسجين.

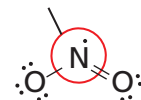
**b.** يكون أيون النترات الحقيقي هو متوسط أشكال الرنين الثلاثة في **a.**

تبين الخطوط المنقطعة أماكن محتملة للرابطة الثنائية.

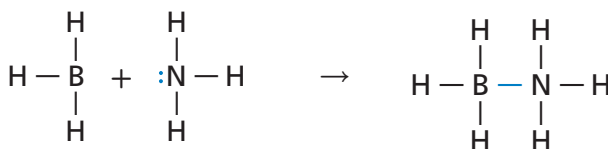
**الشكل 4-15** لا تحقق ذرة

النيتروجين المركزية في جزيء  $NO_2$  القاعدة الثمانية. فهي تحتوي على سبعة إلكترونات فقط في مستوى الطاقة الخارجي.

القاعدة الثمانية غير مكتملة



**الشكل 16-4** في تفاعل ثلاثي هيدريد البورون والأمونيا، تقدم ذرة النيتروجين إلكترونين يتم مشاركتها بين البورون والأمونيا لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.

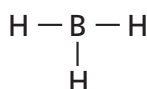


**فسّر** هل تحقق الرابطة التساهمية التناسقية في هذا الجزيء القاعدة الثمانية؟

ليس لذرة البورون إلكترونات لتشارك بها، في حين أن لذرة النيتروجين إلكترونين للمشاركة.

تشارك ذرة النيتروجين بإلكتروناتها لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.

**حالات الاستقرار بأقل من ثمانية إلكترونات والرابطة التساهمية التناسقية 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  $\text{BH}_3$ . يوجد البورون في المجموعة 13، وهو عنصر شبه فلزي، ويكون ثلاث روابط تساهمية مع ذرات لا فلزية أخرى.



تشارك ذرة البورون بستة إلكترونات فقط؛ أي لا تتبع القاعدة الثمانية. وتكون مثل هذه المركبات في الغالب قابلة للتفاعل، لأن لها القابلية لاستقبال زوج من الإلكترونات من ذرة أخرى.

تتكون **الرابطة التساهمية التناسقية** عندما تقدم إحدى الذرات إلكترونين لتشارك بهما ذرة أخرى أو أيوناً آخر بحاجة إلى إلكترونين ليكونا ترتيباً إلكترونياً مستقرّاً بأقل طاقة وضع. انظر الشكل 16-4، عادة ما تكون الذرات، أو الأيونات ذات الأزواج غير الرابطة روابط تساهمية تناسقية مع ذرات أو أيونات تحتاج إلى إلكترونين إضافيين.

**حالات الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات** من المركبات التي لا تتبع القاعدة الثمانية ذرة مركزية 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 17-4 كيف تصل ذرة الفوسفور في جزيء  $\text{PCl}_5$  إلى حالة الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات؛ إذ تتكون خمس روابط من عشرة إلكترونات مشتركة في مستوى s واحد، وثلاثة مستويات p ومستوى d واحد. والمثال الآخر هو جزيء  $\text{SF}_6$  الذي يحتوي على ست روابط تشارك في 12 إلكترونات في مستوى s وثلاثة مستويات p، واثنين من مستويات d.

وعندما نرسم بناء لويس لهذه المركبات فإما أن نضيف 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 تحقق القاعدة الثمانية.

**الشكل 17-4** قبل تفاعل  $\text{PCl}_3$  و  $\text{Cl}_2$  تتبع كل ذرة في المادة المتفاعلة القاعدة الثمانية. وبعد التفاعل ينتج  $\text{PCl}_5$  الذي لا تتبع ذرة الفوسفور فيه القاعدة الثمانية.



**تركييب لويس؛ استثناءات القاعدة الثمانية** الزينون غاز نبيل، يكون مركبات نادرة عند تفاعله مع اللافلزات الشديدة الجذب للإلكترونات. ارسم تركيب لويس الصحيح للجزيء  $\text{XeF}_4$ .

### 1 تحليل المسألة

لديك الجزيء  $\text{XeF}_4$  الذي يحتوي على ذرة Xe واحدة، وأربع ذرات F. ولأن جاذبية Xe للإلكترونات قليلة لذلك يكون الذرة المركزية.

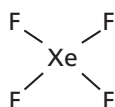
### 2 حساب المطلوب

يجب أن نجد العدد الكلي للإلكترونات التكافؤ.

$$36 \text{ إلكترون تكافؤ} = \frac{7 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom F}} \times 4 \text{ atom F} + \frac{8 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom Xe}} \times 1 \text{ atom Xe}$$

$$18 \text{ زوجاً} = \frac{36 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون / زوج}}$$

حدد العدد الكلي لأزواج الربط.



استخدم أزواج الربط الأربعة لربط أربع ذرات F مع ذرة Xe المركزية.

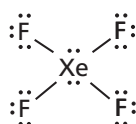
18 زوجاً (المجموع الكلي) - 4 أزواج مستخدمة = 14 زوجاً غير رابط

حدد عدد الأزواج غير الرابطة

$$14 \text{ زوجاً} - 4 \text{ atom F} \times \frac{3 \text{ أزواج}}{1 \text{ atom F}} = \text{زوجين غير رابطين}$$

أضف ثلاثة أزواج إلكترونات إلى كل ذرة F.

وأوجد عدد الأزواج غير الرابطة.



ضع الزوجين المتبقين على ذرة Xe المركزية.

### 3 تقويم الإجابة

يعطي هذا التركيب ذرة الزينون 12 إلكترونًا. وهذا يعني أنها تصل إلى الاستقرار بأكثر من 8 إلكترونات. تعد مركبات الزينون - ومنها  $\text{XeF}_4$  - سامة بسبب قدرتها العالية على التفاعل.

### مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس للجزيئات الآتية:

$\text{ClF}_3$ . 47

$\text{SO}_3$ . 48

49. تحفيز ارسم تركيب لويس للجزيء الناتج عن ارتباط 6 ذرات فلور مع ذرة كبريت بروابط تساهمية.



## التقويم 4-3

### 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. **الفكرة 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:  $PI_5$ ، و  $ClO_2$ ، و  $BF_3$ ، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ، أكثر من ثمانية إلكترونات، أقل من ثمانية إلكترونات.

53. قوم يزعم أحد الطلاب أن المركبات الثنائية 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  $AsF_6^-$ ،  $HCO_3^-$ ،  $SiF_4$ ،  $CN^-$

## أشكال الجزيئات Molecular Shapes

**الفكرة الرئيسية** يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

**الربط مع الحياة** لعلك يوماً دلت بالونين بشعرك وأنت تلعب. هل رأيت كيف يتنافر البالونان بسبب شحنتيهما المشابهتين، ويتبعد أحدهما عن الآخر؟ وكذلك الحال مع الشحنات؛ فإن أشكال الجزيئات تتأثر بقوى التنافر الإلكترونية.

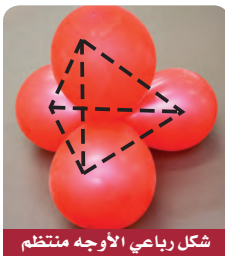
### نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model

يُحدّد شكل الجزيء الكثير من خواصه الفيزيائية والكيميائية، وتحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل مستويات الإلكترونات المشتركة معاً شكل الجزيء. وقد طُوّرت 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** (التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ). ويعتمد هذا النموذج على الترتيب الذي من شأنه أن يقلل التنافر بين أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية إلى أقصى درجة ممكنة.

**زاوية الرابطة** لفهم نموذج VSEPR على نحو أفضل تخيل بالونات منتفخة بحجوم متماثلة ومربوطاً بعضها مع بعض كما في الشكل 4-18؛ حيث يمثل كل بالون منطقة كثافة إلكترونية، وتمنع قوة تنافر منطقة الكثافة الإلكترونية الإلكترونات الأخرى من دخولها. وعندما تتصل مجموعة من البالونات بنقطة مركزية، وهي تمثل الذرة المركزية فمن الطبيعي أن تأخذ هذه البالونات شكلاً يقلل من التصادم بينها.

تنافر أزواج الإلكترونات في الجزيء بطريقة مماثلة، وتعمل قوى التنافر هذه على تثبيت 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 التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ مدعومة بأدلة تجريبية. وتؤثر أزواج الإلكترونات غير الرابطة أيضاً في تحديد شكل الجزيء؛ إذ تحتل هذه الإلكترونات مستويات أكبر قليلاً مقارنة بالإلكترونات المشتركة. لذا تضغط أزواج الإلكترونات غير الرابطة مستويات الربط المشتركة بين الذرات.

**الربط مع علم الأحياء** يعد شكل جزيئات الطعام عاملاً مهماً في تحديد طعمها، حيث تغطي براعم التذوق سطح اللسان، ويحتوي كل برعم ما بين 50 إلى 100 من خلايا مستقبلات الذوق.



● **تلخص** مفهوم نموذج التنافر 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

نموذج VSEPR

التهجين

**الشكل 4-18** تتبعد أزواج الإلكترونات في الجزيء بعضها عن بعض قدر ما أمكن ذلك، كما هو مبين في ترتيب البالونات. إذ يكون زوجان شكلاً خطياً، وتكون ثلاثة أزواج شكل مثلث مستو، في حين تكون أربعة أزواج شكلاً رباعي الأوجه منتظماً.

## المفردات

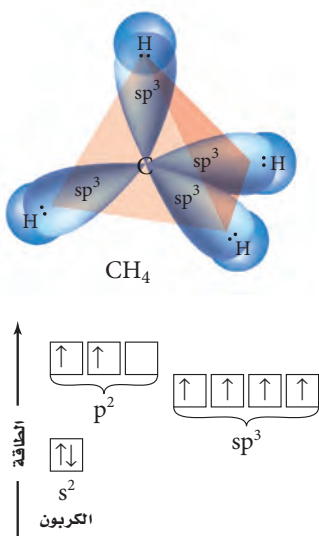
### أصل الكلمة

مثلث مستوي **Trigonal planner**  
من أصل لاتيني **trigonum**،  
وتعني شكلاً له ثلاث زوايا في  
سطح مستوي.

### الشكل 19-4 تشغل

إلكترونات ذرة الكربون  
الموجودة في المستويات  $2s$  و  $2p$   
مستويات مهجنة من نوع  $sp^3$ .  
لاحظ أن قيمة طاقة المستويات  
المهجنة تعادل متوسط طاقة  
وضع مستويات  $s$  و  $p$  الأصلية.  
وتبعاً للنظرية VSEPR فإن الشكل  
الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التنافر  
بين المستويات المهجنة في جزيء  
 $CH_4$ .

**حدد** كم وجهاً يحتوي شكل جزيئ  
الميثان الناتج عن مستويات  $sp^3$ .



وتحدد خلايا مستقبلات التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم جلوتومات الصوديوم الأحادية MGS. وتستجيب كل خلية مستقبلية للتذوق نكهة واحدة فقط. تتحدد أشكال جزيئات الطعام اعتياداً على تركيبها الكيميائي. وحينما يدخل الجزيء نسيج التذوق يجب أن يكون له الشكل الصحيح لتمكين كل خلية عصبية من تمييزه، وإرسال رسالة إلى الدماغ الذي يحللها بوصفها نكهة معينة. وعندما ترتبط هذه الجزيئات بمستقبلات الطعم الحلو يكون مذاقها حلواً. وكلما ازداد عدد جزيئات الطعام المرتبطة بمستقبلات الطعم الحلو زادت حلاوة الطعام. فالسكر والمحليات المصنعة ليست الجزيئات الحلوة الوحيدة؛ فبعض البروتينات الموجودة في الفاكهة جزيئات حلوة الطعم. ولقد تم إدراج بعض أشكال الجزيئات المعروفة في الجدول 4-6.

## التهجين Hybridization

يحدث التهجين عند دمج شيتين معاً، حيث يكون للشئ الهجين خواص كلا الشئين معاً. فالسيارات الهجينة مثلاً تستخدم الكهرباء والبنزين 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  $[He]2s^2 2p^2$ . وربما تتوقع أن يرتبط الإلكترونان المنفردان من  $p$  بذرات أخرى، وأن تبقى إلكترونات  $2s$  أزواجاً غير مرتبطة. ولكن يحصل لذرات الكربون عملية **التهجين**، حيث تختلط المستويات الفرعية لتكوّن مستويات مهجنة جديدة.

يبين الشكل 19-4 المستويات الهجينة في ذرة الكربون، حيث يحتوي كل مستوى مهجن على إلكترون واحد يمكن أن يشترك به مع ذرة أخرى، ويُسمى بالمستوى المهجن  $sp^3$  لأنه يتكون من المستوى  $s$  وثلاثة مستويات  $p$ . ويعد الكربون أشهر العناصر التي تخضع لعملية التهجين. ويكون عدد المستويات التي تختلط معاً وتكوّن المستوى المهجن مساوياً لمجموع أعداد أزواج الإلكترونات، كما في الجدول 4-6. بالإضافة إلى ذلك يكون عدد المستويات المهجنة الناتجة مساوياً عدد المستويات المتداخلة.

فعلى سبيل المثال، لـ  $AlCl_3$  ثلاثة أزواج من الإلكترونات، ويتوقع نموذج VSEPR أن يكون شكل الجزيء مثلثاً مستوياً. وينتج هذا الشكل عند تداخل المستوى الفرعي  $s$  مع مستويين فرعيين من  $p$  في الذرة المركزية  $Al$  وتكوين ثلاثة مستويات هجينة متشابهة من نوع  $sp^2$ . تحتل الأزواج غير المرتبطة مستويات مهجنة أيضاً. قارن بين المستويات المهجنة في  $H_2O$  و  $BeCl_2$  الموجودة في الجدول 4-6، حيث يحتوي كل من المركبين على ثلاث ذرات. فلماذا يحتوي جزيء  $H_2O$  على مستويات  $sp^3$ ؟ هناك زوجان غير مرتبطين 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. تحتل إلكترونات رابطة سيجما فقط مستويات مهجنة مثل  $sp$  و  $sp^2$ ، أما بقية مستويات  $p$  غير المهجنة فتكوّن روابط باي ( $\pi$ ). وإذا علمت أن الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية تحتوي على مستوى مهجن واحد. لذا فإن  $CO_2$  يحتوي على رابطتين ثنائيتين ويكون المستوى المهجن من نوع  $sp$ .

**ماذا قرأت؟** اذكر عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط في المستوى المهجن  $sp^3$ .

تمثل الكرات الذرات، وتمثل العصي الروابط، وأما الفلقات (الفصوص) فتتمثل أزواج الإلكترونات غير الرابطة.

يحتوي جزيء  $\text{BeCl}_2$  على زوجين فقط من الإلكترونات المرتبطة مع ذرة Be المركزية. لذا تكون إلكترونات الرابطة على أبعد مسافة ممكنة بينها، وزاوية الرابطة  $180^\circ$  وشكل الجزيء خطيًا

تكون أزواج الإلكترونات الثلاثة المكونة للروابط في المركب  $\text{AlCl}_3$  على أكبر مسافة بينها عندما تكون على شكل مثلث مستوي والزوايا بين الروابط  $120^\circ$ .

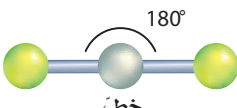
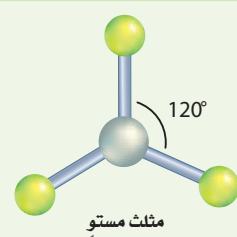
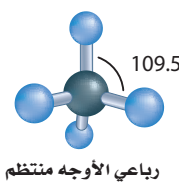
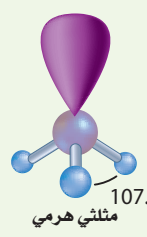
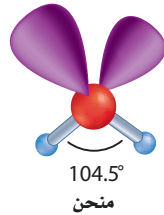
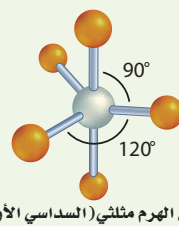
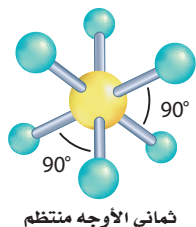
عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من الإلكترونات الترابط كما في الميثان  $\text{CH}_4$  يكون الشكل رباعي الأوجه منتظم والزوايا بين الروابط  $109.5^\circ$ .

لجزيء  $\text{PH}_3$  ثلاث روابط تساهمية أحادية وزوج غير مرتبط. يأخذ الزوج غير المرتبط حيزاً أكبر من الرابطة التساهمية. وتوجد قوة تنافر أقوى بين هذا الزوج والأزواج الرابطة مقارنة بالأزواج الرابطة بعضها ببعض. لذا يكون الشكل الناتج مثلثي هرمي والزوايا بين الروابط  $107.3^\circ$ .

للساء رابطتان تساهميتان وزوجان غير رابطين، ويصنع التنافر بين الأزواج غير الرابطة زاوية مقدارها  $104^\circ$ . مما يجعل شكل جزيء الماء منحنياً.

لجزيء  $\text{NbBr}_5$  خمسة أزواج من الإلكترونات الرابطة، لذا يقلل الشكل الثنائي الهرم الثلاثي من التنافر بين أزواج الإلكترونات المشتركة.

ليس لجزيء  $\text{SF}_6$  أزواج إلكترونات غير رابطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فله ستة أزواج رابطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكون شكلاً ثنائي الأوجه منتظم.

الأشكال الفراغية للجزيئات				الجدول 4-6	
أشكال الجزيئات	المستويات المهجنة	الأزواج غير الرابطة	الأزواج المشتركة	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الجزيء
	sp	0	2	2	$\text{BeCl}_2$
	$\text{sp}^2$	0	3	3	$\text{AlCl}_3$
	$\text{sp}^3$	0	4	4	$\text{CH}_4$
	$\text{sp}^3$	1	3	4	$\text{PH}_3$
	$\text{sp}^3$	2	2	4	$\text{H}_2\text{O}$
	$\text{sp}^3\text{d}$	0	5	5	$\text{NbBr}_5$
	$\text{sp}^3\text{d}^2$	0	6	6	$\text{SF}_6$



**ما شكل الجزيء؟** ثلاثي هيدريد الفوسفور غاز عديم اللون ينتج عن تعفن المواد العضوية، ومنها السمك. ما شكل جزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور؟ حدّد مقدار زاوية الرابطة والمستويات المهجنة فيه.

### 1 تحليل المسألة

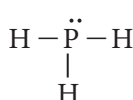
نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

### 2 حساب المطلوب

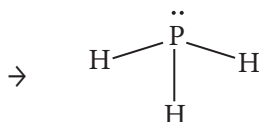
$$8 = \frac{1 \text{ إلكترون تكافؤ}}{1 \text{ Atom H}} \times 3 \text{ Atom H} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ Atom P}} \times 1 \text{ Atom P}$$

$$\frac{8 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}} = 4 \text{ أزواج}$$

حدد العدد الكلي للأزواج المرتبطة



تركيب لويس



الشكل الجزيئي

ارسم شكل لويس باستخدام زوج من الإلكترونات بين كل ذرة

هيدروجين وذرة فوسفور مركزية، وضع الزوج غير الرابط

على ذرة الفوسفور.

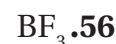
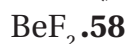
الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة  $107^\circ$ ، ونوع التهجين  $sp^3$  في المستويات المهجنة.

### 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 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

## التقويم 4-4

### الخلاصة

- 61. **الفكرة الرئيسية** لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.
  - 62. عرّف 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 مشترك وآخر يحتوي زوج إلكترونات غير رابط.
  - 65. حدّد نوع المستويات المهجنة وزوايا الروابط في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.
  - 66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكل من PF<sub>3</sub> و PF<sub>5</sub>. و اشرح الفرق بين شكليهما.
  - 67. نظم كلاً مما يأتي في جدول: تركيب لويس، شكل الجزيء وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl<sub>3</sub>، و CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>، و H<sub>2</sub>Se، و CH<sub>2</sub>O، و CS<sub>2</sub>.
- 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.

## الأهداف

- **تصف** كيف تستخدم الكهر وسالبة لتحديد نوع الرابطة.
- **تقارن** بين الروابط التساهمية القطبية وغير القطبية، والجزئيات القطبية وغير القطبية.
- **تعمم** خواص المركبات ذات الروابط التساهمية.

## مراجعة المفردات

**الكهروستاتيكية : المقدرة النسبية  
للذرة على جذب إلكترونات الرابطة  
الكيميائية.**

## المفردات الجديدة

الرابطه التساهمية غير القطبية  
الرابطه التساهمية القطبية

## الكهرومغناطيسية والكهروستاتيكية

# 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 الحبل. وكذلك تختلف قدرة الذرات على جذب الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

## الميل الإلكتروني، والكهرومائية، وخواص الروابط

## Electron Affinity, Electronegativity, and Bond Characters

يعتمد نوع الرابطة الكيميائية التي تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي على قدرة جذب الذرات للإلكترونات. والميل الإلكتروني هو مقياس 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 قيم الكهروسالبية الموجودة في الشكل 20-4، الكيميائيين على حساب الميل الإلكتروني لبعض الذرات في المركبات الكيميائية.

تذكر أن الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية للذرة لجذب إلكترونات الرابطة الكيميائية. ولاحظ أنه يتم تعيين قيم الكهروسالبية، في حين يتم قياس قيم الميل الإلكتروني علمياً في المختبر.

**الكهروسالبية** يوضح الجدول الدوري في الشكل 20-4 مقادير الكهروسالبية للعناصر. لاحظ أن للفلور أكبر قيمة كهروسالبية 3.98 في حين أن للفرانسيوم أقل قيمة 0.7. ولأن الغازات النبيلة لا تتفاعل في الغالب، ولا تكون المركبات، لذا لا يتضمن الجدول قيم الكهروسالبية للهيليوم والنيون والأرجون. ومع ذلك تتحد الغازات النبيلة الكبيرة - ومنها الزينون - مع الذرات التي لها قيم كهروسالبية عالية مثل الفلور.

قيم الكهرومغناطيسية لمجموعة من عناصر الجدول الدوري

1 H 2.20																	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																	13 Al 1.61	14 Si 1.90	15 P 2.19	16 S 2.58	17 Cl 3.16
11 Na 0.93	12 Mg 1.31	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83	27 Co 1.88	28 Ni 1.91	29 Cu 1.90	30 Zn 1.65	31 Ga 1.81	32 Ge 2.01	33 As 2.18	34 Se 2.55	35 Br 2.96						
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	45 Rh 2.28	46 Pd 2.20	47 Ag 1.93	48 Cd 1.69	49 In 1.78	50 Sn 1.96	51 Sb 2.05	52 Te 2.1	53 I 2.66						
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	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2						
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac 1.1																				

هفلز

شبه هفلز

لا هفلز

الشكل 20-4 تحسب قيم

الكهروسالبية بمقارنة قوة جذب  
الذرة للإلكترونات المشتركة إلى قوة  
جذب ذرة الفلور لهذه الإلكترونات.  
لاحظ أن مقادير الكهروسالبية  
لسلسلتي اللانثانيدات والأكتينيدات  
غير ظاهرة في الجدول لكنها  
تتراوح بين 1.2 و 1.7.

الجدول 4-7	فرق الكهروسالبية ونوع الرابطة
فرق الكهروسالبية	نوع الرابطة
$> 1.7$	أيونية غالبًا
$0.4 - 1.7$	تساهمية قطبية
$< 0.4$	تساهمية غالبًا
0	تساهمية غير قطبية

**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 للإلكترونات الرابطة.

وبين الجدول 4-7 إمكانية توقع نوع الرابطة باستعمال فرق الكهروسالبية بين العناصر المكونة للرابطة. ويكون فرق الكهروسالبية للإلكترونات 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 مقادير كهروسالبية مختلفة لذا لا يتوزع زوج إلكترونات الرابطة التساهمية بين ذرات العناصر المختلفة بالتساوي. وينتج عن عدم التساوي في التوزيع **رابطة تساهمية قطبية**. وعندما يكون هناك فرق كبير في الكهروسالبية بين الذرات المترابطة ينتقل الإلكترون من ذرة إلى أخرى، مما يؤدي إلى تكون رابطة أيونية.

أحيانًا تكون الرابطة غير واضحة ما إذا كانت أيونية أو تساهمية. فإذا كان الفرق في الكهروسالبية 1.7 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 4-21 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؟

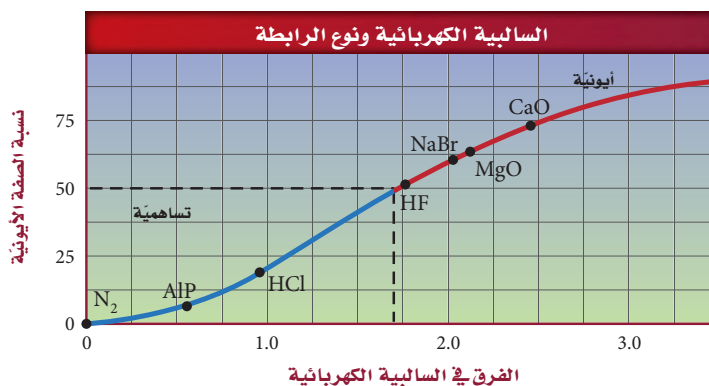
✓ **ماذا قرأت؟ حلل** ما نسبة الصفة الأيونية في رابطة تساهمية نقية؟

**الشكل 4-21** 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%.

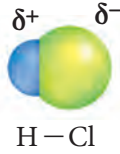
**اختبار الرسم البياني**

حدد نسبة الصفة الأيونية للرابطة في أكسيد الكالسيوم.



$$\begin{array}{r} \text{Cl} = 3.16 \\ \text{H} = 2.20 \\ \hline = 0.96 \end{array}$$

الكهروسالبية  
الكهروسالبية  
الفرق



**الشكل 22-4** قيمة الكهروسالبية للكلور أعلى منها للهيدروجين، ولذلك يقضي زوج الإلكترونات المشترك في جزيء HCl مع Cl فترة من الوقت أكبر منها مع H. وتستخدم الرموز لإبراز الشحنة الجزئية عند كل طرف (ذرة) من الجزيء لبيان عدم تساوي المشاركة في زوج من الإلكترونات.

## الروابط التساهمية القطبية Polar Covalent Bonds

تتكون الروابط التساهمية القطبية نتيجة عدم جذب الذرات للإلكترونات الرابطة المشتركة بالقوة نفسها. وتُشبه الرابطة التساهمية القطبية رياضة شد الحبل بين فريقين غير متساويي القوى، فعلى الرغم من إمساك كلٍّ منهما بالحبل إلا أن الفريق الأقوى يسحب الحبل إلى جهته. وعندما تتكون الرابطة القطبية تُسحب أزواج الإلكترونات المشتركة في اتجاه إحدى الذرات، لذا تمضي الإلكترونات وقتًا أطول حول هذه الذرة، وينتج عن ذلك شحنة جزئية عند نهايتي الرابطة.

ويستخدم الحرف الإغريقي  $\delta$  ليمثل الشحنة الجزئية في الرابطة التساهمية القطبية. وتمثل  $\delta^-$  شحنة جزئية سالبة، في حين تمثل  $\delta^+$  شحنة جزئية موجبة. وتضاف  $\delta^-$  و  $\delta^+$  إلى الشكل الجزيئي لتوضيح قطبية الرابطة التساهمية، كما في الشكل 22-4. 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 بشئتي 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. وينتج 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  $\text{H}_2\text{O}$  وجزيء رباعي كلوريد الكربون  $\text{CCl}_4$ ؛ حيث لكلا الجزيئين روابط تساهمية قطبية. وتبعًا لمعلومات الشكل 20-4. فإن الفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الهيدروجين والأكسجين يساوي 1.24، والفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الكلور والكربون يساوي 0.61. وعلى الرغم من وجود اختلاف في فرق الكهروسالبية إلا أن رابطة H-O وروابط C-Cl جميعها روابط تساهمية قطبية.



واعتمادًا على الصيغ الجزيئية نجد أن لكلا الجزيئين أكثر من رابطة تساهمية قطبية، ولكن جزيء الماء فقط قطبي.

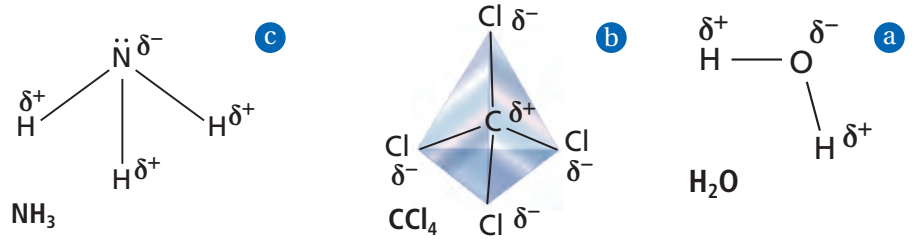
✓ **ماذا قرأت؟ طبق** لماذا ينحني مجرى الماء البطيء من الصنبور عندما يقترب منه بالون مشحون بالكهرباء الساكنة؟

### مهن في الكيمياء

**كيمياء التغذية** يجب على كيميائي التغذية معرفة كيف تتفاعل المواد وتتغير تحت الظروف المتنوعة. يعمل معظم كيميائي التغذية لدى الشركات الصانعة لنكهات الطعام والشراب. ويتم تدريبهم مدة خمس سنوات في مختبرات التغذية، وعليهم اجتياز اختبار شفوي، ثم العمل تحت إشراف خبير آخر مدة سنتين.



الشكل 4-23 يحدد شكل  
الجزيء قطبيته.



ينتج عن شكل جزيء الأمونيا غير المتماثل  
عدم التساوي في توزيع الشحنة لذا يكون  
الجزيء قطبيًا.

ينتج عن تماثل جزيء  $\text{CCl}_4$  تساوي  
في توزيع الشحنة، لذا يكون الجزيء  
غير قطبي.

يجعل الشكل المنحني جزيء  
الماء قطبيًا.

يكون شكل جزيء  $\text{H}_2\text{O}$ ، كما هو محدد من خلال نموذج VSEPR منحنيًا بسبب وجود زوجين من الإلكترونات غير المرتبطة على ذرة الأكسجين المركزية كما يبين الشكل 4-23a. ولجزيء الماء طرفان دائمان، أحدهما موجب، والآخر سالب؛ لأن روابطه القطبية غير متماثلة، لذا فهو مركب قطبي. أما جزيء  $\text{CCl}_4$  فهو رباعي الأوجه، أي متماثل، كما يظهر في الشكل 4-23b، لذا يكون مقدار الشحنة من أي مسافة عن المركز مساويًا 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 الجزيئية متساوية لذا يكون جزيء  $\text{CCl}_4$  غير قطبي. وعادة ما تكون الجزيئات المتماثلة غير قطبية. أما الجزيئات غير المتماثلة فتكون قطبية إذا كانت الروابط قطبية. هل جزيء الأمونيا في الشكل 4-23c قطبي؟ لهذا الجزيء ذرة نيتروجين مركزية وثلاث ذرات هيدروجين جانبية، وله شكل مثلثي هرمي بسبب أزواج الإلكترونات غير المرتبطة التي توجد على ذرة النيتروجين. وباستخدام الشكل 4-20 نجد أن الفرق في الكهروسالبية بين الهيدروجين والنيتروجين يساوي 0.84، مما يجعل روابط N-H تساهمية قطبية. إن توزيع الشحنة غير متساو؛ لأن الجزيء غير متماثل، لذا يكون الجزيء قطبيًا.

**قابلية ذوبان الجزيئات القطبية** تبين هذه الخاصية الفيزيائية قدرة مادة ما على الذوبان في مادة أخرى. ويحدد نوع الرابطة وشكل الجزيء مدى قابليته للذوبان. وعادة ما تكون الجزيئات القطبية والمركبات الأيونية قابلة للذوبان في المواد القطبية، أما الجزيئات غير القطبية فتذوب فقط في مواد غير قطبية، كما في الشكل 4-24.

الشكل 4-24 الجزيئات التساهمية المتماثلة

-ومنها الزيت ومعظم المنتجات النفطية-  
مركبات غير قطبية. وتكون الجزيئات غير  
المتماثلة- ومنها الماء- قطبية. ولا تختلط المواد  
القطبية بغير القطبية.

**استنتج** 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، لهما المظهر نفسه، ولكنهما يختلفان في خواصهما عند التسخين. فالمالح 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 فاندرفال Van der Waals. وتختلف هذه القوى في قوتها، ولكنها أضعف من قوى الربط 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 تسمى 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 أقواها. وتتكون بين ذرة هيدروجين تقع في نهاية أحد الأقطاب وذرة نيتروجين أو أكسجين أو فلور على القطب الآخر.

## مختبر حل المشكلات

### تفسير النتائج

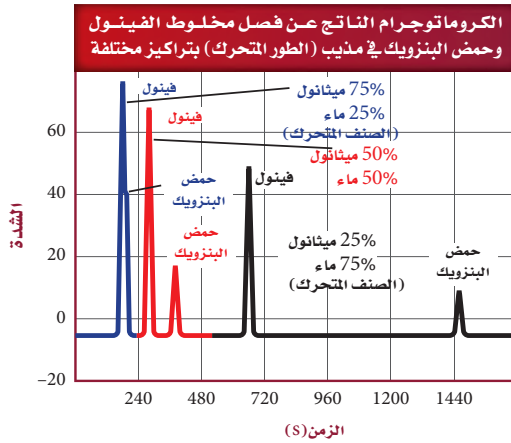
كيف تؤثر قطبية الطور المتحرك في نتائج تحليل بيانات الكروماتوجرام؟

كروماتوجرافيا السائل العالية الكفاءة HPLC تقنية تستخدم لفصل ونقل مكونات مخلوط ما؛ حيث يذاب المخلوط في مذيب ما (الطور المتحرك)، ويمرر عبر أنبوب مبطن بمادة صلبة (الطور الثابت) التي يجذب إليها بعض مكونات المخلوط أكثر من المكونات الأخرى، وبذلك تمر المكونات الأخرى التي لم تنجذب في الأنبوب وتظل ذائبة في الطور المتحرك، لتخرج أولاً. ويقاس مجس ذلك، بحيث تخرج النتائج على شكل مخطط (كروماتوجرام)، فتشير ارتفاعات قمم المخطط إلى كميات مكونات المخلوط المراد تحليله وفصله. يستخدم العلماء مخلوط الميثانول مع الماء بوصفه مذيب فصل لمخلوط الفينول - حمض البنزويك.

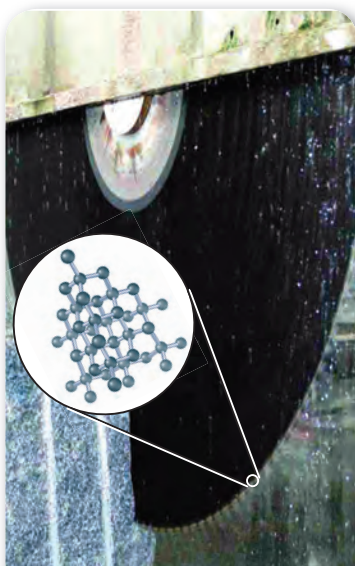
### التفكير الناقد

1. **فسر** اختلاف أزمنة البقاء في المحلول المبينة على الكروماتوجرام.

### البيانات والملاحظات



2. **استنتج** اعتماداً على الرسم البياني، ما المادة التي كميتها كبيرة: الفينول أم حمض البنزويك؟ فسر إجابتك.
3. **استنتج** أي المواد في المخلوط لها جزيئات ذات قطبية أعلى؟
4. **حدد** تركيب مذيب الطور المتحرك الأكثر كفاءة لفصل الفينول عن حمض البنزويك؟ فسر إجابتك.



**الشكل 25-4** عادة ما تستخدم المواد الصلبة الشبكية أدوات للقطع بسبب صلابتها الشديدة. وتبين الصورة شفرة منشار مغلفة بالأماس لقطع الحجر.

**القوى والخواص** تُعزى خواص المركبات الجزيئية التساهمية إلى القوى التي تربط الجزيئات معاً. ولأن هذه القوى ضعيفة لذا تكون درجات انصهار هذه المواد وجليانها منخفضة مقارنة بالمواد الأيونية. وهذا يفسر سبب انصهار السكر بالتسخين المعتدل في حين لا ينصهر الملح. كما تفسر القوى بين الجزيئات وجود الكثير من المواد الجزيئية في الحالة الغازية، عند درجة حرارة الغرفة. ومن أمثلة الغازات التساهمية الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. ولأن صلابة المواد تعتمد على القوى بين الجزيئات، لذا يكون الكثير من المركبات التساهمية ليناً في حالة الصلابة. والبرافين المستعمل في الشمع ومنتجات أخرى مثال 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.

## 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 والكوارتز. تكون المواد الصلبة التساهمية الشبكية هشة وغير موصلة للحرارة والكهرباء وشديدة الصلابة، مقارنة بالمواد الصلبة الجزيئية. ويشرح تحليل بناء الألماس بعض هذه الخواص. ففي الألماس، ترتبط كل ذرة كربون بأربع ذرات كربون أخرى. وهذا الترتيب الرباعي الأوجه المنتظم في الشكل 25-4 يشكل نظاماً بلورياً شديداً الترابط له درجة انصهار عالية جداً.

## التقويم 4-5

### الخلاصة

- 68. **الفترة الرئيسية** لخص كيف يؤثر الفرق في الكهروسالبية في خواص الرابطة؟
- 69. صف الرابطة التساهمية القطبية.
- 70. صف الجزيء القطبي.
- 71. عدد ثلاثاً من خواص المركبات التساهمية في الحالة الصلبة.
- 72. صنف أنواع الروابط مستخدماً الفرق في الكهروسالبية.
- 73. عَمِّم الخواص العامة الرئيسة للمواد الصلبة التساهمية الشبكية.
- 74. توقع نوع الرابطة التي ستتكون بين أزواج الذرات الآتية:
  - a. H و S
  - b. H و C
  - c. Na و S
- 75. تعرف أي مما يأتي يُعد جزيئاً قطبياً؟ وأيها يُعد غير قطبي:  $CS_2$ ، و  $CF_4$ ، و  $SCl_2$ .
- 76. حدد ما إذا كان المركب المكون من الهيدروجين والكبريت قطبياً أو غير قطبي.
- 77. ارسم تركيب لويس لكل من  $SF_4$  و  $SF_6$ . وحلل كل شكل، وحدد ما إذا كان الجزيء قطبياً أو غير قطبي.



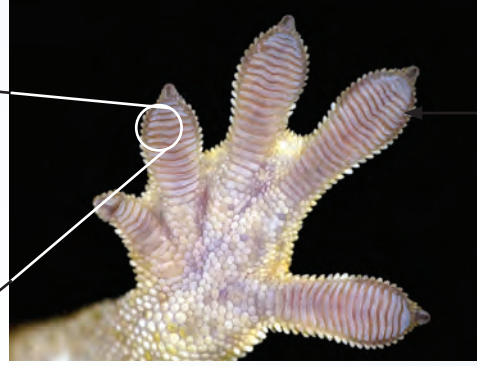
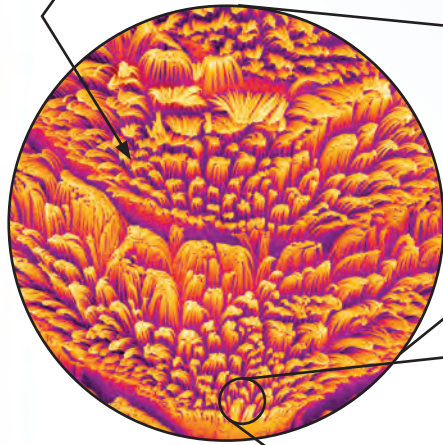
# كيف تعمل الأشياء؟

## الأقدام اللاصقة : كيف تلتصق السحلية؟

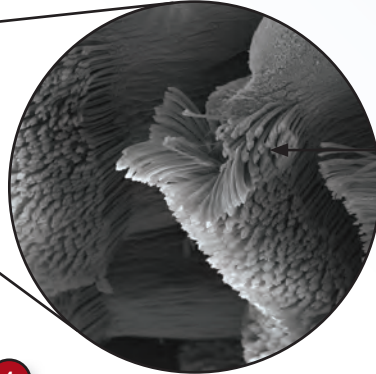
إن التصاق الوزغ على الحائط أو السقف ليس بالأمر الصعب، ويكمن سر قوة الالتصاق الباهرة في أصابعها. فقد وجد الباحثون أن قوة الالتصاق تعتمد على قوى تماسك الذرات.



**2** أشواك قاسية بطانة أقدام السحلية عبارة عن بناء هيكلي معقد، له تفرعات مجهرية دقيقة تعرف بالشعيرات الدقيقة.

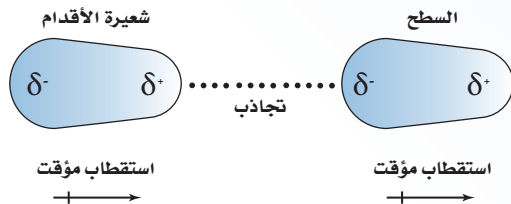


**1** إصبع السحلية يغطي أسفل أصابع السحلية ملايين الأطراف تعرف بالشعيرات الدقيقة وتكون مرتبة في صفوف.



**3** مساحة السطح تشكل الشعيرات الدقيقة الكثيرة العدد مساحة سطح واسعة.

**4** التلاصق تتكون قوى فان ديرفال بين المسطحات وشعيرات الأقدام الدقيقة. ولكون هذه القوى كثيرة جداً، تتغلب محصلة قوى فان ديرفال على قوة الجاذبية الأرضية وتبقى السحلية في مكانها.



## الكتابة في الكيمياء

اخترع يقوم العلماء بتطوير تطبيقات لمواد لاصقة تستند إلى معلوماتهم عن قوى التلاصق التي تستعملها السحالي. ومن التطبيقات المحتملة تصميم روبوت قادر على تسلق الجدران، وأشرطة لاصقة تعمل تحت الماء. هل تتوقع أن تكون استخدامات المواد اللاصقة الجديدة كذلك التي لدى السحلية؟



**5** الانتقال والحركة يحدثان عند قيام السحلية بثنى أصابع رجليها مما يقلل من مساحة الجزء اللاصق بالسفوح فتقل قوى فان ديرفال، وتقل قوة التماسك، فتنتقل من مكانها.



# مختبر الكيمياء

## نمذجة الأشكال الجزيئية

**الخلفية:** تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات بالإلكترونات التكافؤ. ويُحدّد موضع الذرات المرتبطة شكل الجزيء حسب نموذج تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR. كما تعتمد طريقة تحديد شكل الجزيء وتصوره على نموذج لويس للجزيئات.

**سؤال:** كيف يؤثر نموذج لويس وأماكن إلكترونات التكافؤ في شكل المركب التساهمي؟

### المواد اللازمة

مجموعة نماذج الجزيئات (الكرات والوصلات).

**احتياطات السلامة** 

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. كوّن جدولاً لتدوين البيانات.

3. لاحظ ودوّن لون الكرات المستخدمة لتمثيل ذرات: الهيدروجين H، الأكسجين O، الفوسفور P، الكربون C، الفلور F، الكبريت S، النيتروجين N.

4. ارسم تراكيب لويس لجزيئات  $H_2$ ،  $O_2$ ،  $N_2$ .

5. احصل على ذرتين (كرتين) من الهيدروجين وثبتهما بواسطة وصلة للحصول على نموذج جزيء  $H_2$ . لاحظ أن النموذج يمثل جزيء هيدروجين ثنائي الذرة ذا رابطة أحادية.

6. استعمل وصلتين لربط ذرتي جزيء  $O_2$ . لاحظ أن النموذج يمثل جزيء أكسجين ثنائي الذرات برابطة ثنائية.

7. استعمل ثلاث وصلات لربط ذرتي  $N_2$  معاً. لاحظ أن النموذج يمثل جزيء النيتروجين الثنائي الذرات برابطة ثلاثية.

8. لاحظ أن الجزيئات الثنائية الذرات، كالتي صنعت في هذا النشاط، تكون دائماً خطية. تتكون الجزيئات الثنائية الذرة من ذرتين فقط، ويمكن وصلتهما بخط مستقيم.

9. ارسم تركيب لويس لجزيء الماء، وابنِ نموذجاً مماثلاً له باستعمال الوصلات والكرات.

10. صنف شكل جزيء  $H_2O$  مستعيناً بالمعلومات الواردة في الجدول 4-6.

11. كرّر الخطوات 9 - 10 مع الجزيئات:

$CO$ ،  $HCN$ ،  $SO_3$ ،  $CO_2$ ،  $CF_4$ ، و  $PH_3$ .



### حلّ واستنتج

1. التفكير الناقد بناءً على النماذج الجزيئية التي شاهدتها في المختبر وبنيتها، رتب الروابط الأحادية، والثنائية والثلاثية، حسب ليونتها وقوتها.

2. شاهد واستنتج اشرح سبب الاختلاف بين شكل جزيء الماء  $H_2O$  وشكل جزيء ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ .

3. حلّ واستنتج 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 جزيء.

### 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.

**الفكرة العامة** تتكون الروابط التساهمية عندما تشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

### 4-1 الرابطة التساهمية

#### الفكرة الرئيسية

تستقر ذرات بعض العناصر عندما تشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

#### المفردات

- الرابطة التساهمية
- الجزيء
- تركيب لويس
- رابطة سيجما  $\sigma$
- رابطة باي  $\pi$
- تفاعل ماص للطاقة
- تفاعل طارد للطاقة

#### المفاهيم الرئيسية

- تتكون الروابط التساهمية عندما تشارك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- ينتج عن المشاركة بزوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات روابط تساهمية أحادية أو ثنائية، أو ثلاثية على الترتيب.
- تتكوّن روابط سيجما نتيجة التداخل الرأسي للمستويات. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما ورابطة باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بالمسافة بين نواتي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

### 4-2 تسمية الجزيئات

#### الفكرة الرئيسية

تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.

#### المفردات

الحمض الأكسجيني

#### المفاهيم الرئيسية

- 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.

### 4-3 التراكيب الجزيئية

#### الفكرة الرئيسية

تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معاً داخل الجزيء.

#### المفردات

الصيغة البنائية

الرنين

الروابط التساهمية التناسقية

#### المفاهيم الرئيسية

- 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.

## 4-4 أشكال الجزيئات

## الفكرة الرئيسية

يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

## المفردات

نموذج VSEPR  
التهجين

## المفاهيم الرئيسية

- 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.

## 4-5 الكهروسالبية والقطبية

## الفكرة الرئيسية

يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.

## المفردات

الرابطة التساهمية غير القطبية  
الرابطة التساهمية القطبية

## المفاهيم الرئيسية

- يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.
- تتكون الروابط القطبية عندما لا تكون الإلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.
- يحدد نموذج VSEPR قطبية الجزيء.
- تجذب الجزيئات بعضها بعضاً بقوة ضعيفة. أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرات أخرى بروابط تساهمية..

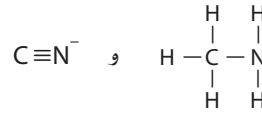
## 4-1

## إتقان المفاهيم

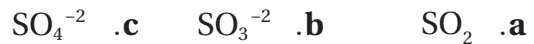
78. ما القاعدة الثمانية؟ وكيف يمكن استخدامها في الروابط التساهمية؟
79. صف تكوين الرابطة التساهمية.
80. صف تكوين الترابط في الجزيئات.
81. صف قوى التجاذب والتنافر الناتجة عن اقتراب ذرتين إحداهما من الأخرى.
82. كيف يمكنك توقع وجود روابط  $\sigma$  أو باي  $\pi$  في الجزيء؟

## إتقان حل المسائل

83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل من N، As، و Br، و Se؟ وقع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كل عنصر ليحقق قاعدة الثمانية.
84. حدد روابط  $\sigma$  و باي  $\pi$  في كل من الجزيئات الآتية:
- a.  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$  b.  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
85. أي الجزيئات الآتية، CO،  $\text{CH}_2\text{O}$ ، و  $\text{CO}_2$  تكون فيها رابطة C-O أقصر، وأيها تكون فيها أقوى؟
86. أي رابطة من الروابط بين الكربون والنيتروجين في الجزيئات الآتية أقصر، وأيها أقوى؟



87. رتب الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعدياً؟



## 4-2

## إتقان المفاهيم

88. اشرح تسمية المركبات الجزيئية؟
89. متى يُسمى المركب الجزيئي حمضاً؟
90. اشرح الفرق بين سداسي فلوريد الكبريت ورباعي فلوريد ثنائي الكبريت.

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 4-8 الآتي:

الجدول 4-8 أسماء الأحماض	
الصيغة	الاسم
$\text{HClO}_2$	
$\text{H}_3\text{PO}_4$	
$\text{H}_2\text{Se}$	
$\text{HClO}_3$	

93. سمّ الجزيئات الآتية:



94. سمّ الجزيئات الآتية:



95. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

- a. ثنائي فلوريد الكبريت c. رباعي فلوريد الكربون  
b. رباعي كلوريد السليكون d. حمض الكبريتوز

96. اكتب الصيغ الجزيئية للمركبات الآتية:

- a. ثنائي أكسيد السليكون  
b. حمض البروموز  
c. ثلاثي فلوريد الكلور  
d. حمض الهيدروبروميك

## 4-3

## إتقان المفاهيم

97. ما الواجب معرفته لتتمكن من رسم تراكيب لويس لجزيء ما؟
98. عامل التنشيط يدرس علماء المواد خواص البوليمرات عندما يتم معالجتها بإداة  $\text{AsF}_5$ . اشرح لماذا يخالف المركب  $\text{AsF}_5$  قاعدة الثمانية؟
99. العامل المختزل يستخدم ثلاثي هيدريد البورون  $\text{BH}_3$  عاملاً مختزلاً في الكيمياء العضوية. فسر لماذا يكون  $\text{BH}_3$  روابط تساهمية تناسقية مع جزيئات أخرى؟



## إتقان حل المسائل

110. أكمل الجدول 4-9 من خلال تعريف التهجين المتوقع للذرة المركزية. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).

الجدول 4-9		
الصيغة الجزيئية	نوع التهجين	تراكيب لويس
XeF <sub>4</sub>		
TeF <sub>4</sub>		
KrF <sub>2</sub>		
OF <sub>2</sub>		

111. توقع الشكل الجزيئي لكل من المركبين الآتين:



112. توقع الشكل الجزيئي وزاوية الرابطة ونوع التهجين لكل مما يأتي. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).



## 4-5

## 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 يلي بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب فيها:



118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كل رابطة مما يأتي:



100. يمكن أن يُكوّن عنصر الأنتيمون والكلور مركب ثلاثي كلوريد الأنتيمون وخماسي كلوريد الأنتيمون، اشرح كيف يمكن هذين العنصرين أن يكونا مركبات مختلفة؟

## إتقان حل المسائل

101. ارسم ثلاثة أشكال رنين للأيون المتعدد الذرات CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

102. ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية التي يحتوي كل منها على ذرة مركزية، ولا تتبع قاعدة الثمانية:



103. ارسم شكلي رنين الأيون المتعدد الذرات HCO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

104. ارسم تراكيب لويس لكل من المركبات والأيونات الآتية:



105. أي العناصر الآتية يكون جزيئاً مستقرّاً تزيد عدد إلكتروناته الخارجية على ثمانية إلكترونات؟ اشرح إجابتك.



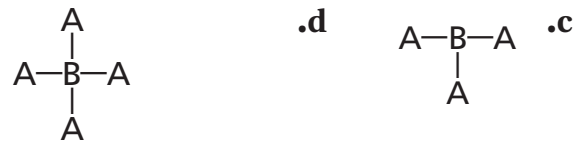
## 4-4

## 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؟ وقدّر زاوية الرابطة لكل جزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.



109. المركب الأصل يستخدم PCl<sub>5</sub> بوصفه مركب أصل في تكوين مركبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية التهجين، وحدّد عدد مستويات التهجين الموجودة في جزيء PCl<sub>5</sub>.

129. وقود الصواريخ استخدم الهيدرازين وثلاثي فلوريد الكلور  $\text{ClF}_3$  في عام 1950م وقوداً للصواريخ. ارسم شكل لويس لـ  $\text{ClF}_3$ ، وبين نوع التهجين فيه.
130. أكمل الجدول 4-10 موضحاً عدد الإلكترونات المشتركة في الروابط التساهمية الأحادية، والثنائية، والثلاثية، وحدد مجموعة الذرات التي تكون كلاً من الروابط الآتية:

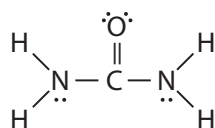
الجدول 4-10 الأزواج المشتركة		
نوع الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	الذرات التي تكون الرابطة
التساهمية الأحادية		
التساهمية الثنائية		
التساهمية الثلاثية		

### التفكير الناقد

131. نظم خريطة مفاهيم تربط بين نموذج VSEPR، ونظرية التهجين، وأشكال الجزيئات.
132. قارن بين المركبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخ III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخ.
133. أكمل الجدول 4-11.

الجدول 4-11 الخصائص والترابط			
الصلب	وصف الرابطة	خواص الصلب	مثال
أيوني			
جزيئي تساهمي			
فلزي			
تساهمي شبكي			

134. طبق اليوريا مركب يستخدم في تصنيع البلاستيك والأسمدة. بين روابط  $\sigma$  و  $\pi$  وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركب المين أدناه.



119. توقع أي الروابط الآتية أكثر قطبية

a. C-O      c. C-Cl  
b. Si-O      d. C-Br

120. رتب الروابط الآتية تصاعدياً حسب زيادة القطبية:

a. C-H      b. N-H      c. Si-H  
d. O-H      e. Cl-H

121. المبردات: تعرف المبردات المعروفة باسم فريون 14- بتأثيرها السلبي في طبقة الأوزون. وصيغة هذا المركب هي  $\text{CF}_4$ ، فلماذا يُعد  $\text{CF}_4$  جزيئاً غير قطبي مع أنه يحتوي على روابط قطبية؟

122. بين ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسر إجابتك

a.  $\text{H}_3\text{O}^+$       c.  $\text{H}_2\text{S}$   
b.  $\text{PCl}_5$       d.  $\text{CF}_4$

123. استخدم تراكيب لويس لتنبأ 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 الزرنيخ  
c. خماسي كلوريد الفوسفور      d. حمض كبريتيد الهيدروجين

125. سم الجزيئات الآتية:

a.  $\text{PCl}_3$       c.  $\text{P}_4\text{O}_6$   
b.  $\text{Cl}_2\text{O}_7$       d. NO

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:

a.  $\text{SeF}_2$       c.  $\text{PO}_3^{3-}$       e.  $\text{GeF}_4$   
b.  $\text{ClO}_2^-$       d.  $\text{POCl}_3$

127. حدد أي الجزيئات الآتية قطبي، وفسر إجابتك.

a.  $\text{CH}_3\text{Cl}$       b.  $\text{ClF}$       c.  $\text{NCl}_3$   
d.  $\text{BF}_3$       e.  $\text{CS}_2$

128. رتب الروابط الآتية تصاعدياً حسب القطبية:

a. C-O      b. Si-O      c. Ge-O  
d. C-Cl      e. C-Br

## تقويم إضافي

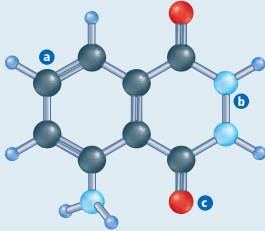
## الكتابة في الكيمياء

140. مضاد التجمد Antifreeze ابحث عن المركب إيثلين جلايكول ethylene glycol لتعرف صيغته الكيميائية، وشرح كيف يساعد تركيب هذا المركب على استخدامه مبرداً.

141. المنظفات اكتب مقالة حول منظف غسل الملابس موضحاً تركيبه الكيميائي، وشرح 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 والهيموجلوبين في الدم. والشكل 4-26 يوضح نموذج الكرة والعصا لهذا المركب.

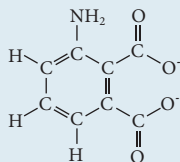


الشكل 4-26

142. حدد الصيغة الجزيئية لمركب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

143. بين تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a، وb، وc في الشكل 4-25.

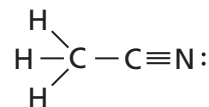
144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين ينتج عن التفاعل مركب  $\text{Na}_2\text{APA}$  وماء ونيروجين وطاقة ضوئية، والشكل 4-27 يبين الصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية لأيون APA العديد الذرات.

أيون APA  
الشكل 4-27

135. حلّل حدد قطبية كل جزيء يتصف بالخواص الآتية:

- a. صلب في درجة حرارة الغرفة.
- b. غاز في درجة حرارة الغرفة.
- c. ينجذب إلى التيار الكهربائي.

136. طبق الصيغة البنائية لمركب أسيتونيتريل  $\text{CH}_3\text{CN}$



تفحص هذه الصيغة، وحدد عدد ذرات الكربون، ونوع التهجين في كل ذرة من ذرات الكربون، وفسر إجابتك.

## مسألة تحفيز

137. تفحص طاقات تفكك الروابط المبينة في الجدول 4-12.

الجدول 4-12 طاقات تفكك الروابط			
الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)	الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)
C-C	348	O-H	467
C=C	614	C-N	305
C $\equiv$ C	839	O=O	498
N-N	163	C-H	416
N = N	418	C-O	358
N $\equiv$ N	945	C=O	745

- a. ارسم تركيب لويس الصحيح لكل من  $\text{C}_2\text{H}_2$  و  $\text{HCOOH}$ .
- b. ما قيمة الطاقة التي نحتاج إليها لتفكيك هذه الجزيئات؟

## مراجعة تراكمية

138. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة لكل مركب مما يلي:

- 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 يلي:

- a.  $\text{NaI}$
- b.  $\text{Fe(NO}_3)_3$
- c.  $\text{Sr(OH)}_2$
- d.  $\text{CoCl}_2$
- e.  $\text{Mg(BrO}_3)_2$

## أسئلة الاختيار من متعدد

1. الاسم الشائع للمركب  $\text{SiI}_4$  هو رباعي أيودو

سيلان. ما الاسم العلمي له؟

a. رباعي يوديد السيلان.

b. رباعي يود السيلان.

c. يوديد السليكون.

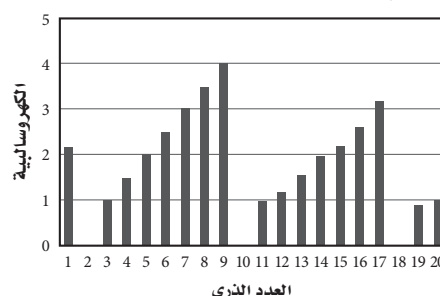
d. رباعي يوديد السليكون.

2. أي المركبات الآتية يحتوي على رابطة باي واحدة على الأقل؟

a.  $\text{CO}_2$  .c.  $\text{AsI}_3$

b.  $\text{CHCl}_3$  .d.  $\text{BeF}_2$

استخدم الرسم البياني في الإجابة عن السؤالين 3 و 4



3. ما كهروسالبية العنصر الذي عدده الذري 14؟

a. 1.5 .b. 1.9 .c. 2.0 .d. 2.2

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.  $\text{S}::\text{Si}::\text{S}:$

b.  $\cdot\ddot{\text{S}}::\text{Si}::\ddot{\text{S}}\cdot$

c.  $\cdot\ddot{\text{S}}:\text{Si}:\ddot{\text{S}}\cdot$

d.  $\cdot\ddot{\text{S}}:\ddot{\text{S}}:\ddot{\text{S}}\cdot$

6. تُكوّن ذرة السيلينيوم المركزية في سداسي فلوريد

السيلينيوم القاعدة الثمانية. ما عدد أزواج الإلكترونات

التي تحيط بذرة Se المركزية؟

a. 4 .b. 5 .c. 6 .d. 7

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و 8.

طاقة تفكيك الروابط عند 298k			
kJ/mol	الرابطة	kJ/mol	الرابطة
945	$\text{N} \equiv \text{N}$	242	$\text{Cl}-\text{Cl}$
467	$\text{O}-\text{H}$	345	$\text{C}-\text{C}$
358	$\text{C}-\text{O}$	416	$\text{C}-\text{H}$
745	$\text{C}=\text{O}$	305	$\text{C}-\text{N}$
498	$\text{O}=\text{O}$	299	$\text{H}-\text{I}$
		391	$\text{H}-\text{N}$

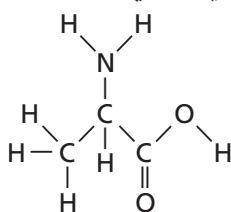
7. أي الغازات الثنائية الذرات فيما يأتي له أقصر رابطة

بين ذرتيه؟

a.  $\text{HI}$  .b.  $\text{O}_2$  .c.  $\text{Cl}_2$  .d.  $\text{N}_2$

8. ما مقدار الطاقة الضرورية لتفكيك الروابط جميعها

المبينة في الجزيء الآتي:



a. 3024 kJ/mol .c. 4621 kJ/mol

b. 4318 kJ/mol .d. 5011 kJ/mol

9. أي المركبات الآتية ليس له شكل الجزيء المنحني؟

a.  $\text{BeH}_2$  .b.  $\text{H}_2\text{S}$  .c.  $\text{H}_2\text{O}$  .d.  $\text{SeH}_2$

10. أي مما يأتي غير قطبي؟

a.  $\text{H}_2\text{S}$  .b.  $\text{CCl}_4$  .c.  $\text{SiH}_3\text{Cl}$  .d.  $\text{AsH}_3$



# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)								
المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
	Li·	Be·	·B·	·C·	·N·	·O·	·F·	·Ne·

14. اعتماداً على تراكيب لويس المبينة أعلاه، أي الأزواج الآتية ترتبط بنسبة 2 : 3 ؟
- a. ليشيوم 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 ؟
- a. 0 d. 6  
b. 2 e. 8  
c. 4

16. تحتوي الأحماض الأكسجينية على عنصر الهيدروجين وأنيون الأكسجين، ويوجد منها نوعان يحتويان على الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين. حدد هذين الحمضين، وكيف يمكن تعرفهما اعتماداً على أسمائهما وصيغتهما ؟

## أسئلة الإجابات المفتوحة

- ينتج 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 عما يلي:
17. ارسم شكل لويس لهذا الجزيء.
18. هل الجزيء قطبي أم لا؟ فسر إجابتك.
19. وضح نوع المستوى الهجين في هذا الجزيء.
20. فسر لماذا تكون الزوايا بين الروابط في هذا الجزيء أقل من  $109.5^\circ$  درجة ؟

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 11 - 13.

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات المختارة			
المركب	نوع الرابطة	درجة حرارة الانصهار $^\circ\text{C}$	درجة حرارة الغليان $^\circ\text{C}$
$\text{F}_2$	تساهمية غير قطبية	-220	-188
$\text{CH}_4$	تساهمية غير قطبية	-183	-162
$\text{NH}_3$	تساهمية قطبية	-78	33
$\text{CH}_3\text{Cl}$	تساهمية قطبية	-64	61
KBr	أيونية	730	1435
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	أيونية	؟	4000

11. تم اكتشاف مركب درجة انصهاره  $100^\circ\text{C}$  - . فأني 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  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ؟
- a.  $2375^\circ\text{C}$   
b.  $950^\circ\text{C}$   
c.  $148^\circ\text{C}$   
d.  $3342^\circ\text{C}$

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.

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

### 5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

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

### 5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

**الفكرة الرئيسية** تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

### 5-3 المادة المحددة للتفاعل

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

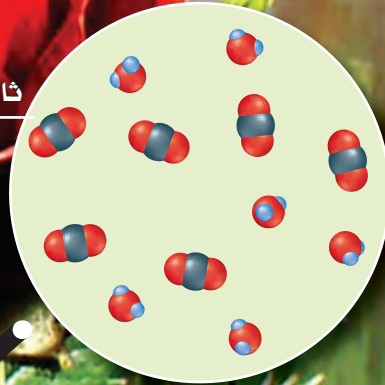
### 5-4 نسبة المردود المثوية

**الفكرة الرئيسية** نسبة المردود المثوية قياسٌ لفاعلية التفاعل الكيميائي.

## حقائق كيميائية

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

ثاني أكسيد الكربون والماء



بلاستيدة خضراء



## نشاطات تمهيدية

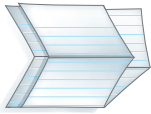
### المطويات

منظمات الأفكار

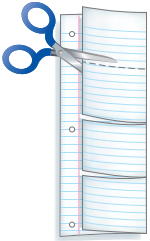
خطوات الحسابات  
الكيميائية اعمل  
المطوية الآتية؛ لتساعدك  
على تلخيص خطوات  
حل مسائل الحسابات  
الكيميائية.



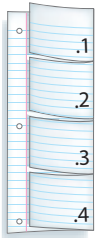
**خطوة 1** اثنِ الورقة طولياً من  
النصف.



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



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



**خطوة 4** سمّ القطع  
بأسماء خطوات الحسابات  
الكيميائية.

استخدم هذه المطوية في القسم 3-5،  
وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط  
مثالاً على كل منها.

المطويات

## تجربة استهلاكية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي؟

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

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. ضع 5 mL من محلول برمنجنات البوتاسيوم  $\text{KMnO}_4$  الذي  
تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 mL، باستخدام مخبر  
مدرج سعته (10 mL).

3. أضف باستخدام المخبر المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5 mL  
من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني  $\text{NaHSO}_3$  الذي  
تركيزه 0.01M ببطء إلى المحلول السابق مع الاستمرار في  
عملية التحريك، ثم سجل ملاحظاتك.

4. كرر الخطوة 3 وتوقف عن إضافة محلول كبريتيت الصوديوم  
الهيدروجيني عندما يختفي لون محلول برمنجنات البوتاسيوم،  
ثم سجل ملاحظاتك.

### تحليل النتائج

1. حدد الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.

2. وضح لماذا تُعد إضافة محلول  $\text{NaHSO}_3$  ببطء مع التحريك  
أسلوباً تجريبياً أفضل من إضافته مرة واحدة؟

**استقصاء** هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعننا إضافة  
محلول  $\text{NaHSO}_3$  إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى  
الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)



## الأهداف

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

## مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

## المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية  
النسبة المولية

## المقصود بالحسابات الكيميائية

## Defining Stoichiometry

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

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

## علاقة المول بالجسيمات Particle and Mole Relationships

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

**الحسابات الكيميائية** تُسمى دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي **الحسابات الكيميائية**. وتعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي إلا بقدره الله تعالى. وتساوي كمية المواد الناتجة عند نهاية أي تفاعل كيميائي كمية المواد المستخدمة في بداية التفاعل. لذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. لاحظ تفاعل مسحوق الحديد Fe مع الأكسجين  $O_2$ ، الموضح في الشكل 5-1 فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد  $Fe_2O_3$  فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.



**الشكل 5-1** تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.



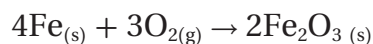
## المفردات

### أصل الكلمة

#### الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات الكيميائية Stoichiometry إلى الكلمة اليونانية "Stoichiometry" المكونة من كلمتين هما: (Stoikheion) وتعني العنصر، و (metron) وتعني القياس.....

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في الشكل 1-5 على النحو الآتي:



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

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

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

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

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي:  $223.4\text{g} + 96.00\text{g} = 319.4\text{g}$  وبطريقة مماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

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

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناجمة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

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

وكما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص الجدول 1-5 العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

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

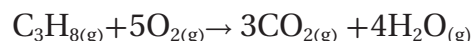
العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة				الجدول 1-5
$4\text{Fe}_{(s)}$	+	$3\text{O}_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	$\rightarrow$	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O <sub>2</sub>	$\rightarrow$	2 Formula units
4 mol Fe	+	3 mol O <sub>2</sub>	$\rightarrow$	2 mol Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
223.4 g Fe	+	96.00 g O <sub>2</sub>	$\rightarrow$	319.4 g Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
319.4 g مواد متفاعلة				$\rightarrow$ 319.4 g مواد ناتجة

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

### 1 تحليل المسألة

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

#### المعطيات



#### المطلوب

عدد الجزيئات = ؟

عدد المولات = ؟

كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

### 2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.



وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضاً.



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

مولات المواد الناتجة أو المتفاعلة  $\times \frac{\text{الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}} = \text{جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.}$

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

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

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

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

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

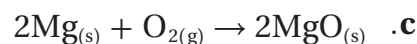
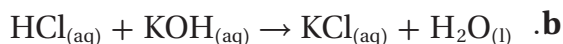
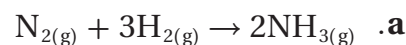
$$132.0 \text{ g } CO_2 + 72.08 \text{ g } H_2O = 204.1 \text{ g} \quad \text{اجمع كتل المواد الناتجة}$$

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

### 3 تقويم الإجابة

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

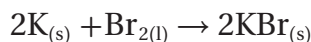
1. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



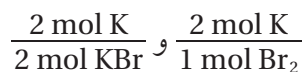
2. تحفيز زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرهما من حيث عدد الجسيمات المثلة والمولات والكتلة آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



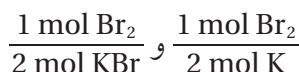
**نسبة المولات** لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. وتستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاشتقاق عوامل التحويل المسماة النسب المولية. والنسبة المولية نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل الشكل 2-5 تفاعل البوتاسيوم K مع البروم  $\text{Br}_2$  لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr. ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضاداً للصرع عند الكلاب والقطط.



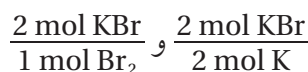
فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءاً بالبوتاسيوم المتفاعل كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخريين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات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



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



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



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

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

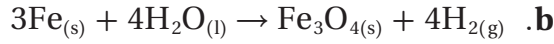
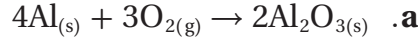
### الشكل 2-5 يتفاعل فلز

البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم.

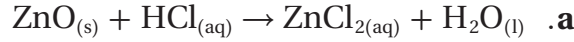


## مسائل تدريبية

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



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



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

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

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

## التقويم 5-1

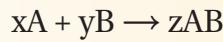
### الخلاصة

5. **الفكرة الرئيسية** قارن بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

6. حدد عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.

7. صنف طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

8. طبق المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:



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

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

10. نمذج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

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

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.



- 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.

## الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

## Stoichiometric Calculations

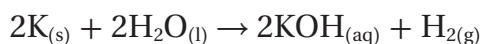
**الفكرة الرئيسية** يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

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

## استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

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

**الحسابات الكيميائية: حساب المولات** يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في الشكل 5-3، ويُمثل التفاعل بالمعادلة الآتية:



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

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

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

**الشكل 5-3** يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقاً كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.



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

$$0.0400 \text{ mol K} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol K}} = 0.0200 \text{ mol H}_2$$

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

## استراتيجية حل المسألة

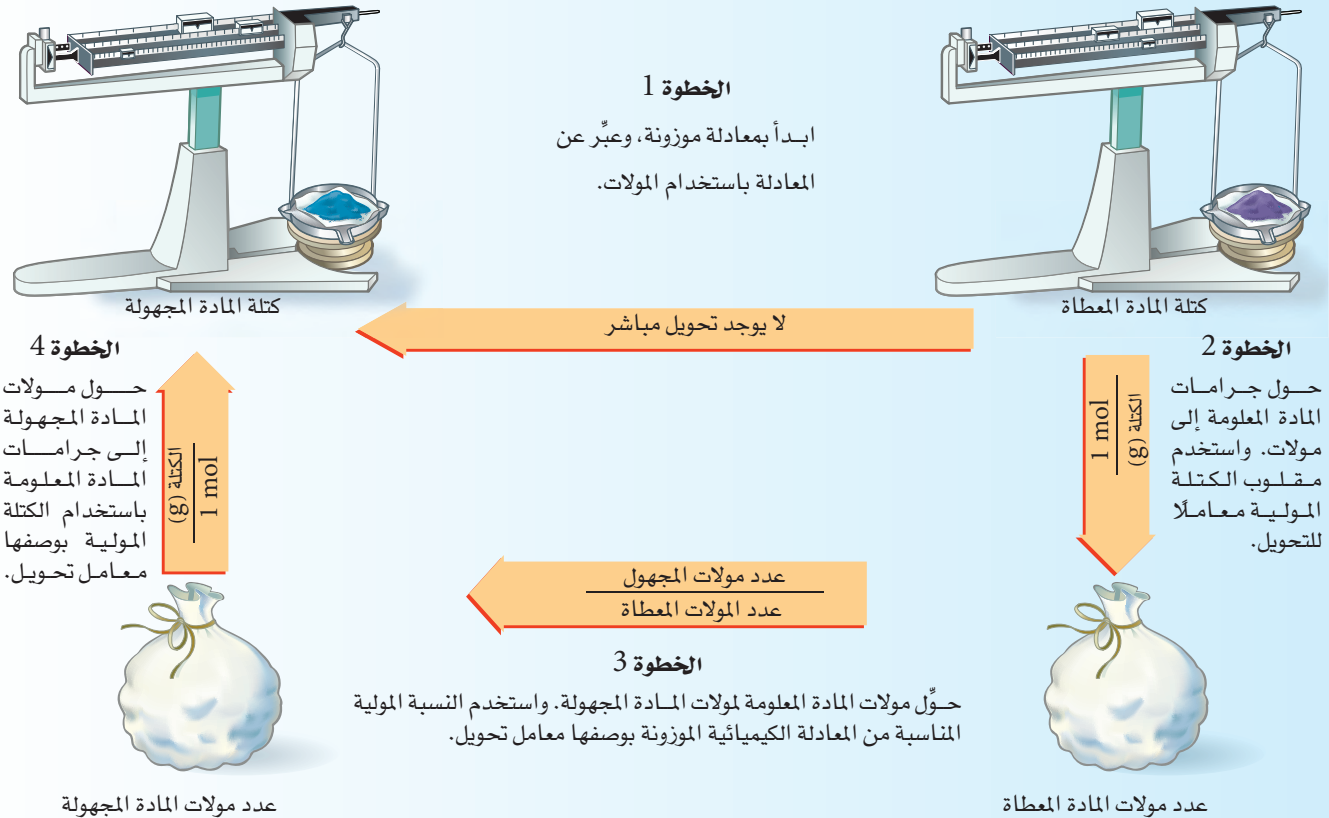
### إتقان الحسابات الكيميائية

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

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

### تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 2-5، 3-5، 4-5.



**حسابات المولات** من سليبات 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؟

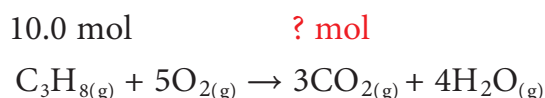
### 1 تحليل المسألة

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.

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

### 2 حساب المطلوب

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



$$\frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} = \text{النسبة المولية}$$

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

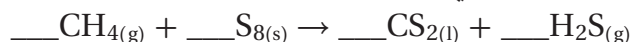
لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30 mol من  $CO_2$ .

### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

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



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  $S_8$ ؟

12. تحفيز 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، وأنت ترغب في حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة أخرى. فيما يلي مثال على التحويل من مول إلى كتلة.

### مثال 3-5

**حسابات المول - الكتلة** احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl<sub>2</sub> بشدة مع الصوديوم.

#### 1 تحليل المسألة

أعطيت مولات المادة المتفاعلة الكلور Cl<sub>2</sub>، وطلب إليك تحديد كتلة المادة الناتجة NaCl، وتحويل عدد مولات الكلور Cl<sub>2</sub> إلى عدد مولات NaCl باستخدام النسبة المولية، ثم تحويل عدد مولات NaCl إلى جرامات NaCl باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

#### المعطيات

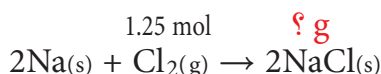
عدد مولات الكلور = 1.25 mol

#### المطلوب

كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ؟

#### 2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.



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

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

اضرب عدد مولات Cl<sub>2</sub> في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

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

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

#### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

13. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور،

بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة بالخطط على اليسار؟



14. **تحفيز**، يستخدم معدن التيتانيوم -وهو فلز انتقالي- في الكثير من السبائك، لقوته العالية

وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم TiCl<sub>4</sub> من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO<sub>2</sub>

باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقاً للمعادلة:  $\text{TiO}_2\text{(s)} + \text{C(s)} + 2\text{Cl}_2\text{(g)} \rightarrow \text{TiCl}_4\text{(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$

a. ما كتلة غاز Cl<sub>2</sub> اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO<sub>2</sub>؟

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO<sub>2</sub>؟

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO<sub>2</sub>؟



**الحسابات الكيميائية : حساب الكتلة** إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد المتفاعلة التي ستستخدمها في إنتاج الكتلة المطلوبة من النواتج. يوضح المثال 4-5 كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

## مثال 4-5

**حساب الكتلة** عندما تتحلل نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ، والتي تعد أحد أهم الأسمدة، ينتج غاز أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) والماء. حدد كتلة  $\text{H}_2\text{O}$  الناتجة عن تحلل 25.0 g من نترات الأمونيوم الصلبة  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

### 1 تحليل المسألة

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

#### المعطيات

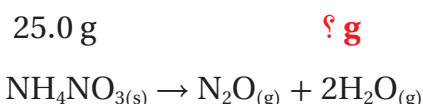
كتلة نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 25.0 \text{ g}$

#### المطلوب

كتلة الماء  $\text{H}_2\text{O} = ??$

### 2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.



احسب عدد مولات  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

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

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

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

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

احسب عدد جرامات  $\text{H}_2\text{O}$  بالضرب في الكتلة المولية.

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

### 3 تقويم الإجابة

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

## مسائل تدريبية



15. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم  $\text{NaN}_3$  وفقاً للمعادلة:

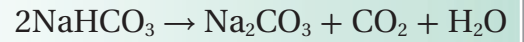


احسب كتلة  $\text{N}_2$  الناتجة عن تحلل  $\text{NaN}_3$ ، كما يظهر في الرسم المجاور.

16. تحفيز عند تشكل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$  مع الأكسجين والماء في الهواء ليشكل حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل  $\text{SO}_2$  2.5 g مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة  $\text{H}_2\text{SO}_4$  الناتجة بالجرامات؟

## تطبيقات على الحسابات الكيميائية

5. جهاز حاملاً مع حلقة، ومثلثاً من الصلصال لتسخين الجفنة.  
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 7 - 8 min بلهب قوي، وسجل ملاحظاتك في أثناء التسخين.  
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطاً لرفع الجفنة عن اللهب.  
**تحذير:** لا تلمس الجفنة الساخنة.  
8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .



### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. صمم جدولاً تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.

3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم ضع فيها 3 g تقريباً من كربونات الصوديوم الهيدروجينية  $\text{NaHCO}_3$ ، وفس الكتلة الكلية للجفنة وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة  $\text{NaHCO}_3$ .

4. استخدم كتلة  $\text{NaHCO}_3$  التي حسبته والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  التي ستنتج.

### تحليل النتائج

1. صف ما لاحظته في أثناء تسخين صودا الخبز.  
2. قارن كتلة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  التي حسبته بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.  
3. احسب افترض أن كتلة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  التي حسبته في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة لنتائج التفاعل؛ احسب الخطأ ونسبته المئوية في ضوء نتيجة التجربة.  
4. حدد مصادر الخطأ المحتملة في خطوات العمل التي أدت إلى خطأ الحساب في السؤال رقم 3.

## التقويم 5-2

### الخلاصة

17. **الفكرة الرئيسية** فسر لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
18. اذكر الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
19. طبق كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كلياً مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.
20. احسب كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة:  $3\text{H}_{2(g)} + \text{N}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$
21. 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  $\text{CaCl}_2$  الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من  $\text{HCl}$ .
- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والناجمة 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.

## المادة المحددة للتفاعل

## Limiting Reactants

**الفكرة الرئيسية** يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفذ أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

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

## لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

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

**المواد المحددة للتفاعل والمواد الفائضة** بالرجوع إلى التجربة الاستهلاكية صفحة 161؛ وعند إضافة المزيد من كبريتيد الصوديوم الهيدروجيني إلى المحلول الشفاف الذي تكوّن لم يلاحظ أي تغيير؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برمنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. **والمادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك كليًا في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.**

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل بدون استهلاك. وتُسمى هذه المواد المتبقية **المواد الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر الشكل 4-5. يمكننا بناءً على المواد المتوفرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كعاشة ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكعاشات والمفكات الفائضة.

تحدد المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.

تعرف المادة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.

تحسب كتلة الناتج عندما تُعطى كتلاً لأكثر من مادة متفاعلة.

## مراجعة المفردات

**الكتلة المولية**: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

## المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل  
المواد الفائضة

الأدوات المتوافرة



مجموعات الأدوات



مجموعة 1



مجموعة 2



مجموعة 3

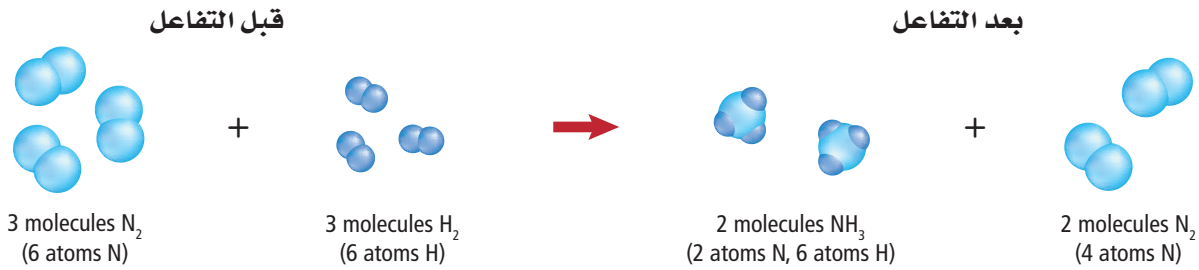


مجموعة 4

أدوات فائضة



**الشكل 4-5** يجب أن تحتوي كل مجموعة على مطرقة، لذا يمكن تشكيل أربع مجموعات. **فسر** كم مطرقة يتطلب إكمال المجموعة الخامسة؟



**الشكل 5-5** إذا أمعنت النظر في الذرات الموجودة قبل التفاعل وبعده فستجد أن بعض جزيئات النيتروجين لم تتغير. وتسمى هذه الجزيئات المادة الفائضة.

**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 5-5 الذي يصف تفاعل ثلاثة جزيئات من النيتروجين N<sub>2</sub> مع ثلاثة جزيئات من الهيدروجين H<sub>2</sub> لتكوين غاز الأمونيا NH<sub>3</sub>؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معاً لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في الشكل 5-4.

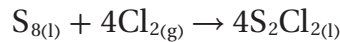
ما عدد جزيئات الأمونيا المتكوّنة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود ستة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاث منها مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجين مادة محددة للتفاعل، في حين يُعد النيتروجين مادة فائضة. لذا من الضروري معرفة المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة؛ لأن كمية المادة الناتجة تعتمد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

**ماذا قرأت؟ توسع** ما عدد جزيئات الهيدروجين التي تلزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في الشكل 5-5؟

### حساب الناتج بناءً على المادة المحددة للتفاعل

#### Calculating the Product when a Reactant is Limiting

كيف يمكنك حساب كمية الناتج عندما تكون إحدى المواد محددة للتفاعل؟ لنأخذ مثالاً على ذلك مركب ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الذي يستخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر الشكل 5-6 كيف تجعل الجلفنة المطاط صالحاً للاستعمالات الكثيرة، حيث يُحضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب المعادلة:



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

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

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

**الشكل 5-6** يكون المطاط الطبيعي ليناً ولزجاً، لذا يعالج بالجلفنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الجلفنة معاً مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الجلفنة 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 قادراً على نصح المريض

وإرشاده. كما يقوم الصيدلي بمزج

المواد الكيميائية لصناعة المساحيق،

والأقراص، والدهون والمحاليل. لمعرفة

المزيد عن الكيمياء في المهن زر الموقع

[obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com)

## المفردات

**الاستعمال العلمي والاستعمال**

**الشائع.**

**الناتج**

**الاستعمال العلمي:** مادة جديدة

تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي.

كان الناتج الوحيد عن التفاعل

غازاً عديم اللون.

**الاستعمال الشائع:** شيء ينتج عند

قسمة عددين أحدهما على الآخر...

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

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

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

**استعمال نسب المولات** تتطلب الخطوة التالية معرفة النسبة المولية الصحيحة التي تربط بين المادتين كما أعطيت في المعادلة الموزونة. تبين معاملات المعادلة الموزونة وجود 4 mol Cl<sub>2</sub> لكل 1 mol S<sub>8</sub>، أي أن النسبة بينهما (4:1). ويتطلب تحديد النسب الصحيحة المقارنة بين النسبة (4:1) ونسب المولات الفعلية للمواد المتفاعلة. ولإجراء ذلك نقسم عدد مولات الكلور الفعلية على مولات الكبريت الفعلية أيضاً.

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

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol Cl<sub>2</sub> لكل 1 mol S<sub>8</sub> بدلاً من 4 mol Cl<sub>2</sub> 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 S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> إلى جرامات، وذلك بضرب عدد المولات في كتلتها المولية كما هو مبين أدناه:

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

وهذا يعني تكوّن 190.4 g S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> عند تفاعل 1.410 mol Cl<sub>2</sub> مع كمية فائضة من S<sub>8</sub>.

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

**المولات المتفاعلة** عليك تحويل المولات إلى كتلة لمعرفة كتلة الكبريت التي تلزم لتفاعل تماماً مع 1.410 mol Cl<sub>2</sub>، لذا ابدأ أولاً بحساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ S<sub>8</sub> / Cl<sub>2</sub>.

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

**الكتلة المتفاعلة** لحساب كتلة الكبريت، تضرب 0.3525 mol S<sub>8</sub> في الكتلة المولية لـ S<sub>8</sub>

$$0.3525 \text{ mol S}_8 \times \frac{265.5 \text{ g S}_8}{1 \text{ mol S}_8} = 93.588 \text{ g S}_8$$

**الكمية الفائضة** يمكن حساب الكمية المتبقية بعد التفاعل من S<sub>8</sub> بطرح كتلة المادة المتفاعلة من كتلة المادة الكلية على النحو الآتي:

الكمية الفائضة = كتلة المادة - الكمية التي تفاعلت

$$200.0 \text{ g S}_8 - 93.588 \text{ g S}_8 = 106.4 \text{ g S}_8$$

**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 ثنائي الفوسفور؛ لأن صيغته الأولية هي  $P_2O_5$ .

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

b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

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

### المعلوم

كتلة الفوسفور = 25.0 g

كتلة الأكسجين = 50.0 g

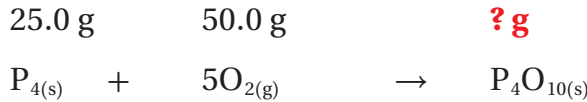
### المطلوب

كتلة عاشر أكسيد رابع الفوسفور =  $P_4O_{10}$ ? g

كتلة المادة الفائضة = g؟

### 2 حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل



اكتب المعادلة الموزونة، وحدّد المعطيات والمطلوب

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

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

احسب مولات  $P_4$

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

احسب مولات  $O_2$

احسب النسبة المولية الفعلية لمولات  $P_4$ ،  $O_2$

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

احسب نسبة مولات  $O_2$  إلى مولات  $P_4$

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

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

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

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

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

احسب مولات  $P_4O_{10}$  الناتجة.

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

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

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.

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

اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

حوّل مولات  $O_2$  الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

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

اضرب عدد مولات  $O_2$  في الكتلة المولية.

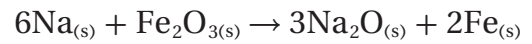
احسب كمية  $O_2$  الفائضة.

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

**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 منهما منزلة عشرية واحدة. لذا فإن الكتلة الفائضة من الأكسجين صحيحة؛ لأنها تحتوي على منزلة عشرية واحدة.

### مسائل تدريبية

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



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

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

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

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

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.



**الشكل 5-7** عندما لا يتوافر الأكسجين بكميات كافية يشتعل لهب بنزن بلهب أصفر مليء بالسناج، كما يظهر الشكل الأيمن. أما إذا توافرت كميات كافية فيشتعل موقد بنزن بلهب أزرق شديد الحرارة، خالٍ من السناج، كما في الشكل الأيسر.

### لماذا نستخدم فائضاً من مادة متفاعلة؟

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

يبين الشكل 5-7 كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

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

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



## التقويم 5-3

### الخلاصة

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك تمامًا 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.

24. **الفكرة الرئيسية** صف لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟
25. حدد المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في كل من التفاعلات الآتية:
- a. احتراق الخشب.
- b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعقة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.
- c. تحلل صودا الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.
26. حلّ استخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور  $P_4S_3$  في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.
- $$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$
- 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  $P_4S_3$

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

## مراجعة المفردات

**عملية:** سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

## المفردات الجديدة

المردود النظري  
المردود الفعلي  
نسبة المردود المئوية

## نسبة المردود المئوية Percent Yield

**الفكرة الرئيسية** نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

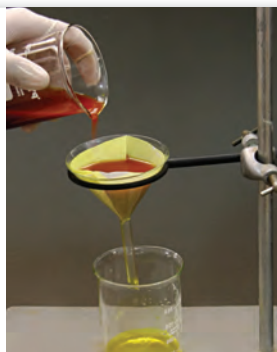
**الربط مع الحياة** افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعلياً قد لا تحقق هدفاً في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضاً نواتج نظرية وأخرى فعلية.

## ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجري في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقاً. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة. ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة- في الحالة السائلة -على سطوح الأوعية أو تبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح الشكل 5-8 قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانباً على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

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

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



**الشكل 5-8** تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضاً من المادة المترسبة قد ترك جانباً على ورقة الترشيح، كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

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

### نسبة المردود المثوية

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

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

## مثال 5-6

**نسبة المردود المثوية** تتكون كرومات الفضة الصلبة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  عند إضافة كرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  إلى محلول يحتوي على 0.500 g من نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$ . احسب المردود النظري لكرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ، واحسب نسبة المردود المثوية إذا كانت كتلة كرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  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  $\text{AgNO}_3$  إلى مولات  $\text{AgNO}_3$ ، ومن ثم تحويل مولات  $\text{AgNO}_3$  إلى مولات  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ، وأخيراً تحويل مولات  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  إلى جرامات  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . ثم احسب نسبة المردود المثوية من المردود الفعلي والمردود النظري.

### المعطيات

كتلة نترات الفضة = 0.500 g  $\text{AgNO}_3$

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

### المطلوب

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

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

## 2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وحدد

المعطيات والمطلوب

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات

$\text{AgNO}_3$  إلى عدد مولات  $\text{AgNO}_3$

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات

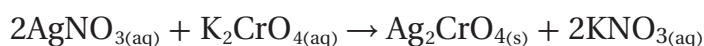
$\text{AgNO}_3$  إلى عدد مولات  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$

احسب المردود النظري

احسب نسبة المردود المثوية.

0.500 g

؟ g



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

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

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

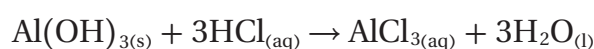
$$\frac{0.455 \text{ g } \cancel{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{0.488 \text{ g } \cancel{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}} \times 100 = 93.2\% \text{ Ag}_2\text{CrO}_4$$

### 3 تقويم المسألة

القيمة التي تحتوي أقل عدد من الأرقام المعنوية هي القيمة التي يوجد بها ثلاثة أرقام معنوية، لذا فالنسبة التي استخدمت للتعبير عن الجواب صحيحة. كما أن الكتلة المولية لكرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  هي ضعف الكتلة المولية لنترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  تقريباً. ولذلك نسبة عدد مولات نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  إلى عدد مولات كرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  في المعادلة هي (2:1). ولذلك يجب أن ينتج g 0.500 من  $\text{AgNO}_3$  من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريباً. فالمردود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المردود المثوية معقولة.

### مسائل تدريبية

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



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

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

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

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

29. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  تترسب بلورات الفضة، ويتكون محلول نترات النحاس  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

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

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



## مختبر تحليل البيانات

### التحليل والاستنتاج

4. حدد المردود النظري للأكسجين في الأكاسيد الموجودة في عينة كتلتها 1.00 Kg من تربة القمر.

5. احسب استطاع العلماء باستخدام الأساليب المتوافرة حاليًا استخراج 15 Kg من الأكسجين من 100 Kg من تربة القمر. احسب نسبة المردود المئوية لهذه العملية.

### البيانات والملاحظات

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

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

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

### التفكير الناقد

1. احسب كتلة (بالجرام) كل من الأكاسيد الواردة في الجدول في 1.00 kg من تربة القمر.

2. طبق يرغب العلماء في استخراج الأكسجين من أكسيد الفلز باستخدام تفاعل التحلل: الأكسجين + الفلز → أكسيد الفلز ولتقويم صحة هذه الفكرة حدد كمية الأكسجين (بالكيلوجرام) في كل من الأكاسيد الموجودة في 1.00 kg من تربة القمر.

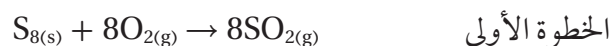
3. عرف ما الأكسيد الذي يعطي أكبر ناتج من الأكسجين لكل كيلوجرام؟ وما الأكسيد الذي يعطي أقل ناتج؟

## نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية

### Percent Yield in the Marketplace

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح بالشكل 9-5، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ.

لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك. إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:



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



الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريباً، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضاً بنسبة عالية إذا استخدم 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. وبتكرار تمريره فوق العامل المحفز أربع مرات مع التبريد بين كل عملية وأخرى نحصل على ناتج أكبر من (98%).



الشكل 5-9 الكبريت يتم

استخراج الكبريت من منتجات البترول بوساطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعته تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

## التقويم 5-4

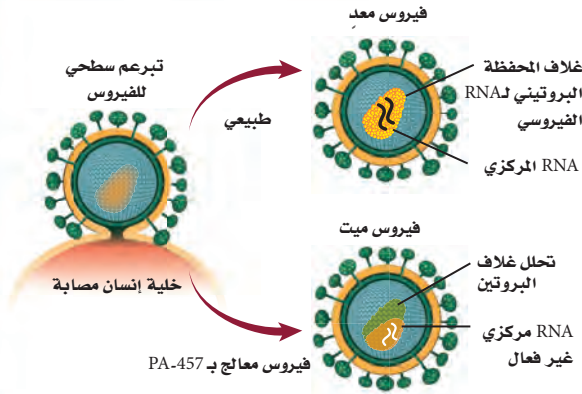
### الخلاصة

- 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 المثوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبراً عنها بالنسبة المثوية. إن نسبة المردود المثوية المرتفعة مهمة في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

30. **الفكرة الرئيسية** حدد أي مما يلي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المثوية؟
31. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.
32. وضح كيف تحسب نسبة المردود المثوية؟
33. طبق إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):  
 $2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$   
فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟
34. احسب نسبة المردود المثوية لتفاعل المغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين.  
 $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

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

## محاربة السلالات المقاومة



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

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

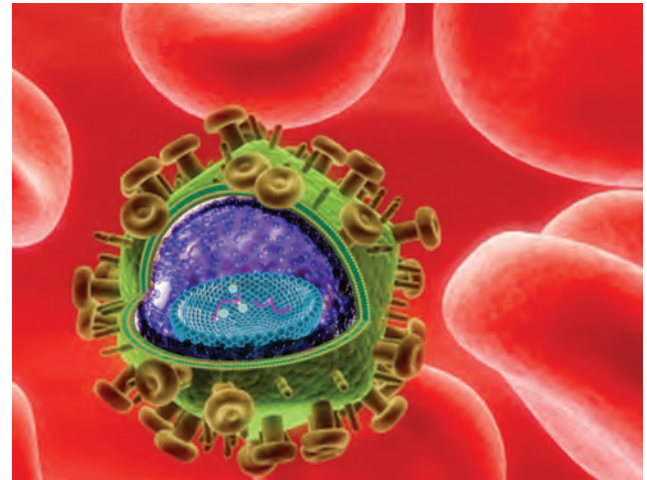
**تقليل سرعة النمو** الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيمات النضج، أن يهاجم بناء [HIV] ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيمات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم [HIV] في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجاً متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء مقاومة؛ لأن أي فيروس حي بحاجة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

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

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

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

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



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



# مختبر الكيمياء

## تحديد النسبة المولية

**الخلفية النظرية:** يتفاعل الحديد مع كبريتات النحاس (II)  $\text{CuSO}_4$ . ويمكنك حساب النسبة المولية عملياً بقياس كتلة الحديد التي تفاعلت وكتلة فلز النحاس التي تكونت.

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

### المواد والأدوات اللازمة

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

### احتياطات السلامة

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

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس كتلة كأس سعتها 150 mL نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
3. ضع  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  12 g في الكأس.
4. 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.
5. زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
6. أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس (II) الساخنة في أثناء التحريك.
7. اترك المزيج مدة خمس دقائق.
8. استعن بساق التحريك كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 mL، من دون صب فلز النحاس الصلب.

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

### حلل واستنتج

1. طبق اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل، ثم احسب كتلة النحاس التي يجب أن تتكون من كمية الحديد المستعملة، فتكون هذه الكتلة هي المردود النظري.
2. **فسر البيانات** حدد كتلة، وعدد مولات النحاس الناتجة. واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد النسبة المولية العددية الصحيحة (الحديد: النحاس)، ثم حدد نسبة المردود المثوية.
3. **قارن** بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عملياً في الخطوة 2 (الحديد: للنحاس).
4. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.



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

### 5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

#### المفاهيم الرئيسية

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

#### الفكرة الرئيسية

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

#### المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

### 5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

#### المفاهيم الرئيسية

- 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.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

#### الفكرة الرئيسية

يتطلب حل مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

### 5-3 المادة المحددة للتفاعل

#### المفاهيم الرئيسية

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

#### الفكرة الرئيسية

يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أي من المواد المتفاعلة تمامًا.

#### المفردات

- المادة المحددة للتفاعل
- المواد الفائضة

### 5-4 نسبة المردود المثوية

#### المفاهيم الرئيسية

- 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 المثوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبراً عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المثوية المرتفعة مهمة في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

#### الفكرة الرئيسية

نسبة المردود المثوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبراً عنها بالنسبة المئوية.

#### المفردات

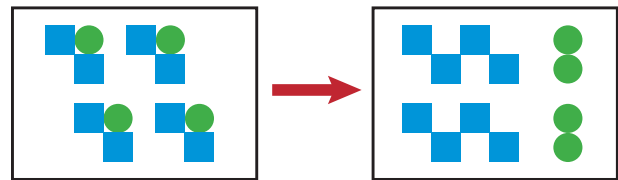
- المردود الفعلي
- المردود النظري
- نسبة المردود المثوية

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

## 5-1

## إتقان المفاهيم

35. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟
36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟
37. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟
38. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟
39. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟
40. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟
41. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.
- $$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$
- اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.
42. يمثل الشكل 5-10 معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



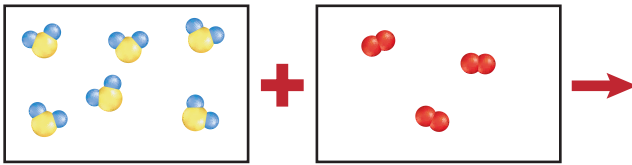
الشكل 5-10

## إتقان حل المسائل

43. يتفاعل أكسيد القصدير (IV) مع الكربون وفق المعادلة:
- $$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$$
- فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة.
44. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.
45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص (II) يترسب كلوريد الرصاص (II) وينتج محلول حمض النيتريك.
- a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
- b. فسر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.
46. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، ينتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات  $Fe_2O_3$  معروفة؟
- $$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$$
- حرارة
47. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي فلوريد السليكون والماء.
- a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
- b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبين كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.
48. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت  $FeCr_2O_4$ . ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم  $FeCr_2$ .
- $$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$$
- ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

57. يمثل كل صندوق في الشكل 11-5 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجها يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تمثل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تمثل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتمثل الهيدروجين.

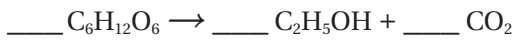
a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.  
b. مستخدماً الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 11-5

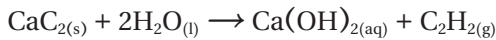
### إتقان حل المسائل

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

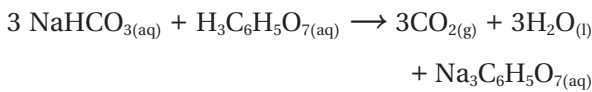


زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة  $C_2H_5OH$  التي تتكون من تخمر 750 g  $C_6H_{12}O_6$

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



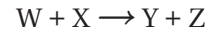
60. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزاً بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية  $\text{NaHCO}_3$  وحمض الستريك  $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  حسب المعادلات الآتية:



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

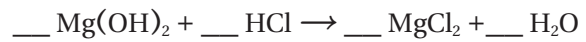
49. تلوث الهواء تتم إزالة الملوث  $\text{SO}_2$  من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات  $\text{SO}_2$  إلى مولات  $\text{CaSO}_4$ .

50. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 2-5 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحديد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.



الجدول 2-5 بيانات التفاعل			
عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

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



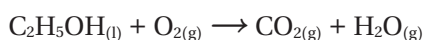
a. زن معادلة التفاعل.  
b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات  $\text{MgCl}_2$  الناتجة عن هذا التفاعل.

## 5-2

### إتقان المفاهيم

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟  
53. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟  
54. ما القانون الذي تركز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟  
55. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟  
56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لحساب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

66. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة  $\text{CO}_2$  الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

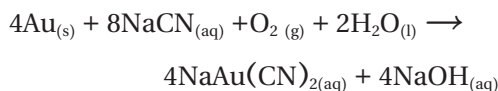


67. بطارية السيارة يُستخدم من بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب معادلة موازنة لهذا التفاعل.

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

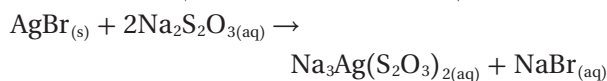
68. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.



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

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

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



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

61. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهوينطلق 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  $\text{CO}_2$ .

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

a. اكتب معادلة كيميائية موازنة لهذا التفاعل.

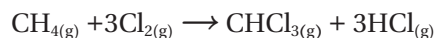
b. حدد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

63. وقود الصاروخ يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين  $\text{N}_2\text{H}_4$  وسائل فوق أكسيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  وقوداً للصاروخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موازنة لهذا التفاعل.

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

64. الكلوروفورم  $\text{CHCl}_3$  مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.



ما مقدار  $\text{CH}_4$  بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g  $\text{CHCl}_3$ ؟

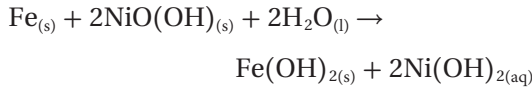
65. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم  $\text{KO}_2$  لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية.  $4\text{KO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 \rightarrow 4\text{KHCO}_3 + 3\text{O}_2$

أكمل الجدول 3-5.

الجدول 3-5 بيانات إنتاج الأكسجين				
كتلة	كتلة	كتلة	كتلة	كتلة
$\text{O}_2$	$\text{KHCO}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{KO}_2$
380g				

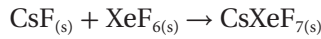


74. بطارية نيكل - حديد اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل - حديد. وتمثل المعادلة التالية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

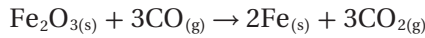


ما عدد مولات  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8.0 mol  $\text{NiO}(\text{OH})$ ؟

75. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكون هو سابع فلوريد زينون سيزيوم  $\text{CsXeF}_7$ . ما عدد مولات  $\text{CsXeF}_7$  التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سادس فلوريد الزينون.

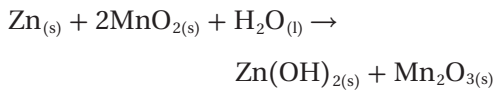


76. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجارياً من تفاعل الهيماتيت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد، بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟



77. ينتج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع الفوسفور  $\text{P}_4$  الصلب خماسي. وعند تفاعل 16.0g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأَي المادتين المتفاعلتين مُحَدَّدة للتفاعل، وأَيها فائضة؟

78. البطارية القلوية تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة التالية:



a. ما المادة المُحَدَّدة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع

مع 30.0 g  $\text{MnO}_2$ ؟

b. حدد كتلة  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  الناتجة من التفاعل.

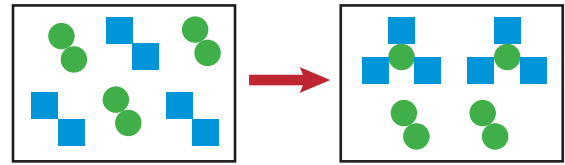
### 5-3

#### إتقان المفاهيم

70. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحددة للتفاعل؟

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

72. تمثل المربعات في الشكل 5-12 العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 5-12

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

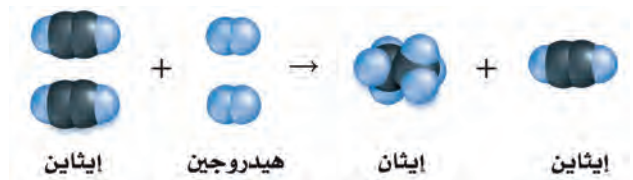
b. إذا كان كل مربع يمثل 1 mol M، وتمثل كل دائرة 1 mol N، فما عدد مولات كل من M و N التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

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

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

#### إتقان حل المسائل

73. يوضح الشكل 5-13 التفاعل بين الإيثانين ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). ما المادة المُحَدَّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.

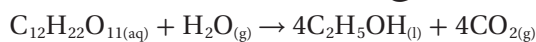


الشكل 5-13

## إتقان حل المسائل

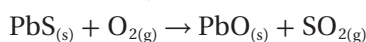
87. الإيثانول ( $C_2H_5OH$ ) ينتج عن تخمر السكرز

$C_{12}H_{22}O_{11}$  مع وجود الإنزيمات.



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

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

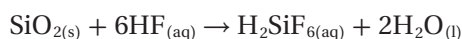


a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ  $PbO$

إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص  $PbS$ .

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

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك  $H_2SiF_6$  حسب المعادلة التالية:



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 المُحددة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ  $H_2SiF_6$ ؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

90. 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 نسبة المردود المئوية لـ  $CO_2$  إذا نتج 97.5 g من  $CO_2$ ؟

79. يتفاعل الليثيوم تلقائيًا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم، اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

a. المادة المُحددة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

## 5-4

## إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

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

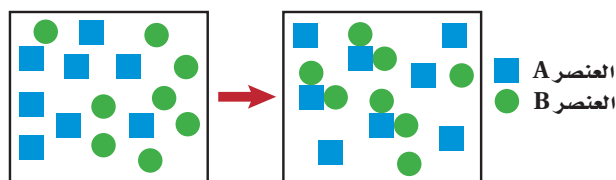
82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

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

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

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

86. تفحص التفاعل الظاهر في الشكل 5-14. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 5-14

## مراجعة عامة

94. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس II  $\text{CuS}$ ؟

95. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟

96. تلوث الهواء يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

97. 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

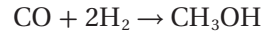
98. حلل واستنتج تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟

99. لاحظ واستنتج حدد ما إذا كان أي من التفاعلات التالية يعتمد على المادة المحددة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

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

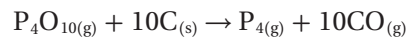
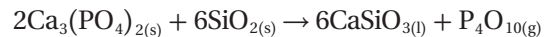
91. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين وتنتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل الجدول 4-5، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول		
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	$\text{CO}(\text{g})$	
	8.50 g	الكتلة
32.05 g/mol	28.01 g/mol	الكتلة المولية
		عدد المولات

92. الفوسفور  $\text{P}_4$  يُخَصَّر تجارياً بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ، والرمل  $\text{SiO}_2$ ، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:



يتفاعل  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ  $\text{P}_4$  إذا سخن 250 g من  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  و 400.0 g من  $\text{SiO}_2$  معاً، و حدد نسبة المردود المئوية لـ  $\text{P}_4$ ، إذا كان المردود الفعلي لـ  $\text{P}_4$  يساوي (45.0 g).

93. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقاً للمعادلة الموزونة التالية:



احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من  $\text{MnO}_2$  مع 50.0 g من  $\text{HCl}$ ، وكان المردود الفعلي لـ  $\text{Cl}_2$  هو (20.0 g).

102. طبق يمكنك إعادة اشعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتماداً على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

### مسألة تحفيز

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

- حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسيدين.
- اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.
- حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

### مراجعة تراكمية

104. 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؟

105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر التالية:

- الفلور
- التيتانيوم
- الألومنيوم
- الرادون

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

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

100. طبق أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المحددة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II)  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في الجدول 5-5 على النحو التالي:

جدول 5-5 بيانات تفاعل $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ مع $\text{Na}_3\text{PO}_4$				
التجربة	حجم $\text{Na}_3\text{PO}_4$	حجم $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	التفاعل مع نقطة $\text{Na}_3\text{PO}_4$	التفاعل مع نقطة $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
1	5.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب

- اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
- حدد بناءً على النتائج، المادة المحددة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

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



110. زن المعادلة الظاهرة في الشكل 15-5. وإذا كانت

خنفساء تحتزن 100 mg من الهيدروكوبين مع  
50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأَي المادتين  
محددة للتفاعل؟

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

112. كم mg ينتج من البنزوكوبين؟

### تقويم إضافي

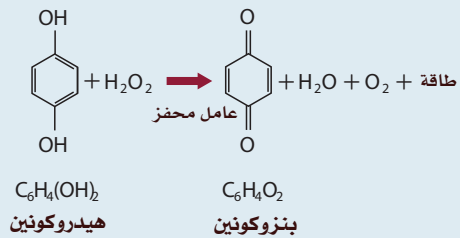
#### الكتابة في الكيمياء

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

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

#### أسئلة المستندات

**الدفاع الكيميائي** تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد  
الهيدروجين  $H_2O_2$  والهيدروكوبين  $C_6H_4(OH)_2$ .  
وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت  
بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت  
النتيجة تفاعلاً كيميائياً طارداً للحرارة ورذاذاً كيميائياً  
ساخناً مهيجاً لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام  
طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.  
ويوضح الشكل 15-5 المعادلة الكيميائية غير الموزونة  
التي تنتج الرذاذ.



الشكل 15-5

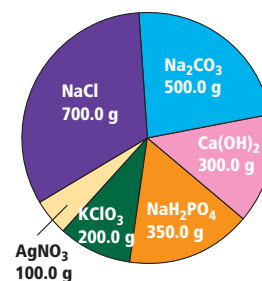
# اختبار مقنن

## أسئلة الاختيار من متعدد

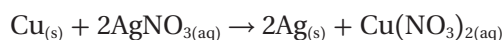
1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

- a. النسب المولية الثابتة c. ثابت أفوجادرو  
b. قانون حفظ الطاقة d. قانون حفظ المادة  
استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 4.

كميات المواد المتوافرة



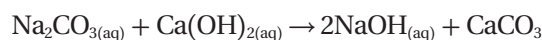
2. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع AgNO<sub>3</sub> تمامًا؟

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

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

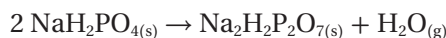


ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة.

- a. 4.050 mol c. 4.720 mol

- b. 8.097 mol d. 9.430 mol

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفسفات الصوديوم Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز - بتسخين Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:

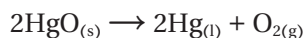


فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>، فكم

جراماً من NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>؟

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

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



فإذا تحللت 3.55 mol من HgO لتكوين 1.54 mol من O<sub>2</sub> و 618 g من Hg، فما نسبة المردود المثوية لهذا التفاعل؟

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

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

1	2																18
Y	Y																Y
Y	Y																Y
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Y
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Y
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Y
Y	Y	Z	Z	Z													Y

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؟

- a. W b. X c. Y d. Z

7. أي مجالات الطاقة الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

- a. S b. P c. D d. f

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> الموجودة في 7.13 g من المركب؟

- a. 2.39 × 10<sup>1</sup> mol  
b. 3.10 × 10<sup>-2</sup> mol  
c. 3.22 × 10<sup>1</sup> mol  
d. 4.17 × 10<sup>-2</sup> mol  
e. 2.28 × 10<sup>-2</sup> mol

# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.

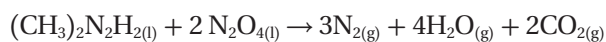
طاقة التآين الأولى لعناصر الدورة الثالثة		
العنصر	العدد الذري	طاقة التآين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
المغنسيوم	12	736
الألمنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

15. مثل البيانات السابقة بيانياً، وضع العدد الذري على المحور السيني.

16. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التآين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

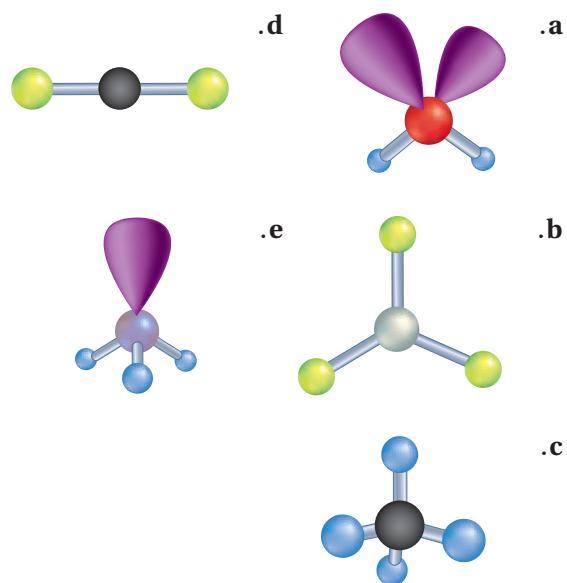
## أسئلة الإجابات القصيرة

9. يشتعل  $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$  عند ملاسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$ .



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

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.



10. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

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

12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

13. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

14. أي الأشكال يمثل جزيئاً فيه مجالات مهجنة من نوع  $sp^2$ ؟

**الفكرة (المادة)** تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

## 6-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

**الفكرة (الرئيسية)** الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون، وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

## 6-2 الألكانات

**الفكرة (الرئيسية)** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

## 6-3 الألكينات والألكاينات

**الفكرة (الرئيسية)** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

## 6-4 متشكلات الهيدروكربونات

**الفكرة (الرئيسية)** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

## 6-5 الهيدروكربونات الأروماتية

**الفكرة (الرئيسية)** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

## حقائق كيميائية

- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نفط يوميًا من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواد خامًا لكثير من المنتجات، ومنها اللدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.



## نشاطات تمهيدية

### المركبات الهيدروكربونية

اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونية باتباع الخطوات الآتية:

### المطويات

منظمات الأفكار



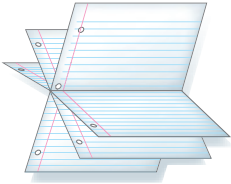
#### خطوة 1 اثن ثلاث أوراق

من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معاً، واقطع خط الشئ بطول 3 cm.



#### خطوة 2 أمسك الورقة الثالثة،

واقطع على طول خط الشئ، واترك آخر 3 cm دون قطع.



#### خطوة 3 أدخل أول

ورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سجل من 12 صفحة، وعنونه بـ "المركبات الهيدروكربونية".

المركبات الهيدروكربونية

### استعمل هذه المطوية في الأقسام

2-6، 3-6، 4-6، 5-6 من هذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقسام سجل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميزة، وأمثلة من واقع الحياة.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## تجربة استهلاكية

### كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟

تتكون الهيدروكربونات من ذرات كربون وهيدروجين. وتحتوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكون أربع روابط تساهمية.



### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. استخدم مجموعات

النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مرتبطتين برابطة أحادية، على أن تمثل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.

3. صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكرات التي تمثل ذرات الكربون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعاً.

4. كرر الخطوتين 2، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرتي كربون كحد أقصى.

### تحليل النتائج

1. أعد جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.

2. صف كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.

3. حلل النمط الذي تتغير فيه نسبة اتحاد عدد ذرات الكربون إلى عدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.

استقصاء كيف تتأثر الصيغة الجزيئية عندما ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

## مقدمة إلى الهيدروكربونات

## Introduction to Hydrocarbons

**الفكرة الرئيسية** الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

**الربط مع الحياة** عندما تتركب سيارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

## المركبات العضوية Organic Compounds

عرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها - النباتات والحيوانات - في الشكل 1-6 تُنتج قدراً هائلاً ومتنوعاً من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية). عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات - بما فيها تلك المُصنَّعة من المخلوقات الحية - تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معاً بتركييب محدّدة. وقد تمكّنوا أيضاً من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء - خطأً - أن عدم مقدّرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائدٌ إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقاً لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيوية" غامضة، تمكّنها من تركيب مركبات الكربون.

**دحض فكرة القوة الحيوية** كان فريدريك فوهلر Friedrich Wöhler (1800-1882م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهلر على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حثت كيميائيين أوروبيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيراً ثبت بطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.

توضح المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.

تعيّن الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها.

تفرّق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

تصف مصدر الهيدروكربونات وكيفية فصلها.

## مراجعة المفردات

**مخلوق حي دقيق** (microorganism): مخلوق حي صغير جداً لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

## المفردات الجديدة

المركب العضوي  
الهيدروكربونات  
الهيدروكربون المشبع  
الهيدروكربون غير المشبع  
التقطير التجزيئي  
التكسير الحراري



**الشكل 1-6** خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، وهب لها القدرة أن تنتجها أيضاً.

**حدّد** مركبين عضويين درستهما سابقاً.

**الشكل 2-6** يقع الكربون في المجموعة 14 من الجدول الدوري، ويستطيع أن يكون أربع روابط تساهمية لتشكيل الآلاف من المركبات المختلفة.

14
Carbon 6 C 12.011
Silicon 14 Si 28.086
Germanium 32 Ge 72.61
Tin 50 Sn 118.710
Lead 82 Pb 207.2

**الكيمياء العضوية** يطلق مصطلح **المركب العضوي** اليوم على المركبات التي تحتوي على الكربون ما عدا أكاسيد الكربون، والكربيدات والكربونات؛ حيث تعد مركبات غير عضوية. ونظراً إلى وجود الكثير من المركبات العضوية، تُخصص فرع كامل من فروع الكيمياء - سُمي الكيمياء العضوية - لدراسة هذه المركبات. تذكر أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في الشكل 2-6. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربون  $1s^2 2s^2 2p^2$  أنه يشارك دائماً بالكتروناته، ويكون أربع روابط تساهمية. في المركبات العضوية تتحد ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين، أو ذرات عناصر أخرى تقع قريبة من الكربون في الجدول الدوري، وخصوصاً النيتروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والهالوجينات.

تتحد ذرات الكربون أيضاً مع ذرات كربون أخرى، وتكوّن سلاسل تتراوح أطوالها بين ذرتين إلى آلاف الذرات من الكربون. ولأن الكربون يكون أيضاً أربع روابط فإنه يكون مركبات في صورة تراكيب معقدة: سلاسل متفرعة، وتراكيب حلقية، وتراكيب شبيهة بأقفاص العصافير أيضاً. وعلى الرغم من احتمالات الربط هذه، فقد تعرّف الكيميائيون ملايين المركبات العضوية المختلفة، وما زالوا يتعرفون ويحضرون المزيد منها كل يوم.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر لماذا يكون الكربون الكثير من المركبات؟

### الهيدروكربونات Hydrocarbons

تُعد **الهيدروكربونات** التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط أبسط المركبات العضوية. تُرى ما عدد المركبات المختلفة التي يمكن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عدداً قليلاً محتملاً يمكن تكوينه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط. ويعد جزيء غاز الميثان  $CH_4$  أبسط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين الشكل 3-6.

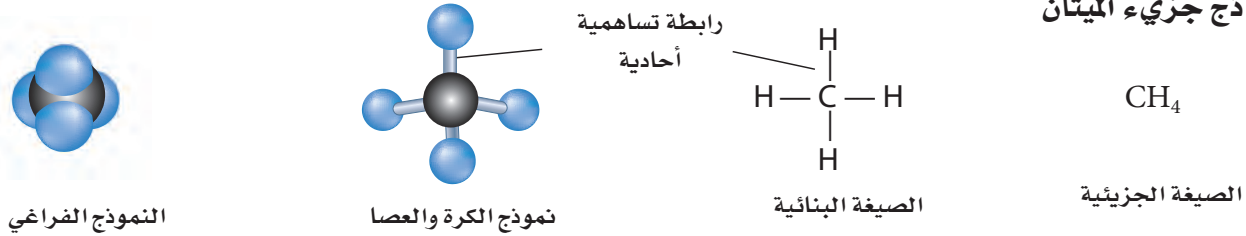
✓ **ماذا قرأت؟** اذكر استخدامين للميثان أو للغاز الطبيعي في بيتك أو مجتمعك.

**الشكل 3-6** الميثان - أبسط هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

**حدد** بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصر الأخرى التي تتحد بسهولة مع الكربون.



## نماذج جزيء الميثان



الشكل 6-4 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان ( $\text{CH}_4$ ).

**النماذج والهيدروكربونات** يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. ويبين الشكل 6-4 أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشارك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في الشكل 6-4، في حين تُظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معاً بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

**الروابط المضاعفة بين ذرات الكربون** ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضاً بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في الشكل 6-5. وقبل أن يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من فهم الروابط والبناء الكيميائي للمواد العضوية، قاموا بإجراء اختبارات على الهيدروكربونات الناتجة عن تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، وصنّفوا هذه الهيدروكربونات بناءً على اختبار كيميائي يُخلط فيه الهيدروكربون بالبروم، ثم يُقاس مقدار البروم الذي تفاعل مع الهيدروكربون. فقد تفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا يتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم اسم الهيدروكربونات غير المشبعة متأثرين بمفهوم أن المحلول المائي غير المشبع قادر على إذابة المزيد من المذاب. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فسمّيت بالهيدروكربونات المشبعة.

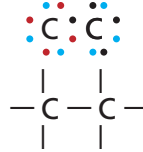
يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عاماً مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط بالهيدروكربون المشبع. أما الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل فيُعرف بالهيدروكربون غير المشبع.

**ماذا قرأت؟** فسّر ما أصل مصطلحي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة؟

### الشكل 6-5 تستطيع ذرة

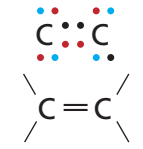
الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية التالية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

زوج مشترك واحد



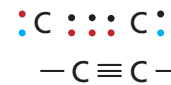
رابطة تساهمية أحادية

زوجان مشتركان



رابطة تساهمية ثنائية

ثلاثة أزواج مشتركة



رابطة تساهمية ثلاثية

•+• إلكترونات ذرة الكربون  
• إلكترون من ذرة أخرى

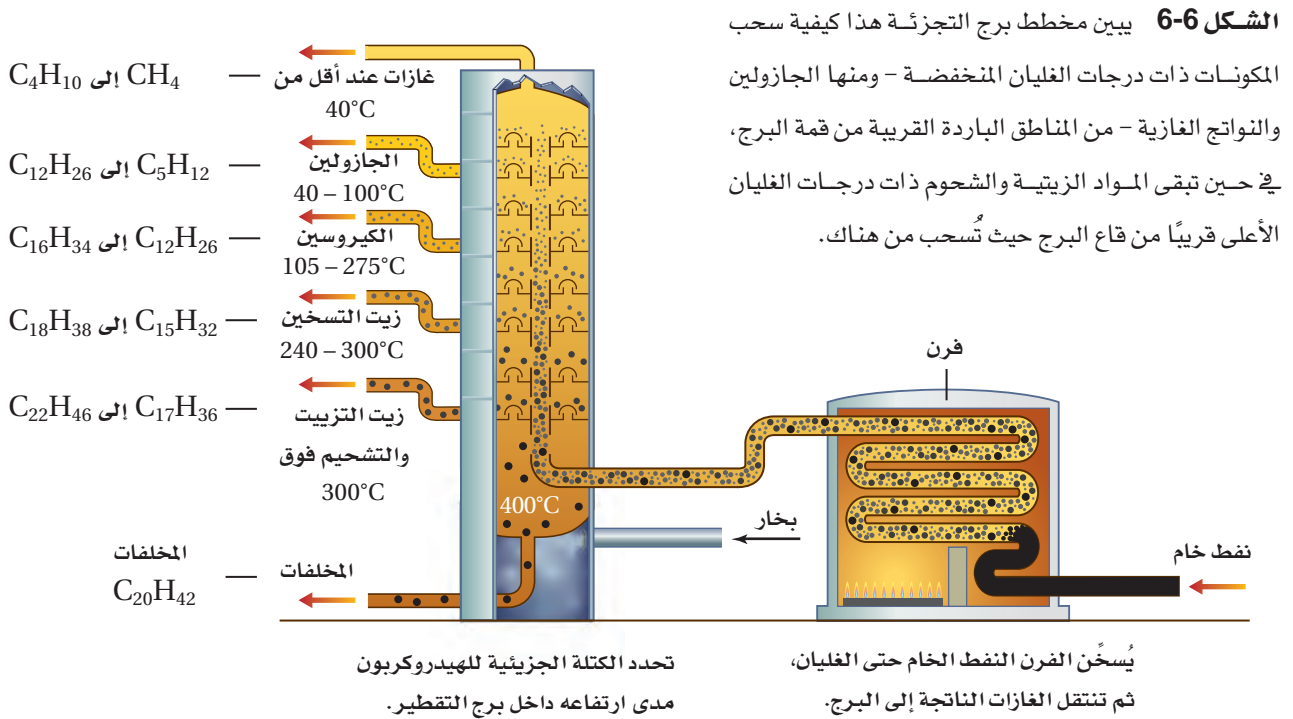


## تنقية الهيدروكربونات Refining Hydrocarbons

ينتج اليوم الكثير من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المسمى النفط (البترول). وقد تشكل النفط من بقايا المخلوقات الحية التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. ومع مرور الزمن كونت بقايا هذه المخلوقات في قاع المحيط طبقات سميكة من ترسبات شبه طينية، تحولت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة برك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحباً للترسبات النفطية، حيث يتشكلان معاً في الوقت نفسه وبالطريقة نفسها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضاً على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات.

**التقطير التجزيئي** يُعد النفط - على العكس من الغاز الطبيعي - خليطاً مُعقّداً يحتوي على أكثر من ألف مركب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكونات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي**، التي تتضمن تبخير النفط عند درجة الغليان، ثم تجمع المشتقات أو المكونات المختلفة في أثناء تكثفها عند درجات حرارة متباينة. ويجري التقطير التجزيئي في أبراج للتجزئة شبيهة بما في الشكل 6-6.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من  $400^{\circ}\text{C}$  في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجياً في اتجاه أعلى البرج. وعموماً تنخفض درجات حرارة تكثف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في الشكل 6-6.



يبين الشكل 6-6 أسماء المشتقات أو المكونات الأساسية التي تُفصل عن النفط مصحوبة بدرجة غليانها، والمدى الذي يتراوح فيه حجم الهيدروكربون واستخداماته الشائعة. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفاً لديك؛ حيث إنك تستخدمها يومياً، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في الشكل 6-7 لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكونات. فعلى سبيل المثال، نادراً ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على مواءمة العرض مع الطلب، وأُطلق على هذه العملية التي تُحوّل فيها المكونات الثقيلة إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية **التكسير الحراري**. وتحدث عملية التكسير الحراري عند غياب الأكسجين ووجود عامل مساعد. وبالإضافة إلى تكسير الهيدروكربونات الثقيلة إلى جزيئات بالحجم المطلوب في الجازولين فإن هذه العملية تنتج أيضاً المواد الأولية لصناعة الكثير من المنتجات المختلفة، ومنها المنتجات البلاستيكية وأفلام التصوير والألياف الصناعية.

✓ **ماذا قرأت؟** صف العملية التي يحدث من خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات مرغوبة أكثر وذات سلاسل أصغر. **تصنيف الجازولين** لا تُعد أي من المشتقات الناتجة عن تكرير النفط الخام مادة نقية. فكما هو موضح في الشكل 6-6، يُعد الجازولين خليطاً من الهيدروكربونات، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية من 5-12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عما استُخدم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فالיום يجري تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير من خلال ضبط تركيبه وإضافة مواد تؤدي إلى تحسين أدائه في محرك المركبات، وتؤدي أيضاً إلى تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات.

لذا فمن الضروري جداً أن يحدث اشتعال خليط الجازولين والهواء في أسطوانة محرك المركبة في اللحظة المناسبة، وأن يجري احتراقه تماماً. فإذا حدث الاشتعال قبل الموعد المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرعة) تماماً، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوباً بفرقة (knocking).

**الشكل 6-7** تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فألاف المنتجات التي نستخدمها في منازلنا وفي التنقل والصناعة ناتجة عن عملية تكرير (تنقية) النفط.

**استنتج** ما نوع المواد المنبعثة من مصافي النفط التي يجب التحكم فيها لحماية البيئة؟



### مهن في الكيمياء

**فني التنقيب عن النفط** يستخدم هذا الفني أدوات لقياس وتسجيل معلومات فيزيائية وجيولوجية حول آبار النفط والغاز. فعلى سبيل المثال، قد يقوم باختبار عينة جيولوجية لتحديد محتواها من النفط، وتركيب العناصر والمعادن فيها.



**الشكل 6-8** تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) في الوقود. فالتصنيف الأوكتاني للبنزين السيارات المتوسط الدرجة 89، والتصنيف الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فتصنيفه الأوكتاني 110.

أنشئ نظام تصنيف الأوكتان، أو منع الفرقعة، للبنزين في أواخر العشرينيات، مما أدى إلى إدراج تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين كما في الشكل 6-8. فللبنزين المتوسط الدرجة تصنيف أوكتان يقارب 89، في حين للبنزين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضاً. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين 91، 95.

**الربط مع علم الأرض** وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصة الكيوسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake - في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط - بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيراً.

## التقويم 6-1

### الخلاصة

1. **الفكرة الرئيسية** اذكر ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
2. **سم** مركباً عضوياً، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
3. **حدد** المعلومات التي تركز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
4. **قارن** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استنتج** توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهدّجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
7. **فسر** البيانات اعتماداً على الشكل 6-6. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجة أي مكوّن نفطي عندما يُبرّد إلى درجة حرارة الغرفة؟

## الأهداف

- تُسمى الألكانات من خلال تفحص صيغها البنائية.
- تكتب الصيغة البنائية للألكان إذا أُعطيت اسمه.
- تصف خصائص الألكانات.

## مراجعة المفردات

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك (IUPAC)؛ منظمة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير لبعض المجالات مثل التسمية الكيميائية، والمصطلحات، والطرائق المعيارية.

## المفردات الجديدة

الألكان

السلسلة المتماثلة

السلسلة الرئيسية

المجموعة البديلة

الهيدروكربون الحلقي

الألكان الحلقي


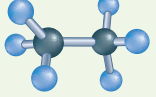

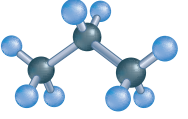
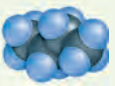
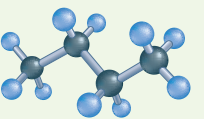
## الألكانات Alkanes

**الفكرة الرئيسية** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

**الربط مع الحياة** هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت ألكاناً. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخداماً، وكلاهما ألكان.

## الألكانات ذات السلاسل المستقيمة Straight-Chain Alkanes

يُعدّ الميثان أصغر مركب في سلسلة الهيدروكربونات المعروفة بالألكانات. ويتخذ وقوداً في المنازل ومختبرات العلوم، وهو ينتج عن الكثير من العمليات الحيوية. وتحتوي **الألكانات**، وهي هيدروكربونات، على روابط أحادية فقط بين الذرات. انظر إلى النماذج البنائية للميثان التي درستها سابقاً. كما يبين الجدول 1-6 النماذج البنائية للإيثان  $C_2H_6$  المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معاً برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون. ويتكون المركب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثماني ذرات هيدروجين، مما يعطيه الصيغة الجزيئية  $C_3H_8$ . أما مركب البيوتان فيتكون من أربع ذرات كربون وصيغته  $C_4H_{10}$ . قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان، والبروبان، والبيوتان، المبينة في الجدول 1-6.

الألكانات البسيطة			الجدول 1-6
النموذج الفراغي	نموذج الكرة والعصا	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	الإيثان ( $C_2H_6$ )
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البروبان ( $C_3H_8$ )
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البيوتان ( $C_4H_{10}$ )



الجدول 2-6 أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة		
الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة الجزيئية	الاسم
$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	ميثان
$\text{CH}_3\text{CH}_3$	$\text{C}_2\text{H}_6$	إيثان
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	بروبان
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	بيوتان
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	بنتان
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	هكسان
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	هبتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	أوكتان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	نونان
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	ديكان

يُباع البروبان - والمعروف أيضًا بغاز (البروبان المسال) (LP) Liquified Propan - في صورة وقود للطبخ والتسخين. ويستخدم البيوتان في القداحات الصغيرة، وفي بعض المشاعل، كما يستخدم أيضًا في تصنيع المطاط الصناعي.

**تسمية الألكانات ذات السلاسل المستقيمة** لقد لاحظت على الأغلب أن أسماء الألكانات تنتهي بالمقطع "ان"، وأن الألكانات التي تحوي خمس ذرات كربون أو أكثر تبدأ أسماؤها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبتان مثلاً له خمس ذرات كربون، تماماً كالشكل الخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المجسّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبل معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر الجدول 2-6 أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

وبين الجدول 2-6 أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عما هي عليه في الجدول 1-6. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ البنائية المكثفة، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي الجدول 2-6 حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

وتستطيع أيضًا في هذا الجدول 2-6، ملاحظة أن  $\text{CH}_2$  - هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة  $\text{CH}_2$  - واحدة.

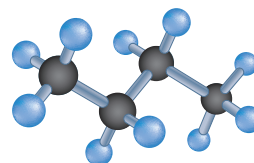
## المفردات

### أصل الكلمة

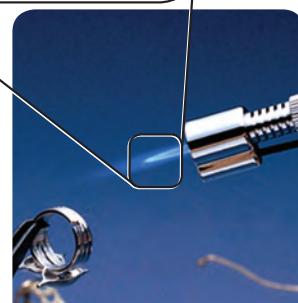
### مُتماثل Homologous

جاءت من الكلمة الإغريقية

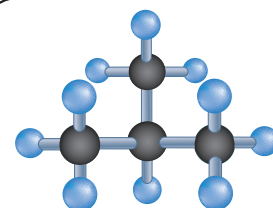
(homologos) وتعني مُتَّفِقٌ...



بيوتان (سلسلة مستقيمة)  
الصيغة الجزيئية:  $C_4H_{10}$



بيوتان




أيزوبيوتان (سلسلة متفرعة)  
الصيغة الجزيئية:  $C_4H_{10}$



أيزوبيوتان

وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة  $-CH_2-$  بين قوسين يتبعها رقم سفلي يمثل عدد هذه الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان، والنونان، والديكان.

وتُسمى سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة **السلسلة المتماثلة**. وهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو التالي  $C_nH_{2n+2}$ ؛ حيث  $n$  عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي  $C_7H_{2(7)+2}$  أو  $C_7H_{16}$ .  **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في صيغته الجزيئية.

## الألكانات ذات السلاسل المتفرعة

تُسمى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معاً بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في الشكل 9-6، فإذا عدت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كليهما لها الصيغة الجزيئية نفسها  $C_4H_{10}$ ، فهل هما المادة نفسها؟

فإذا اعتقدت أن البنائيتين تمثلان مادتين مختلفتين فأنت على صواب. إذ تمثل الصيغة البنائية في الجانب السفلي البيوتان، في حين يمثل البناء في الجانب العلوي ألكاناً متفرعاً يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تماماً. وتستطيع أن ترتبط ذرة الكربون مع ذرة أو ذرتين أو ثلاث أو حتى أربع ذرات كربون أخرى، مما ينجم عن هذه الخاصية وجود مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

لقد عرفت سابقاً أن البيوتان يُستخدم في القداحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئياً فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات ماثلة لجل الحلاقة، كما في الشكل 9-6. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلا من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

 **ماذا قرأت؟** صف الفرق بين الصيغة البنائية لكل من البيوتان والأيزوبيوتان.

**الشكل 9-6** تستخدم البيوتان وقوداً

في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم

في منتجات مثل جل الحلاقة.

الألكيلات البسيطة					الجدول 6-3
الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	الأيزوبروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المكثفة	$\text{CH}_3-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$
الصيغة البنائية	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$

## المفردات

### أصل الكلمة

### المفردات الأكاديمية

### البديل (Substitute)

هو الشخص أو الشيء الذي يحل محلّ غيره.  
مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

**مجموعات الألكيل** لقد رأيت أن الألكانات المتفرعة والمستقيمة لها الصيغة الجزيئية نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأً أساسياً في الكيمياء العضوية "يحدد تنظيم الذرات وترتيبها في الجزيء العضوي هويته". لذا يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

يطلق على أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) عند تسمية الألكانات المتفرعة **السلسلة الرئيسية**. وتُسمى كل التفرعات الجانبية **المجموعات البديلة**؛ لأنها تظهر كأنها بديلة لذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة (غير المتفرعة). ويُنسب اسم المجموعة البديلة المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسية، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين الجدول 6-3 بعض مجموعات الألكيل.

**تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة** استخدم الكيميائيون القواعد النظامية التالية المتفق عليها من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك، (IUPAC) في تسمية مركبات الكيمياء العضوية.

**الخطوة 1.** حدد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة، مستخدماً اسم الألكان الذي يحتوي على هذا العدد من ذرات الكربون على أنه اسم للسلسلة الرئيسية في الصيغة البنائية.

**الخطوة 2.** رَقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسية، مبتدئاً الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقع جميع المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.

**الخطوة 3.** سمّ كل مجموعة ألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسية.

**الخطوة 4.** إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها تفرعاً عن السلسلة الرئيسية فاستخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.

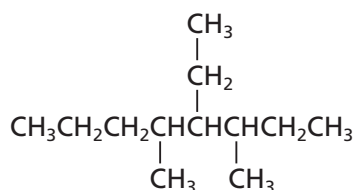
**الخطوة 5.** عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسية نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.

**الخطوة 6.** اكتب الاسم كاملاً، مُستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغاً بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسية.

## مثال 1-6

### تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمّ الألكان المبين في الشكل أدناه.



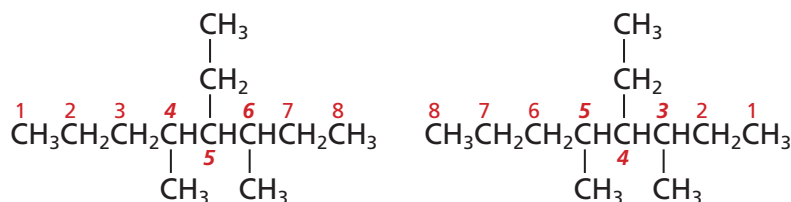
### 1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. اتبع قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتحديد اسم السلسلة الرئيسية وأسماء التفرعات ومواقعها في الشكل المعطى.

### 2 حساب المطلوب

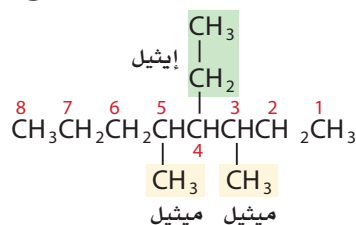
**الخطوة 1.** حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

**الخطوة 2.** رَقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسية. ورقِّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو موضح أدناه مبتدئاً من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و 6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و 5. ولأن أرقام المواقع 3 و 4 و 5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.

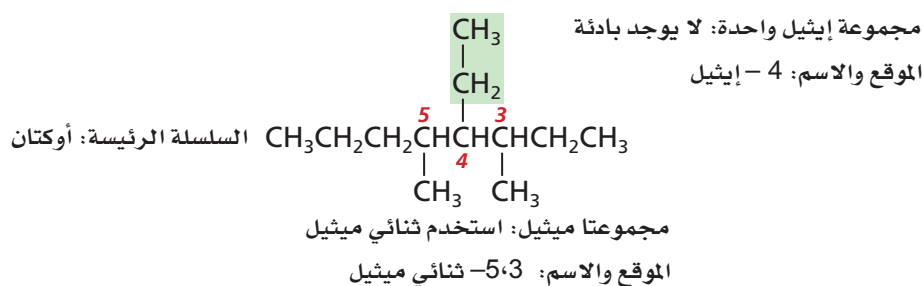




**الخطوة 3.** عيّن مجموعات الألكيل المتفرعة عن السلسلة الرئيسة وسمّها. هناك مجموعتان ميثيل - موجودتان على الموقعين 3 و 5، ومجموعة إيثيل على الموقع 4.



**الخطوة 4.** إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها فرعاً على السلسلة الرئيسة فاستخدم البادئات (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، وابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وأحص عدددها. ثم حدّد البادئة التي تُظهر عدد المرات التي تظهر فيها كل مجموعة واستخدمها. وسوف تضاف في هذا المثال البادئة "ثنائي" إلى الاسم ميثيل؛ لأن هناك مجموعتي ميثيل. ولا يتطلب ذلك إضافة أي بادئة إلى مجموعة الإيثيل الوحيدة. بيّن الآن موقع كل مجموعة باستخدام الرقم المناسب.



**الخطوة 5.** عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الرئيسة ضع أسماءها حسب الترتيب الهجائي، وضع أسماء تفرعات الألكيل حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية مع تجاهل البادئات؛ حيث يضع الترتيب الهجائي الاسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل (E قبل M).

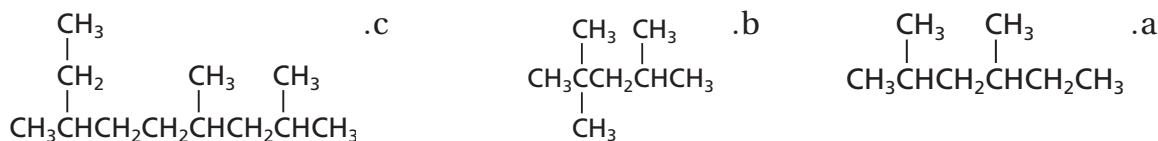
**الخطوة 6.** اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشروط لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، وكتب اسم الشكل (المركب) مستخدماً الشروط والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو التالي: 4-إيثيل - 3، 5 - ثنائي ميثيل أوكتان.

### 3 تقويم الإجابة

تم إيجاد وترقيم أطول سلسلة كربونية متصلة بصورة صحيحة، وتمّ تعيين جميع التفرعات بالبادئات، وأسماء مجموعات ألكيل الصحيحة. الترتيب الهجائي وعلامات الترقيم صحيحان.

### مسائل تدريبية

**8.** استخدم قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتسمية الصيغة البنائية للمركبات الآتية:



**9.** تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية:

a. 3، 2 - ثنائي ميثيل - 5 - بروبيل ديكان

b. 3، 4، 5 - ثلاثي إيثيل أوكتان

## الألكانات الحلقية Cycloalkanes

تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **هيدروكربون الحلقي**. وتُستخدم البادئة حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط تُسمى **الألكانات الحلقية**. وتتكون الحلقات في الألكانات الحلقية من ثلاث، أو أربع، أو خمس، أو ست ذرات كربون أو أكثر. إن اسم الألكان الحلقي ذي الذرات الست من الكربون هو هكسان حلقي. ويستخدم الهكسان الحلقي المستخرج من البترول في مُزيلات الدهان، واستخلاص الزيوت الطيارة لتحضير العطور. ولاحظ أن الهكسان الحلقي  $C_6H_{12}$  يقل عن الهكسان  $C_6H_{14}$  غير المتفرع بذرتي هيدروجين؛ وذلك لأن إلكترون تكافؤ واحدًا من كل من ذرتي الكربون في الألكان الحلقي يكون رابطة كربون-كربون عوضًا عن رابطة كربون-هيدروجين.

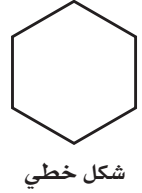
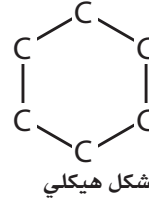
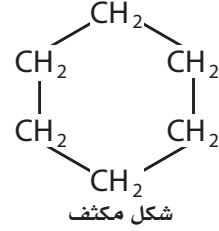
✓ **ماذا قرأت؟** قَوْم إذا وجدت (حلقي) في اسم الألكان، فما الذي ستعرفه عن هذا الألكان؟

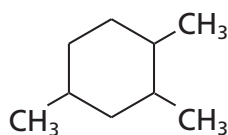
تمثّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في الشكل 10-6 الهكسان الحلقي بأشكال مكثفة وهيكلية وخطية عديدة؛ وتُظهر الأشكال الخطية الروابط بين ذرات الكربون فقط، وتُفسر الزوايا في الشكل على أنها مواقع ذرات الكربون. أما بالنسبة لذرات الهيدروجين فيفترض أنها تحتل بقية مواقع الربط إلا إذا وُجدت التفرعات (المجموعات البديلة). ولا تظهر ذرات الهيدروجين في الشكل الهيكلية.

**تسمية الألكانات الحلقية المحتوية على مجموعات بديلة** يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPAC) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائماً السلسلة الرئيسة. ولأن الشكل الحلقي ليس له أطراف لذا يبدأ الترقيم من ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. وعند وجود أكثر من مجموعة بديلة تُرقم ذرات الكربون حول الحلقة، على أن تحصل المجموعات البديلة على أصغر مجموعة أرقام ممكنة. وإذا كان هناك مجموعة بديلة واحدة متصلة بالحلقة فلا ضرورة عندئذٍ للترقيم. ويوضح المثال الآتي عملية تسمية الألكانات الحلقية.

الشكل 10-6 يمكن تمثيل التركيب

البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة .





## تسمية الألكانات الحلقية

سمّ الألكان الحلقي المجاور.

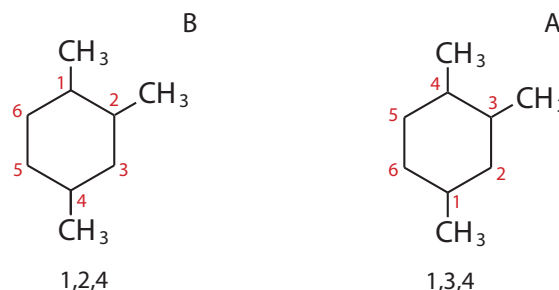
### 1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. عليك اتباع قواعد نظام الأيوباك لتحديد الشكل الحلقي الرئيس ومواقع المجموعات البديلة (التفرعات) للشكل المعطى.

### 2 حساب المطلوب

**الخطوة 1.** حدّد عدد ذرات الكربون في الحلقة، واستخدم اسم الهيدروكربون الحلقي الرئيس. حيث تتألف الحلقة في هذه الحالة، من ست ذرات كربون. لذا فإن الاسم الرئيس هو هكسان حلقي.

**الخطوة 2.** رَقِّم الحلقة ابتداءً من أحد تفرّعات  $(-CH_3)$ ، وِجد الترقيم الذي يعطي أقل مجموعة أرقامًا ممكنة للتفرعات. وفيما يلي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



يضع الترقيم بدءاً من ذرة الكربون في أسفل الحلقة مجموعات  $-CH_3$  على المواقع 1 و 3 و 4 في الشكل A، في حين يضع الترقيم بدءاً من ذرة الكربون في أعلى الحلقة مجموعات  $CH_3$  على المواقع 1 و 2 و 4. وتضع طرائق الترقيم الأخرى مجموعات  $-CH_3$  على مواقع ذات أرقام أعلى. لذا فإن 1 و 2 و 4 هي أقل أرقام ممكنة. لذلك تُستخدم في الاسم.

**الخطوة 3.** سمّ المجموعات البديلة. علماً بأن المجموعات الثلاث جميعها مجموعات ميثيل.

**الخطوة 4.** أضف البادئة لإظهار عدد المجموعات الموجودة، حيث توجد ثلاث مجموعات ميثيل، لذا فإن البادئة (ثلاثي) تُضاف إلى اسم المجموعة ميثيل، فتصبح ثلاثي ميثيل.

**الخطوة 5.** يمكن تجاهل الترتيب الهجائي بسبب وجود نوع واحد من المجموعات.

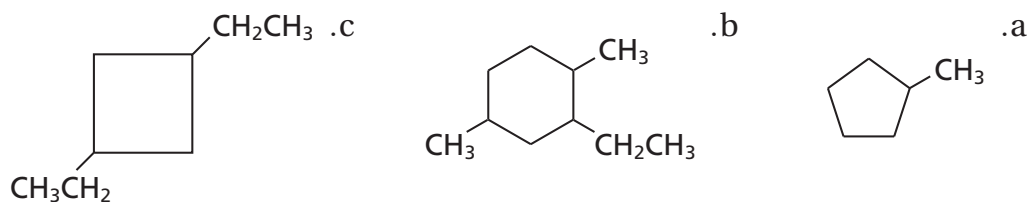
**الخطوة 6.** جَمِّع الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي الرئيس، مستخدماً الفواصل للفصل بين الأرقام، والشرطات للفصل بين الأرقام والكلمات. واكتب الاسم على النحو الآتي:

1، 2، 4 - ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

### 3 تقويم الإجابة

يُرقِّم الشكل الحلقي الرئيس على أن يعطي التفرعات أقل مجموعة أرقام ممكنة. وتشير البادئة (ثلاثي) إلى وجود ثلاث ذرات كربون. ولأن التفرعات كلها هي مجموعات ميثيل، لذا فلا ضرورة للترتيب الهجائي.

10. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:



11. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات التالية:

- a. 1- إيثيل - 3- بروبيل بنتان حلقي.  
b. 1، 2، 2، 4- رباعي ميثيل هكسان حلقي.

### خصائص الألكانات

عرفت سابقاً أن بناء الجزيء يؤثر في خصائصه. فمثلاً رابطة O-H الموجودة في الماء رابطة قطبية، ولأن جزيء H-O-H له شكل هندسي منحني فإن الجزيء نفسه قطبي، لذا تنجذب جزيئات الماء بعضها إلى بعض، وتكوّن روابط هيدروجينية معاً. لذا فإن درجات الغليان والانصهار للماء أعلى كثيراً من سائر المواد المشابهة له في الكتلة الجزيئية وفي الحجم.

تري، ما خصائص الألكانات؟ تتكون جميع الروابط في الهيدروكربونات من ذرة كربون وذرة هيدروجين، أو ذرتي كربون. ويتعذر أن تكون الرابطة بين ذرتين من النوع نفسه - مثل الكربون - رابطة قطبية. لذا تُعد جزيئات الألكانات غير قطبية؛ لأن روابطها جميعاً غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة لمواد أخرى غير قطبية، كما في الشكل 6-11.

**الخصائص الفيزيائية للألكانات** كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى الجدول 4-6، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للسما (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم. وعلى الرغم من ذلك، عندما تُقارَن درجات الغليان والانصهار للميثان



**الشكل 6-11** الكثير من المذيبات-التي تستخدم مادة مرققة في الدهانات، والطلاء، والمواد الشمعية، وأحبار آلات النسخ، والمواد اللاصقة وأحبار الطابعات- تحتوي على الألكانات والألكانات الحلقية.



مقارنة الخصائص الفيزيائية		الجدول 4-6
الميثان CH <sub>4</sub>	الماء H <sub>2</sub> O	المادة والصيغة
16 amu	18 amu	الكتلة الجزيئية
غاز	سائل	حالة المادة عند درجة حرارة الغرفة
-162°C	100°C	درجة الغليان
-182°C	0°C	درجة الانصهار

بما للماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافاً واضحاً وجوهرياً. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الحرارة إلى أن التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيف مقارنة بالتجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوّن روابط هيدروجينية بينها، أما جزيئات الماء فقطبية وتكوّن روابط هيدروجينية.

يفسر الفرق في القطبية والروابط الهيدروجينية أيضاً عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات - مثل زيوت التشحيم - في الماء انفصل السائلان فوراً إلى طبقتين. ويحدث هذا الانفصال لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. لذا فإن الألكانات تذوب في المذيبات المكوّنة من جزيئات غير قطبية.

**الخصائص الكيميائية للألكانات** إن الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي ضعف نشاطها الكيميائي. وكما عرفت سابقاً فإن الكثير من التفاعلات الكيميائية تحدث عندما تنجذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جزئية، مثل جزيء قطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة معاكسة. الجزيئات التي تكون فيها الذرات مرتبطة بروابط غير قطبية - كما في الألكانات - تكون غير قطبية. لذا يكون انجذاب هذه الجزيئات نحو الأيونات أو الجزيئات القطبية ضعيفاً جداً. ويمكن إرجاع ضعف نشاط الألكانات إلى روابط C - C و C - H القوية نسبياً.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

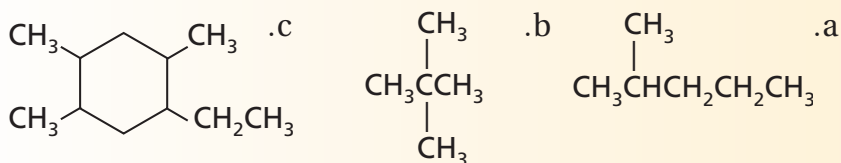
## التقويم 2-6

### الخلاصة

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية الألكانات الحلقية.

12. **الفكرة الرئيسة** صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. **سمّ** الصيغ البنائية التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.



14. **صف** الخصائص العامة للألكانات.

15. **اكتب** الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

- a. 3,4 - ثنائي ميثيل هبتان  
b. 4 - آيزوبروبيل - 3 - ميثيل ديكان  
c. 1 - إيثيل - 4 - ميثيل حلقي هكسان  
d. 1,2 - ثنائي ميثيل حلقي بروبان

16. **تفسير الصيغ البنائية** لماذا يعد الاسم 3-بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3-بيوتيل بنتان؟

## الأهداف

- تصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات.
- تُسمَّى الألكين أو الألكاين اعتماداً على صيغته البنائية.
- تكتب الصيغة البنائية للألكين أو الألكاين إن أعطيت اسمه.
- تقارن خصائص الألكينات والألكاينات بخصائص الألكانات.

## مراجعة المفردات

**الهرمون:** مادة كيميائية تُنتج في جزء من المخلوق الحي وتُنقل إلى جزء آخر، وتؤدي إلى تغير فسيولوجي فيه.

## المفردات الجديدة

الألكين  
الألكاين

## الألكينات والألكاينات

## Alkenes and Alkynes

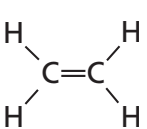
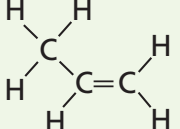
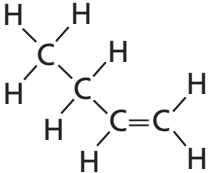
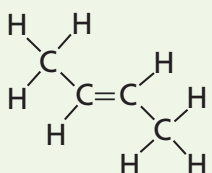
**الفكرة الرئيسية** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

**الربط مع الحياة** تُنتج النباتات الإيثين في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعَرَّض للإيثين حتى تنضج.

## الألكينات Alkenes

تذكر أن الألكانات هيدروكربونات مشبعة؛ لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية بين ذرات الكربون، وأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون. وتسمى الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون **بالألكينات**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية - اثنان من كل ذرة كربون - تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين  $C_2H_4$ .

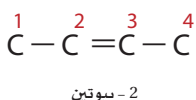
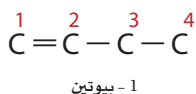
تكوّن الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في الجدول 5-6 فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكل منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي  $C_nH_{2n}$ . يقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي هيدروجين؛ لأن إلكترونين اثنين يكوّنان الرابطة التساهمية الثانية، وهما غير متوافرين للربط بذرات الهيدروجين. ما الصيغ الجزيئية للألكينات ذات ذرات الكربون الست والتسع؟

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية المكثفة
إيثين	$C_2H_4$		$CH_2=CH_2$
بروبين	$C_3H_6$		$CH_3CH=CH_2$
1-بيوتين	$C_4H_8$		$CH_3CH_2CH=CH_2$
2-بيوتين	$C_4H_8$		$CH_3CH=CHCH_3$

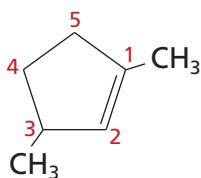
**الشكل 6-12** عند تسمية أي من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة يجب ترقيمها باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

a. ألكينات ذات سلاسل

مستقيمة (غير متفرعة).



b. ألكينات حلقية



**تسمية الألكينات** تُسمى الألكينات بالطريقة المتبعة في تسمية الألكانات نفسها تقريباً. حيث تكتب أسماؤها بتغيير المقطع الأخير (ان) للألكان المناظر إلى المقطع (ين). ويُسمى الألكان الذي يتكون من ذرتي كربون الإيثان، في حين يسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون الإيثين. وبطريقة مماثلة، فالألكين الذي يحتوي ثلاث ذرات كربون يسمى بروبين. وللإيثين والبروبين اسمان قديمان أكثر شيوعاً، هما الإيثيلين والبروبيلين.

يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في الشكل 6-12a. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسة ابتداءً من طرف السلسلة الذي يعطي أصغر رقم لأول ذرة كربون في الرابطة الثنائية. ثم يُستخدم هذا العدد في الاسم.

لاحظ أن البناء الثالث ليس "3-بيوتين" لأنه مطابق للبناء الأول، 1-بيوتين. لذا من الضروري أن تدرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين مادتان مختلفتان، لكل منهما صفاته الخاصة. وتُسمى الألكينات الحلقية تقريباً بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرتي الكربون المرتبطين بالرابطة الثنائية. لاحظ ترقيم المركب في الشكل 6-12b. إن اسم هذا المركب هو 1،3-ثنائي ميثيل بنتين حلقية.

**ماذا قرأت؟** استنتج لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

**تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة** اتبع عند تسميتها قواعد نظام الأيوباك المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة، على أن يؤخذ في الحسبان أمران، أولهما أن تكون السلسلة الرئيسة في الألكينات دائماً أطول سلسلة تحتوي على الرابطة الثنائية، سواء أكانت أطول سلسلة من ذرات الكربون أم لم تكن. وثانيهما أن يحدد موقع الرابطة الثنائية - وليس التفرعات - كيفية ترقيم السلسلة. لاحظ وجود سلسلتين من 4 - ذرات كربون في الجزيء المبين في الشكل 6-13a، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساساً للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2-ميثيل بيوتين.

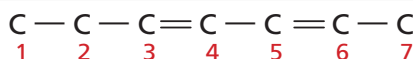
تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام البادئة (داي، تري، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وترقم مواقع الروابط على أن تنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في الشكل 6-13b؟ ستستخدم البادئة (هبتا)؛ لأن الجزيء يحتوي على سلسلة كربونية سباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم البادئة (ثنائي) قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هبتادايين. وبإضافة الرقمين 2 و 4 لتعيين مواقع الروابط الثنائية يصبح الاسم 2،4-هبتادايين.

**الشكل 6-13** تُرقم مواقع الروابط الثنائية

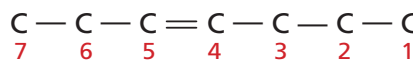
في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من

الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة

والمتفرعة.

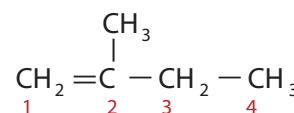


أو



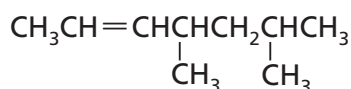
4.2 - هبتادايين

b. رابطتان ثنائيتان



2-ميثيل بيوتين

a. رابطة ثنائية واحدة



تسمية الألكينات المتفرعة

سمّ الألكين المجاور.

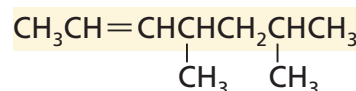
### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت ألكيناً ذا سلسلة متفرعة تحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد نظام الأيوباك لتسمية المركب العضوي.

### 2 حساب المطلوب

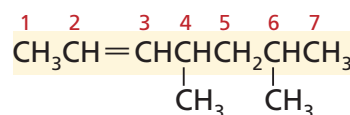
**الخطوة 1.** تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغير الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسة هبتين



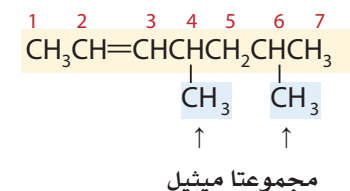
**الخطوة 2.** رقم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسة 2-هبتين



**الخطوة 3.** سمّ كل مجموعة بديلة.

كلتا المجموعتين البديلتين مجموعتا ميثيل

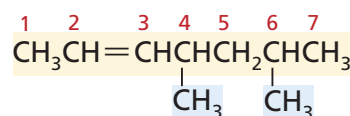


**الخطوة 4.** حدّد عدد كل مجموعة بديلة، وعين البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد، ثمّ أدخل أرقام المواقع لتحصل على البادئة كاملة.

السلسلة الرئيسة 2-هبتين

مجموعتا ميثيل على المواقع 4 و 6

البادئة هي 6,4-ثنائي ميثيل



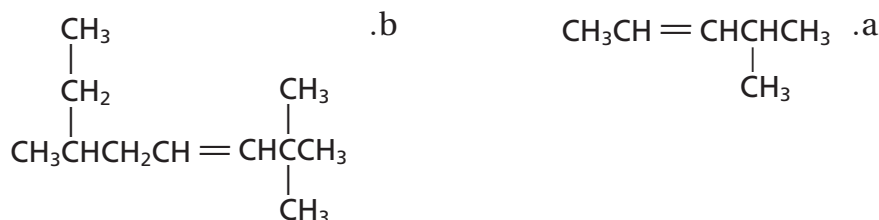
**الخطوة 5.** ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل البادئة الكاملة إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسة، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم: 6,4-ثنائي ميثيل-2-هبتين.

### 3 تقويم الإجابة

تحتوي أطول سلسلة كربونية على الرابطة الثنائية، وموقع الرابطة الثنائية له أصغر رقم ممكن. واستعملت البادئات الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل لتعيين التفرعات.



17. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية IUPAC الآتية:



18. تحفيز رسم الصيغة البنائية للجزء 1، 3- بتدادين.

**خصائص الألكينات واستخداماتها** الألكينات، مثل الألكانات، مواد غير قطبية،

لذا فإن ذائبتها قليلة في الماء، وتكون درجات انصهارها وغليناها منخفضة. لكن الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات؛ حيث إن الرابطة المشتركة الثانية تزيد من الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهينةً بذلك موقعاً جيداً للنشاط الكيميائي. وهذا يجعل المواد المتفاعلة قادرة على جذب إلكترونات الرابطة باى بعيداً عن الرابطة الثائية.

ينتج العديد من الألكينات بصورة طبيعية في المخلوقات الحية. فالإيثين، على سبيل المثال، هرمون تُنتجه النباتات على نحو طبيعي، وهو المسؤول عن عملية النضج في الفواكه، ويؤدي دوراً في عملية تساقط أوراق الأشجار إيداناً بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في الشكل 14-6 وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعياً عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب. وهناك ألكينات أخرى مسؤولة عن روائح الليمون الأصفر، والليمون الأخضر، وأشجار الصنوبر.

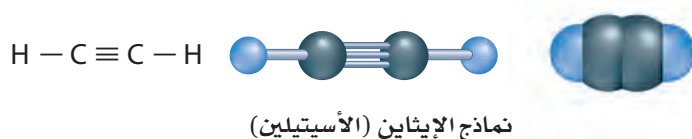
**الشكل 14-6 استخدام الإيثين في إنضاج**

الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج.

**فَسِّرْ** لماذا يعدّ هذا نافعاً ومناسباً للمزارعين؟



**الشكل 6-15** تُمثّل هذه النماذج البنائية الثلاثة الإيثاين.



## الألكاينات Alkynes

تُسمى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون الألكاينات. وتشارك في الرابطة الثلاثية ثلاثة أزواج من الإلكترونات. ويعد الإيثاين  $\text{C}_2\text{H}_2$  أبسط الألكاينات وأكثرها استخدامًا، وهو معروف على نطاق واسع باسمه الشائع، أسيتيلين. تفحص نماذج الإيثاين في الشكل 6-15.

**تسمية الألكاينات** تُسمى الألكاينات المستقيمة والمتفرعة بطريقة مماثلة للألكينات. والفرق الوحيد هو أن اسم السلسلة الرئيسة ينتهي بـ (اين) بدلاً من (ين). كما يظهر في أمثلة الجدول 6-6. وتُشكّل الألكاينات المحتوية على رابطة ثلاثية واحدة سلسلةً متماثلة لها الصيغة العامة  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . **ماذا قرأت؟** استنتج، اعتمادًا على طبيعة روابط الإيثاين، لماذا يتفاعل بسرعة عالية مع الأكسجين؟

أمثلة على الألكاينات			الجدول 6-6
الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	الاسم
$\text{CH} \equiv \text{CH}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	$\text{C}_2\text{H}_2$	إيثاين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{C}_3\text{H}_4$	بروباين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_4\text{H}_6$	1 - بيوتاين
$\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad \quad   \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_4\text{H}_6$	2 - بيوتاين

## تجربة

### تحضير الإيثاين وملاحظة خصائصه

لماذا يستخدم الإيثاين في مشاغل اللحام؟

#### خطوات العمل



1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. استخدم قطعة مطاط لتثبيت قطعة خشب رفيعة إلى طرف مسطرة طولها 40 cm تقريباً، على أن يمتد 10 cm تقريباً من قطعة الخشب خارج المسطرة.

3. ضع 120 mL ماء في كأس مدرجة سعتها 150 mL، وأضف إليها 5 mL من سائل (منظف) الجلي، ثم اخلطها جيداً.

4. استخدم الملقط لالتقاط قطعة من كربيد الكالسيوم  $CaC_2$  بحجم حبة البازلاء. تحذير:  $CaC_2$  مادة كاوية وحارقة؛ فإذا لامس غبارها جلدك فاغسله بالماء فوراً. وضعها في المحلول الذي في الكأس.

5. استخدم عود ثقاب لإشعال قطعة الخشب، وأنت تمسك بالمسطرة من الطرف المقابل. وقرب قطعة الخشب المشتعلة حالاً من الفقافيع الناتجة عن التفاعل الحاصل في الكأس. ثم أطفئ قطعة الخشب بعد ملاحظة التفاعل.

6. استخدم ساق التحريك لطرد بعض فقافيع الإيثاين. هل تطفو في الهواء أم تغرق؟

7. اغسل الكأس الزجاجية جيداً، ثم أضف 25 mL ماء مقطراً وقطرة من محلول فينول فتالين. وضع قطعة صغيرة من  $CaC_2$  في المحلول باستخدام الملقط، ثم لاحظ النتائج.

### التحليل

1. استنتج ما الذي يمكنك أن تستنتجه حول كثافة الإيثاين مقارنة بكثافة الهواء؟

2. توقع يُنتج تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء مادتين، الأولى: غاز الإيثاين  $C_2H_2$ . فما المادة الثانية؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

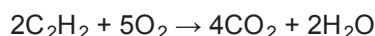
#### المعطيات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

**خصائص الألكينات واستعمالاتها** للألكينات خصائص فيزيائية وكيميائية شبيهة بالألكينات. وتخضع الألكينات لكثير من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات، إلا أن الألكينات أكثر نشاطاً من الألكينات عموماً؛ وذلك لأن الرابطة الثلاثية في الألكينات تُشكّل كثافة إلكترونية أكبر مما في رابطة الألكينات الثنائية. إن هذا التجمع من الإلكترونات فعال في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يجعلها غير متماثلة الشحنة، لذا تكون أكثر نشاطاً.

إن الإيثاين - المعروف بالأسيتيلين - ناتج ثانوي عن تنقية البترول، وينتج أيضاً بكميات كبيرة عن تفاعل كربيد الكالسيوم  $CaC_2$  مع الماء. عندما يزود الإيثاين بكمية كافية من الأكسجين يحترق منتجاً لهباً ذا حرارة عالية جداً قد تصل إلى  $3000^\circ C$ ، وتستعمل مشاعل الأسيتيلين عادةً في لحام الفلزات، كما في الشكل 16-6. ولأن الرابطة الثلاثية تجعل الألكينات أكثر نشاطاً فإن الألكينات البسيطة كالإيثاين تُتخذ مواداً أولية في صناعة البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية العضوية المستخدمة في الصناعة.

الشكل 16-6 يتفاعل الإيثاين، أو الأسيتيلين، مع الأكسجين وفق المعادلة:



وتنتج كمية كافية من الحرارة تستعمل في لحام الفلزات.



## التقويم 6-3

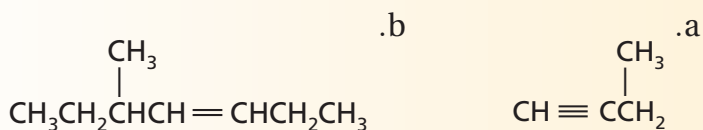
### الخلاصة

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

19. **الفكرة الرئيسية** صف كيف تختلف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغة البنائية للألكانات.

20. حدّد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات والألكاينات عما تتصف به الألكانات.

21. سمّ الصيغ البنائية أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.



22. اكتب الصيغة البنائية لـ 4-ميثيل-1،3-بنتادين و 3،2-ثنائي ميثيل-2-بيوتين.

23. استنتج كيف تُقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكل من الألكينات والألكانات التي تحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. فسر إجابتك.

24. توقع ما الترتيبات الهندسية التي تتوقع أن تكونها الروابط المحيطة بذرة الكربون في الألكانات، والألكينات، والألكاينات؟

## متشكلات الهيدروكربونات

### Hydrocarbon Isomers

**الفكرة الرئيسية** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

**الربط مع الحياة** هل قابلت يوماً توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكلات شبيهة بالتوائم؛ إذ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

### المتشكلات البنائية Structural Isomers

تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في الشكل 6-17 لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$ . ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و2-ميثيل بيوتان، و2،2-ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات isomers. والمتشكلات عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشككين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي  $C_5H_{10}$ .

هناك فئتان رئيسيتان من المتشكلات. ويُبين الشكل 6-17 مركبات تعدّ أمثلة على المتشكلات البنائية. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتدعم هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها". كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات  $C_5H_{12}$  بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية  $C_7H_{16}$ . وهناك أكثر من 300,000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية  $C_{20}H_{42}$ .

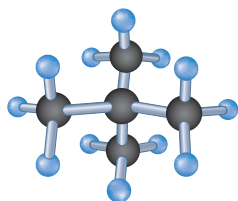
- تميز بين الفئتين الرئيسيتين للمتشكلات البنائية والفراغية.
- تفرّق بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس.
- تصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

### مراجعة المفردات

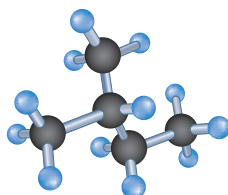
الإشعاع الكهرومغناطيسي؛ أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

### المفردات الجديدة

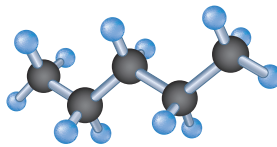
المتشكلات  
المتشكلات البنائية  
المتشكلات الفراغية  
المتشكلات الهندسية  
الكيرالية  
ذرة الكربون غير المتماثلة  
المتشكلات الضوئية  
الدوران الضوئي



2,2-ثنائي ميثيل بروبان  
درجة الغليان =  $9^{\circ}\text{C}$



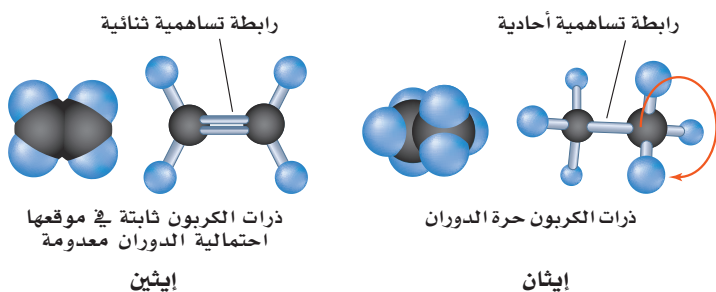
2-ميثيل بيوتان  
درجة الغليان =  $28^{\circ}\text{C}$



بنتان  
درجة الغليان =  $36^{\circ}\text{C}$

**الشكل 6-17** إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.





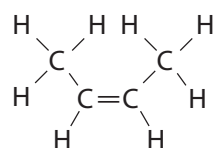
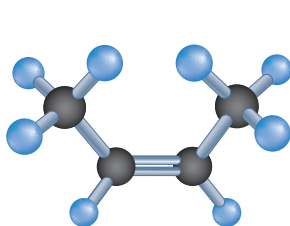
تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران. **فسّر** كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

## المتشكلات الفراغية Stereoisomers

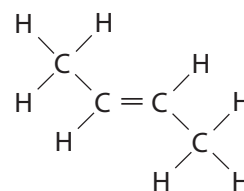
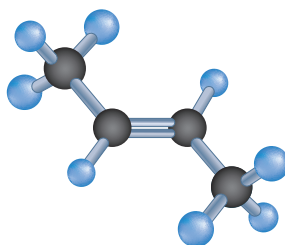
تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جداً في الروابط؛ فالمتشكلات الفراغية متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداها حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في الشكل 6-18.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2-بيوتين في الشكل 6-19. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يُشار إليه بالبادئة (سيس)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبادئة (ترانس). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (سيس) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب سيس لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب ترانس.

الشكل 6-19 يختلف هذان المتشكلات لـ 2-بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف. لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.



سيس-2-بيوتين ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )  
درجة الانصهار =  $-139^\circ\text{C}$   
درجة الغليان =  $3.7^\circ\text{C}$



ترانس-2-بيوتين ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )  
درجة الانصهار =  $-106^\circ\text{C}$   
درجة الغليان =  $0.8^\circ\text{C}$

## واقع الكيمياء في الحياة

### الدهون غير المشبعة



**المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون**  
ذات متشكلات ترانس دهون ترانس.  
وتحضر الكثير من الأطعمة المغلفة  
باستخدام دهون ترانس؛ لأن لها فترة  
حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن  
هذه الدهون تزيد من نوع الكولسترول  
الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد  
من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

**الشكل 20-6** إن انعكاس يديك اليمنى في

المرآة يبدو تمامًا مثل يديك اليسرى.



وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول  
الرابط الثنائية بالمتشكلات الهندسية. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي  
يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار  
والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية.  
وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان  
لمتشكلات سيس و ترانس عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

## الكيرالية Chirality

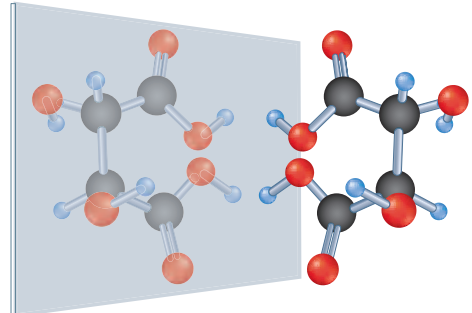
**الرابط** علم الأحياء

في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب  
لويس باستور (1822-1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي  
حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة.  
ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في الشكل 20-6، لذا  
سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي  
حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار،  
والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية  
التخمير، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيتها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في الترتيبين في الشكل 21-6.  
ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D - حمض الطرطريك، و L - حمض  
الطرطريك. ويرمز الحرفان D و L إلى البادئين اللاتينيتين (dextro) وتعني

**الشكل 21-6** تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما

باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D - حمض الطرطريك)  
في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L - حمض  
الطرطريك).



L- حمض الطرطريك

D- حمض الطرطريك

جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمى الخاصية التي يوجد فيها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى **الكيرالية**. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في المخلوقات الحية - ومنها الحموض الأمينية المكوّنة للبروتينات - بهذه الكيرالية. وتستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

## المتشكلات الضوئية Optical Isomers

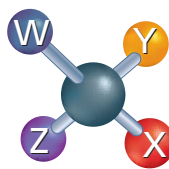
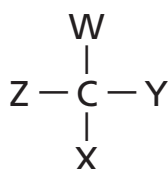
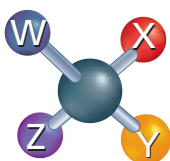
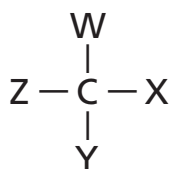
أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في الشكل 22-6، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تمامًا.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تمامًا؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X و Y من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيرًا.

**المتشكلات الضوئية** متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفزة

### المطويات

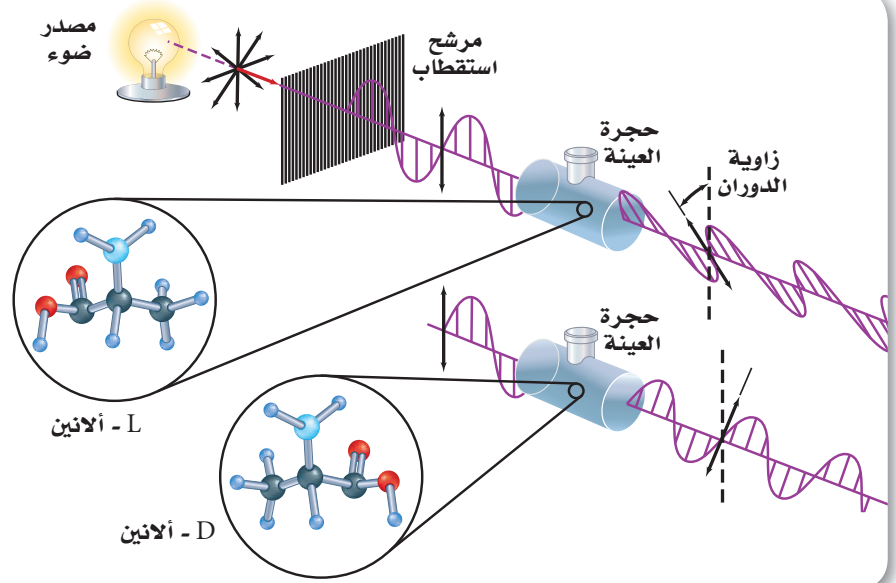
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



**الشكل 22-6** تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.

### الشكل 6-23 يَنْتُج الضوء المستقطب

بتمرير الضوء العادي من خلال مُرَشِّح (فلتر) يبيث فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي التشكلان إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.



بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فالحايات البشرية مثلاً تسمح بدخول الحموض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوريك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضاً. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضاراً.

**الدوران الضوئي** إن التشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى التشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجاً التأثير المُسمى **الدوران الضوئي**. ويظهر هذا التأثير في الشكل 6-23.

قد يكون L - ميثول أحد التشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضاً. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرأة) D - ميثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L - ميثول نفسه.

## التقويم 6-4

### الخلاصة

- 25. **الفكرة الرئيسية** اكتب المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية  $C_6H_{14}$  جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.
- 26. **هسّر** الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
- 27. **ارسم** أشكال كل من سيس-3-هكسين وترانس-3-هكسين.
- 28. **استنتج** لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟
- 29. **قوم** يُنتج تفاعل معين 80% ترانس-2-بنتين و 20% سيس-2-بنتين. ارسم شكل هذين المتشككين الهندسيين، وكوّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشككين بهذه النسبة.
- 30. **اعمل نماذج** ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشككين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:  
 $-H$ ,  $-CH_3$ ;  $-CH_2CH_3$ ;  $-CH_2CH_2CH_3$ .

- المتشكلات مركبان أو أكثر لهما الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معاً.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).



## الهيدروكربونات الأروماتية

## Aromatic Hydrocarbons

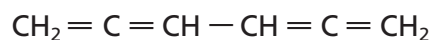
**الفكرة الرئيسية** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

**الربط مع الحياة** ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منهما يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

## الصيغة البنائية للبنزين The Structure of Benzene

إن الأصباغ الطبيعية - ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في الشكل 24-6 - والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراية أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التراكيب الحلقية غامضة.

إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين، الذي عُزل أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791-1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ  $C_6H_6$  إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي  $C_6H_{14}$ . ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كليهما معًا. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.



- تقارن بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية.
- توضح المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.
- تسمي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

## مراجعة المفردات

**المجالات المهجنة:** دمج المجالات الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على مجالات إلكترونية متماثلة الشكل والطاقة.

## المفردات الجديدة

المركب الأروماتي  
المركب الأليفاتي



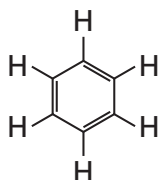
**الشكل 24-6** استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة

ذات الألوان الزاهية على مر العصور.

**فسر** ما الشيء المشترك بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية) المستخدمة في العطور؟

وعلى الرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي  $C_6H_6$  فإن مثل هذا الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائياً، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

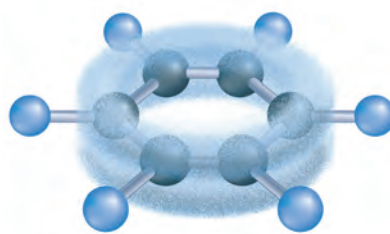
**حلم كيكولي** في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829-1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين - وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَنُ الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، بلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ "أوروبوروس، Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

**نموذج البنزين الحديث** أكدت الأبحاث منذ اقترح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضاً عن ذلك تكون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل 25-6 يوضح أن عدم التمرکز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتاً كيميائياً؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيداً مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.



**الشكل 25-6** تتوزع إلكترونات البنزين الرابطة بالتساوي في صورة كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

## المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال

الشائع

أروماتي (Aromatic)

الاستعمال العلمي: مركب عضوي ثابت التركيب بسبب عدم بقاء الإلكترونات في مكان واحد.

كأن نقول مثلاً: البنزين مركب أروماتي

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

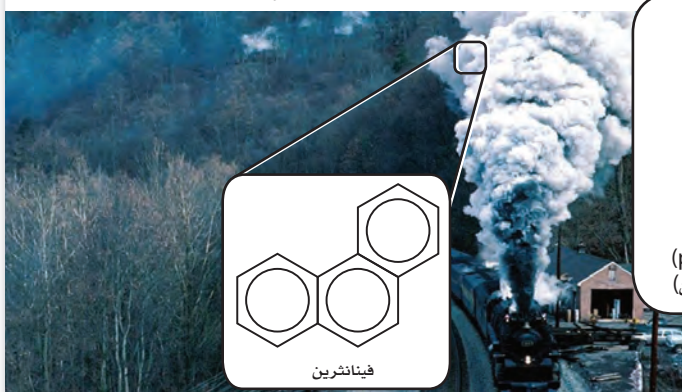
كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة قوية.



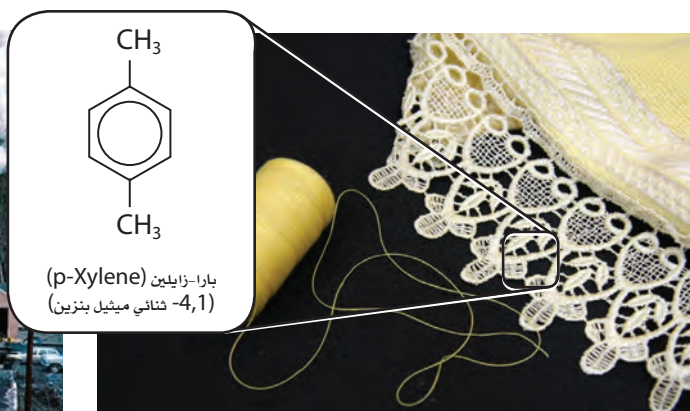
يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طارداً للعث.



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.



يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.



يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

## المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

**الشكل 6-26** توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

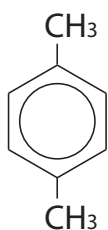
تُسمى المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءاً من بنائها **المركبات الأروماتية**. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكينات **المركبات الأليفاتية** لتمييزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني **الدَّهن**. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما بعض الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** لماذا استمر الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

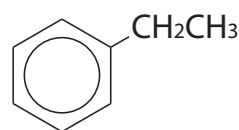
تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في الشكل 6-26. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفتالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنباً إلى جنب. ويعد النفثالين مثالاً على نظام الحلقات الملتحمة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتشارك ذرات الكربون المكوّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

**تسمية المركبات العضوية الأروماتية** للمركبات الأروماتية القدرة على امتلاك مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيل البنزين، المعروف أيضاً بـ (التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بديلة مرتبطة مع حلقة البنزين تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

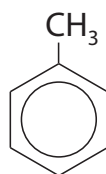
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4-ثنائي ميثيل بنزين، para - xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



1، 4-ثنائي ميثيل بنزين



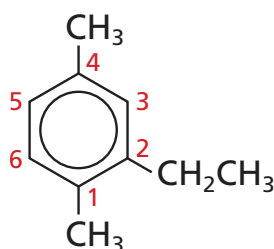
إيثيل بنزين



ميثيل بنزين  
(تولوين)

وتُرقم حلقات البنزين المتفرعة تماماً مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في الشكل 6-27. إن ترقيم الحلقة - كما هو مبين - يعطي الأرقام 1، 2، و 4 لمواقع المجموعات البديلة. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2-إيثيل - 1، 4-ثنائي ميثيل بنزين.

**ماذا قرأت؟** فسر ماذا تعني الدائرة داخل الحلقة السداسية الظاهرة في الشكل 6-27؟

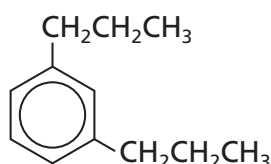


2 - إيثيل - 1، 4 - ثنائي ميثيل بنزين

**الشكل 6-27** تسمى حلقات البنزين ذات التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.



تسمية المركبات الأروماتية سمّ المركب الأروماتي التالي.

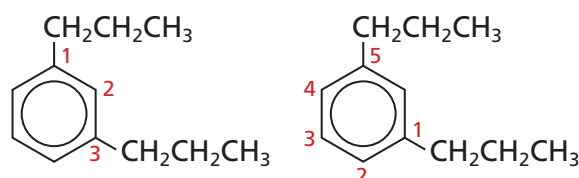


### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مركبًا أروماتيًا، اتبع القواعد لتسميته.

### 2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.



إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

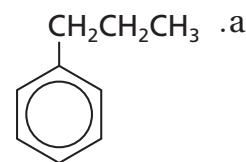
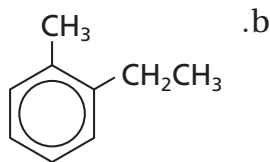
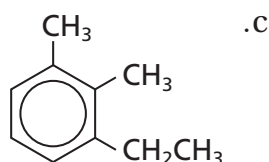
الخطوة 3. جّع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائيًا، مستخدمًا الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3-ثنائي بروبيل بنزين.

### 3 تقويم الإجابة

رُقمّت حلقة البنزين لتعطي التفرعات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحُدّدت أسماء المجموعات البديلة على نحو صحيح.

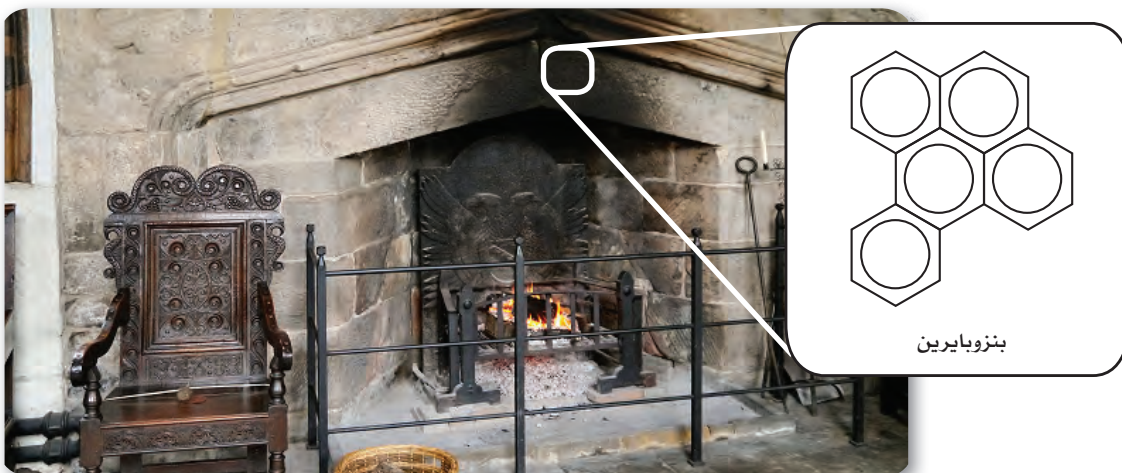
### مسائل تدريبية

31. سمّ الصيغ البنائية التالية:



32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركب 1، 4-ثنائي ميثيل بنزين.





بنزوباييرين

**المواد المسرطنة** شاع سابقاً استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولوين والإكزايلين، بوصفها مذيبات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تمّ تعرّفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في سِنَاج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جداً. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوباييرين الظاهر في الشكل 6-28، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخاليط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضاً بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

**الشكل 6-28** بنزوباييرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## التقويم 6-5

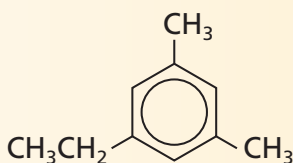
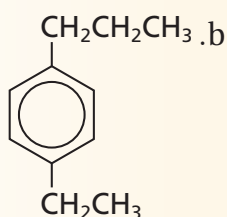
### الخلاصة

33. **الفكرة الرئيسية** فسّر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

34. فسّر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

35. صف خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه أليفاً ذا روابط ثنائية متعددة.

36. سمّ الصيغ البنائية التالية:



37. فسّر لماذا كانت العلاقة بين البنزوباييرين، والسرطان وطيدة؟

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

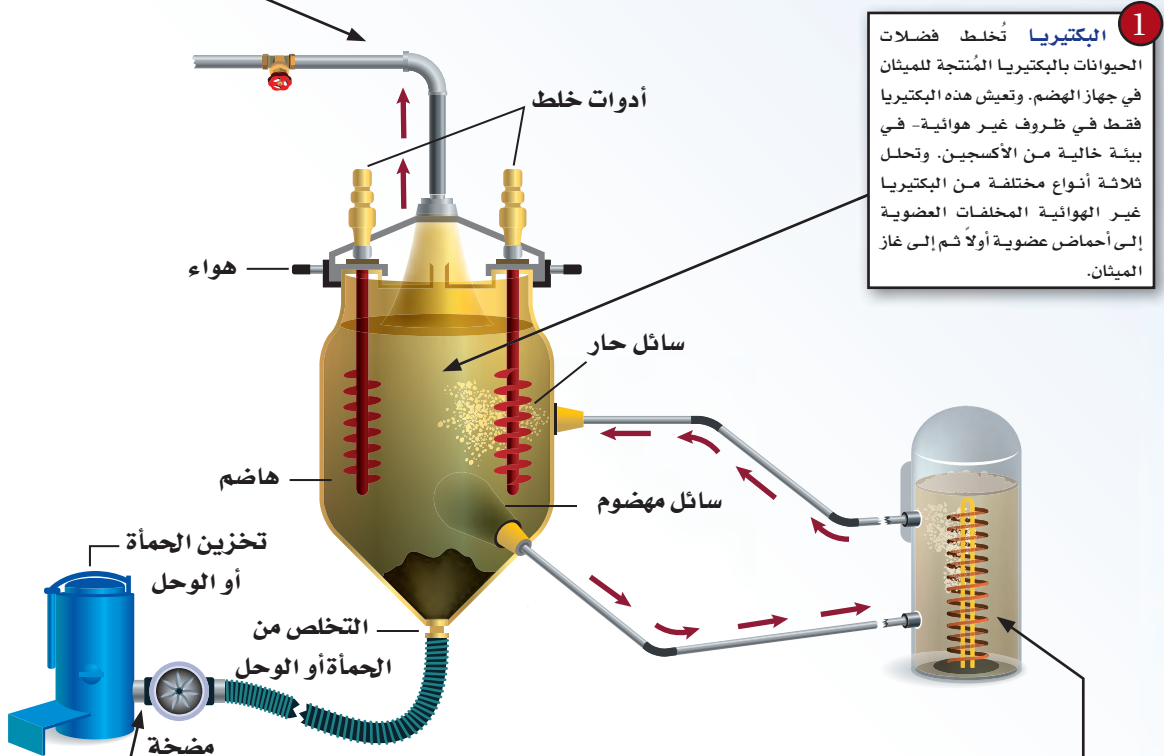
# كيف تعمل الأشياء؟

## تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل جهاز هضم الميثان؟

يأمل المتخصصون أن يساهم مربو الحيوانات الأليفة في تقديم المخلفات العضوية لحيواناتهم لمشروع تجريبي يحوّل المواد العضوية إلى طاقة مفيدة؛ إذ يحول جهاز هضم الميثان المخلفات العضوية إلى غاز بيولوجي (حيوي) - وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون، وحرق الميثان يزوّد بالطاقة اللازمة.



**4** الغاز يُجمع الغاز ويضغط، فإما أن يُستخدم فوراً أو يُخزن. ويمكن استعمال غاز الميثان لتدفئة المنازل أو توليد الكهرباء.



**1** البكتيريا تُخلط فضلات الحيوانات بالبكتيريا المُنتجة للميثان في جهاز الهضم. وتعيش هذه البكتيريا فقط في ظروف غير هوائية - في بيئة خالية من الأكسجين. وتحلل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا غير الهوائية المخلفات العضوية إلى أحماض عضوية أولاً ثم إلى غاز الميثان.

**2** درجة الحرارة تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان، كما هو الحال في أي تفاعل كيميائي. ومن ذلك البكتيريا في أجسامنا. إن البكتيريا في الجهاز أعلاه تكون أكثر فاعلية بين 35 °C و 37 °C. ويساعد جهاز التدفئة الخارجي. بالإضافة إلى العزل الحراري حول حجرة الهضم. على إبقاء درجة الحرارة ثابتة وضمن الحدود المثالية.

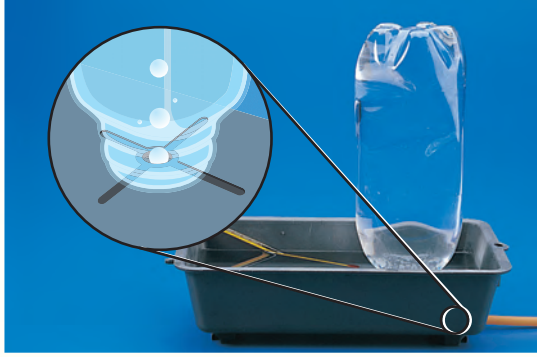
**3** الحمأة لا تستطيع البكتيريا تحويل المخلفات العضوية للحيوانات بنسبة 100% إلى ميثان. فالمادة المتبقية غير القابلة للهضم المسمّاة بالحمأة أو الفضلات تكون غنية بالسّماد النباتي، ويمكن خلطها مع التربة.

### الكتابة في الكيمياء

ابحث اعمل كتيّباً تبين فيه كيفية إنتاج الغاز من المخلفات العضوية.

# مختبر الكيمياء

## الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن



**الخلفية النظرية** دعت الحاجة إلى تغيير أحد صمامات الغاز في المختبر. فقال محضّر المختبر إن الغاز المستعمل هو غاز البروبان، على حين قال المعلم إن الغاز هو الغاز الطبيعي أو غاز الميثان. استعمل الطرائق العلمية للفصل بينهما.

**السؤال** أي نوع من غازات الألكانات يستعمل في مختبر العلوم؟

### المواد والأدوات اللازمة

- باروميتر
- مقياس حرارة (ثيرمومتر)
- قارورة مشروبات غازية
- قارورة مشروبات غازية
- سعتها 1 L، وأخرى سعتها
- ميزان (0.01g)
- محارم ورقية
- 2 L بغطاء.
- أنابيب مطاطية

### إجراءات السلامة

تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال، احفظ السوائل والأبخرة بعيداً عن مصادر اللهب والشرر.

### خطوات العمل

8. سجل كتلة القارورة المملوءة بالغاز.
9. ضع القارورة داخل صندوق سحب الغازات وانزع الغطاء وأخرج الغاز جميعه بالضغط على جوانب القارورة. ثم املاً القارورة بالماء وسجل حجمه بوضعه في المختبر المدرج.
10. النظافة والتخلص من النفايات نظّف مكان العمل بحسب الارشادات.

### حل واستنتج

1. جد قيمة كثافة الهواء تحت 1 atm ودرجة حرارة 20 °C تساوي 1.205 g/L. واستعمل حجم القارورة لحساب كتلة الهواء في الزجاج.
2. احسب كتلة القارورة الفارغة، وكتلة الغاز فيها، واستعمل حجم الغاز ودرجة حرارة الماء والضغط الجوي وقانون الغاز المثالي في حساب عدد مولات الغاز الذي تم جمعه. واستعمل أيضاً كتلة الغاز وعدد المولات في حساب الكتلة المولية للغاز.
3. استنتج كيف تقارن بين الكتلة المولية المحسوبة والكتلة المولية للميثان، الإيثان، والبروبان؟ استنتج نوع الغاز في القارورة.
4. تحليل الخطأ. اقترح مصادر للأخطاء في هذه التجربة.

### الاستقصاء

صمّم تجربة لاختبار تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة أو الضغط الجوي في نتائج تجربتك.



الفكرة العامة: تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

### 6-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

#### الفكرة الرئيسية

الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

#### المفردات

- المركب العضوي
- الهيدروكربون المشبع
- الهيدروكربون غير المشبع
- التكسير الحراري
- التقطير التجزيئي
- الهيدروكربون

#### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون؛ إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

### 6-2 الألكانات

#### الفكرة الرئيسية

الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

#### المفردات

- السلسلة المتماثلة
- السلسلة الرئيسية
- المجموعة البديلة
- الألكان
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

#### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.

### 6-3 الألكينات والألكاينات

#### الفكرة الرئيسية

الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، وأما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

#### المفردات

- الألكاين
- الألكين

#### المفاهيم الرئيسية

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

### 6-4 متشكلات الهيدروكربونات

#### الفكرة الرئيسية

لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

#### المفردات

- المتشكلات
- المتشكلات البنائية
- المتشكلات الفراغية
- المتشكلات الهندسية
- الكيرالية
- ذرة الكربون غير المتماثلة
- المتشكلات الضوئية
- الدوران الضوئي

#### المفاهيم الرئيسية

- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

### 6-5 الهيدروكربونات الأروماتية

#### الفكرة الرئيسية

تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

#### المفردات

- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

#### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءًا من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.



## 6-1

## إتقان المفاهيم

38. الكيمياء العضوية لماذا أدى اكتشاف فوهلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟

39. ما الخاصية الرئيسة للمركب العضوي؟

40. ما خاصية الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟

41. سمّ مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

42. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي تستعمل لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

43. فسر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

## إتقان حل المسائل

44. التقطير رتب المركبات المدرجة في الجدول 6-7 حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

الجدول 6-7 درجات غليان الألكانات

المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	- 161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	- 0.5
البروبان	- 42.1

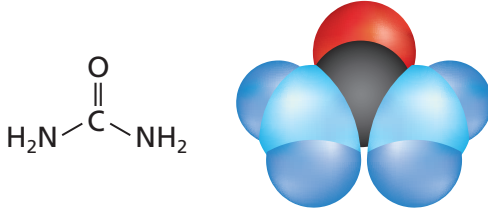
45. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟

a. رابطة أحادية

b. رابطة ثنائية

c. رابطة ثلاثية

46. يبين الشكل 29-6 نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 29-6

a. حدّد نوع كل من النموذجين.

b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.

47. تمثّل الجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، والنموذج الفراغي. ما مزايا ومساوئ كل نموذج؟

## 6-2

## إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المتماثلة للهيدروكربونات.

49. اتقود سمّ ثلاثة ألكانات تتخذ وقودًا، ثم اذكر استخدامًا آخر لكل منها.

50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. الإيثان c. البروبان

b. الهكسان d. الهبتان

51. اكتب الصيغ البنائية المكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.

52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:

a. الميثان

b. البيوتان

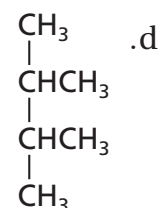
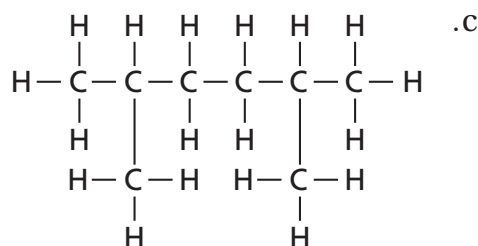
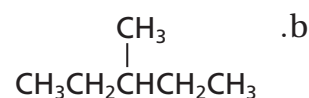
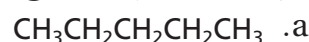
c. الأوكتان

**53. كيف يختلف بناء الألكان الحلقي عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟**

**54. درجات التجمد والغليان** استخدم الماء والميثان لتفسير كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في درجة غليان ودرجة تجمد المادة.

## إتقان حل المسائل

**55. سَمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية التالية:**



**56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:**

**a. هبتان**

**b. 2- میشل، هکسان**

**c. 2،3- ثنائی میٹیل بتان**

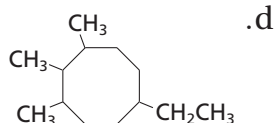
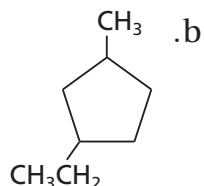
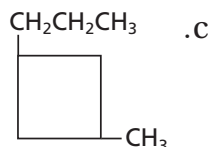
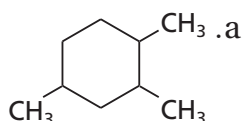
**d. 2,2-ثنائي ميثيل بروبان**

57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

**a. 1، 2- ثنائی میشل بروبان حلقی**

**b. 1،1- ثنائى إيثيل-2-ميشيل حلقى بتان.**

**58. سَمِّ المَرَكَبَاتِ الَّتِي لَهَا الصِّيغَةُ الْبَنَائِيَّةُ الْآتِيَةُ:**



## 6-3

## إتقان المفاهيم

**59. فسر كيف تختلف الألكينات عن الألكانات، وكيف تختلف**

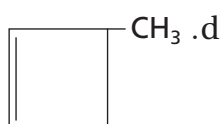
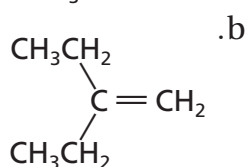
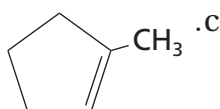
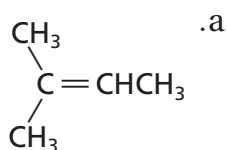
الألڪائنات عن كلٍّ من الألكينات والألكانات؟

60. يُبنى اسم الهيدروكربون على أساس اسم السلسلة الرئيسة.

فسر كيف تختلف طريقة تحديد السلسلة الرئيسة عند تسمية الألكينات عنها عند تسمية الألكانات؟

## إتقان المسائل

**61. سَمِّ المركبات المُمَثِّلَة بالصيغ البنائية المكشوفة الآتية:**



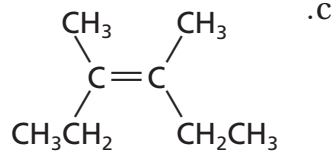
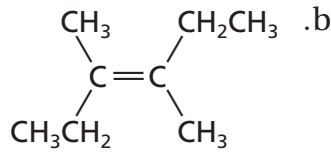
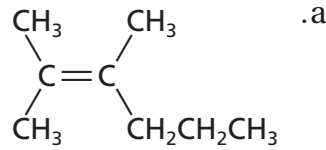
62. اكتب صيغاً بنائية مكثفة للمركبات الآتية:

**a. 1،4-ثنائي إيثيل هكسين حلقى**

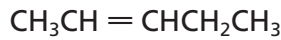
**b. 2، 4- ثنائى میشل-1-اؤکتین**

**c. 2,2-ثنائی میٹیل-3-ہکسائین**

71. عيّن زوج المتشكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبيّناً سبب اختيارك، ثم فسّر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:



72. اكتب متشكّلين سيس وترانس للجزيء المُمثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:



## 6-5

### إتقان المفاهيم

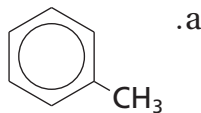
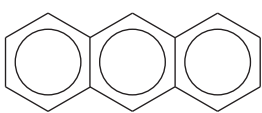
73. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

74. ما المقصود بالمواد المُسرّطنة؟

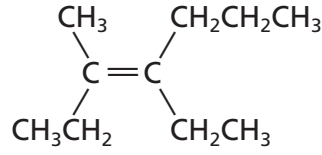
### إتقان حل المسائل

75. اكتب الصيغة البنائية لـ 1،2-ثنائي ميثيل بنزين.

76. سمّ المركبات المُمثلة بالصيغ البنائية الآتية:



63. سمّ المركب المُمثل بالصيغة البنائية الآتية:



## 6-4

### إتقان المفاهيم

64. فيم تشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟

65. صف الاختلاف بين متشكلات سيس وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

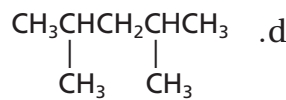
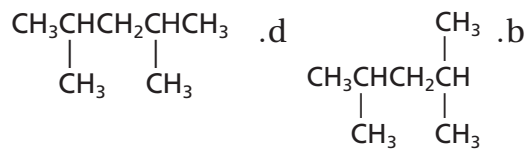
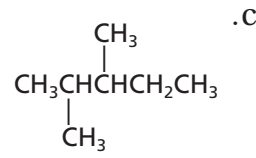
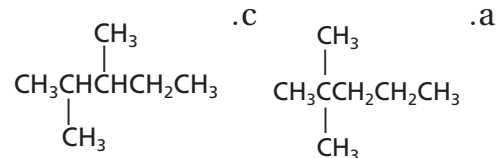
66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

67. الضوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

### إتقان حل المسائل

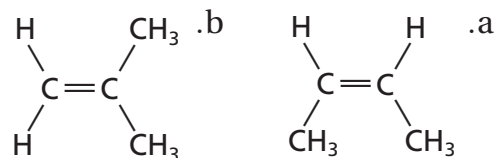
69. عيّن زوج المتشكلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:



70. اكتب صيغاً بنائية مكثفة لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

### مراجعة عامة

77. هل تمثل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسّر إجابتك.



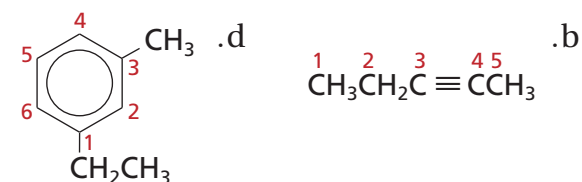
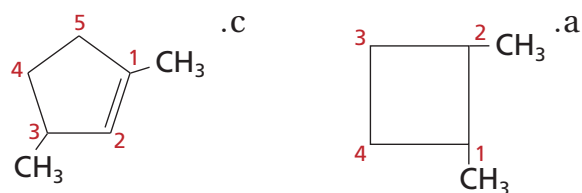
78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

79. إذا كانت الصيغة العامة للألكانات هي  $C_nH_{2n+2}$ ، فحدد الصيغة العامة للألكانات الحلقية.

80. الصناعة لماذا تُعدّ الهيدروكربونات غير المشبعة بوصفها مواد أولية أكثر فائدة في الصناعة الكيميائية من الهيدروكربونات المشبعة؟

81. هل يُعد البنجان الحلقي متشكلاً للبنجان؟ فسّر إجابتك.

82. حدّد ما إذا كان كل من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعد كتابتها بالترقيم الصحيح:



83. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل  $C_5H_{12}$ ؟

84. أيهما تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكلات البنائية أم زوج من المتشكلات الفراغية؟ فسّر استنتاجك.

85. فسّر لماذا نحتاج إلى الأرقام في أسماء أيوباك للعديد من الألكينات والألكينات المستقيمة، في حين أننا لسنا بحاجة إلى كتابتها في أسماء الألكانات المستقيمة.

86. يُسمّى المركّب المحتوي على رابطتين ثنائيتين بالدايين، والصيغة البنائية المكثفة أدناه تمثل المركب 1،4-بنتاداين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركب 1،3-بنتاداين.



### التفكير الناقد

87. حدّد اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

- 2-إيثيل-2-بيوتين
- 1،4-ثنائي ميثيل هكسين حلقي
- 1،5-ثنائي ميثيل بنزين

88. استنتج يطلق الديكستروز dextrose؛ في بعض الأحيان على سكر الجلوكوز؛ لأن محلول الجلوكوز عُرف بأنه dextrorotatory. حلّل هذه الكلمة، وحدد ما تعنيه.

89. تفسير التصورات العلمية ارسم بناء كيكولي للبنزين، وفسّر لماذا لا يمثل الصيغة البنائية الفعلية؟

90. السبب والنتيجة فسّر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

91. فسّر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجة غليان الألكانات.

## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

96. الجازولين كان المركب "رباعي إيثيل الرصاص" لسنوات كثيرة، مكوناً أساسياً في الجازولين لمنع الفرقة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يتخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

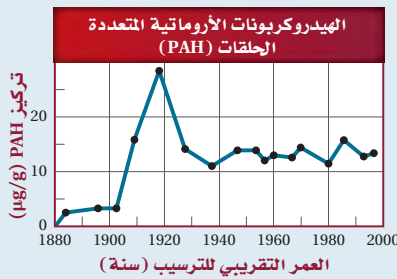
97. العطور يتكون المسك المستعمل في العطور من الكثير من المركبات التي تشمل ألكانات حلقية كبيرة. ابحث عن مصادر مركبات المسك الطبيعي والصناعي في هذه المنتجات، واكتب تقريراً موجزاً حولها.

## أسئلة المستندات

## الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) وهي مركبات طبيعية، ولكن قد يزيد النشاط الإنساني من تركيزها في البيئة. ولدراسة مركبات PAH جُمعت عينات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوى مشعة لمعرفة متى ترسب كل مكون رئيس فيها. الشكل 29-6 يبين تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) التي عُثِر عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك. البيانات مأخوذة من:

2005. Environmental science technology 39(18): 7012-7019



الشكل 30-6

98. قارن بين معدلات تراكيز PAH قبل 1905 م وبعد 1925 م.  
99. تنتج بعض النباتات والحيوانات مركبات PAH بكميات قليلة، ولكن معظمها يأتي من النشاطات البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استنتج السبب وراء الانخفاض النسبي في مستويات PAH في العقد الأخير من القرن التاسع عشر وبدايات العقد الأول من القرن العشرين.

## مسألة تحفيز

92. ذرات الكربون الكيرالية يحتوي الكثير من المركبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكل ذرة كربون كيرالية في المركب زوج من المتشكلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكلات المحتملة للمركب مساوٍ لـ  $2^n$ ، حيث تشير  $n$  إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتب الصيغ البنائية للمركبات أدناه، وحدد عدد المتشكلات الفراغية الممكنة لكل منها.

- a. 3,5-ثنائي ميثيل نونان  
b. 3,7-ثنائي ميثيل -5-إيثيل ديكان.

## مراجعة تراكمية

93. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني  $[Ar]3d^64s^2$  الأقل طاقة؟

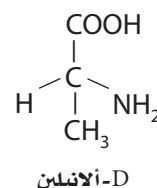
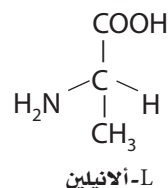
94. ما شحنة الأيون المتكوّن من المجموعات الآتية؟  
a. الفلزات القلوية.  
b. الفلزات القلوية الأرضية.  
c. الهالوجينات.

95. اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات الاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثانين المنتجة للماء وثنائي أكسيد الكربون.



## أسئلة الاختيار من متعدد

1. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريباً على هيئة (L). فأَي المصطلحات الآتية يصف بدقة L-أنيلين و D-أنيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

- متشكلات بنائية
  - متشكلات هندسية
  - متشكلات ضوئية
  - متشكلات فراغية
2. أي مما يأتي لا يؤثر في سرعة التفاعل؟
- العوامل المساعدة
  - مساحة سطح المتفاعلات
  - تركيز المتفاعلات
  - نشاط النواتج الكيميائي
3. ما مولالية محلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي الكلوروبنزين  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$  المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )؟

- 0.17 mol /kg
- 0.00017 mol /kg
- 0.025 mol /kg
- 0.014 mol /kg

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 4 إلى 6.

بيانات عن هيدروكربونات متعددة				
الاسم	عدد ذرات C	عدد ذرات H	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
هبتان	7	16	-90.6	98.5
1-هبتين	7	14	-119.7	93.6
1-هبتاين	7	12	-81	99.7
أوكتان	8	18	-56.8	125.6
1-أوكتين	8	16	-101.7	121.2
1-أوكتاين	8	14	-79.3	126.3

4. ما نوع الهيدروكربون الذي يتحول إلى غاز عند أقل درجة حرارة بناءً على المعلومات في الجدول السابق؟

- ألكان
- ألكين
- ألكاين
- أروماتي

5. إذا رمزَ n إلى عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاين المحتوي على رابطة ثلاثية واحدة؟

- $\text{C}_n\text{H}_{n+2}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

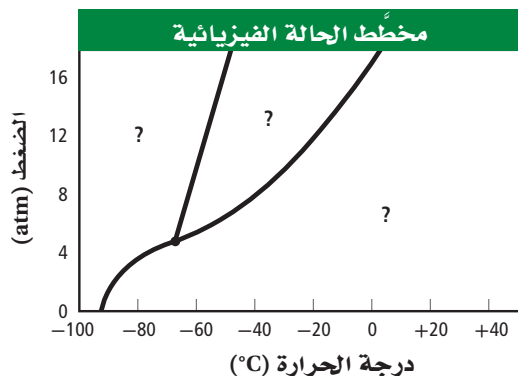
6. تتوقع اعتماداً على الجدول السابق أن تكون درجة انصهار النونان:

- أعلى مما للأوكتان.
- أقل مما للهبتان.
- أعلى مما للديكان.
- أقل مما للهكسان.

# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الرسم البياني المبين أدناه للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. ما حالة المادة الواقعة عند درجة حرارة  $80^{\circ}\text{C}$  وضغط  $10\text{ atm}$ ؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة عند نقطتها الثلاثية؟

12. صف التغيرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من  $8\text{ atm}$  إلى  $16\text{ atm}$ ، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند  $(0^{\circ}\text{C})$ .

## أسئلة الإجابات المفتوحة

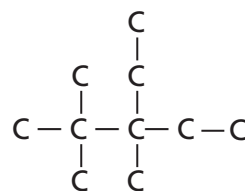
13. إذا احترق  $5.00\text{ L}$  من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة  $20.0^{\circ}\text{C}$  وضغط مقداره  $80.1\text{ Kpa}$  مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلك؟ افترض أن كلا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

7. عند ضغط  $1.00\text{ atm}$  ودرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$ ، يذوب  $1.72\text{ g CO}_2$  في  $1\text{ L}$  ماء. فما كمية  $\text{CO}_2$  الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى  $1.35\text{ atm}$  مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

- a.  $2.32\text{ g/L}$
- b.  $1.27\text{ g/L}$
- c.  $0.785\text{ g/L}$
- d.  $0.431\text{ g/L}$

8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

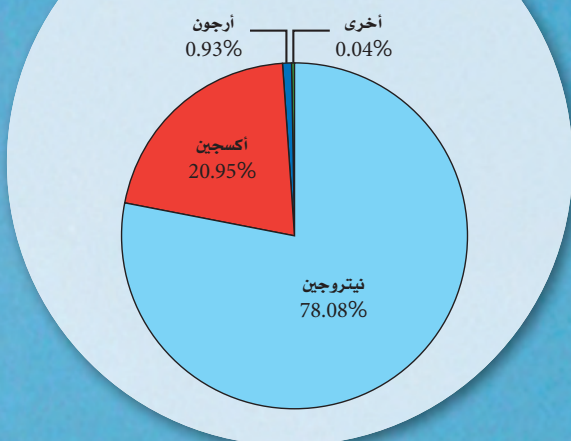
- a. ترتفع درجة حرارة النظام.
- b. يمتص النظام الطاقة.
- c. يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.
- d. يدخل السائل في طور الغاز.



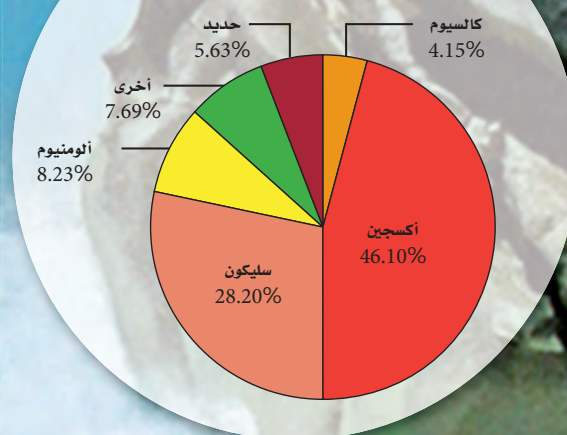
9. ما اسم المركب ذي الصيغة الهيكلية المبينة أعلاه؟

- a. 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل - 3 - إيثيل بتان
- b. 3 - إيثيل - 3، 4، 4 - ثلاثي ميثيل بتان
- c. 2 - بيوتيل - 2 - إيثيل بيوتان.
- d. 3 - إيثيل - 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل بتان.

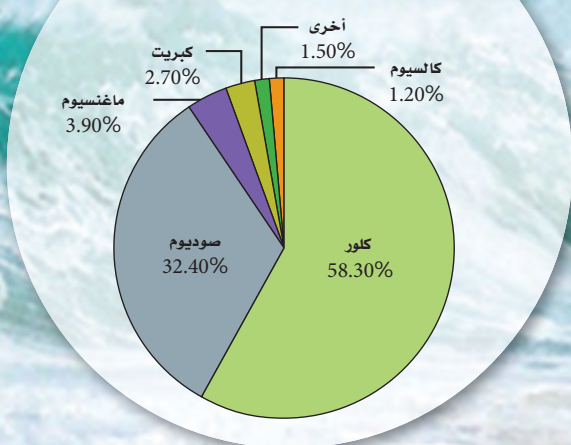
عناصر الغلاف الجوي



عناصر القشرة الأرضية



العناصر المذابة في محيطات الأرض





## حقائق حول عنصر: الهيدروجين Hydrogen

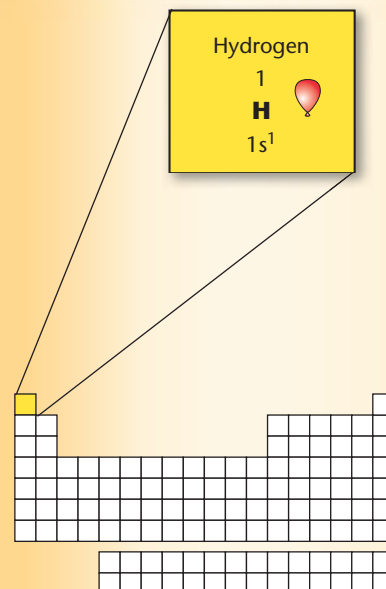
### دليل العناصر الكيميائية

#### الخواص الفيزيائية والذرية

- لغاز الهيدروجين  $H_2$  كثافة أقل من الغازات الأخرى عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- يمكن أن يوجد الهيدروجين في الحالة الصلبة عند تعرضه للضغط الشديد كما في باطن كوكب المشتري.
- يوضع الهيدروجين في المجموعة الأولى من الجدول الدوري؛ لاحتوائه على إلكترون تكافؤ واحد.
- يتشارك الهيدروجين مع فلزات المجموعة 1 في بعض الخواص؛ فهو يفقد إلكترونًا واحدًا لتكوين أيون الهيدروجين الموجب  $H^+$ .
- يتشارك الهيدروجين في بعض الخواص أيضًا مع عناصر المجموعة 17 اللافلزية؛ فهو يستطيع اكتساب إلكترون واحد لتكوين أيون الهيدريد السالب  $H^-$ .
- للهيدروجين ثلاثة نظائر شائعة، هي: البروتيوم وهو الأكثر شيوعًا، حيث يحتوي بروتونًا واحدًا وإلكترونًا واحدًا، ولا يحتوي نيوترونات. والديوتيريوم الذي يدعى أيضًا الهيدروجين الثقيل حيث يحتوي بروتونًا واحدًا ونيوترونًا واحدًا، وإلكترونًا واحدًا.
- التريتيوم وهو مشع ويحتوي على نيوترونين وإلكترون واحد، وبروتون واحد.

#### الخواص الفيزيائية والذرية للهيدروجين

-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	الكهروسالبية



يمكن أن تكون المواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف المنازل حمضية أو قلوية حسب تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة، وكلما كان تركيزها أكبر كانت درجة الحموضة أقل.

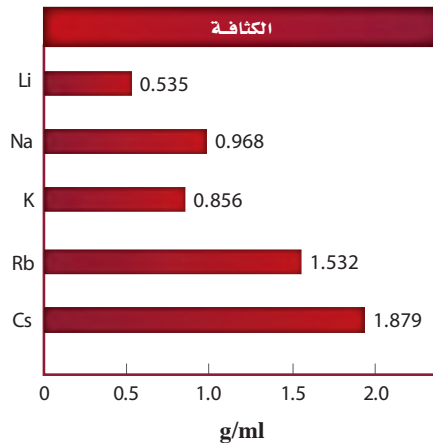
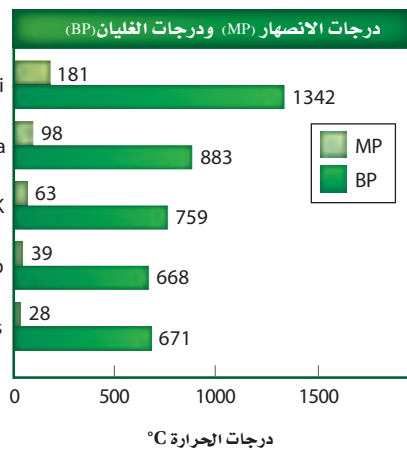
#### الاختبارات التحليلية

يعد الرقم الهيدروجيني pH مقياسًا لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين  $H^+$  في محلول مائي، فإذا عبّرنا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحدة  $\text{mol/l}$  فإن الرقم الهيدروجيني pH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين  $-\log [H^+]$ . فمثلاً: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين  $1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ ، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

## المجموعة 1: الفلزات القلوية Alkali Metals

### الخواص الفيزيائية

- للفلزات القلوية مظهر فضي لامع.
- تكون الفلزات القلوية الصلبة لينة لدرجة يمكن قطعها بالسكين.
- لمعظم الفلزات القلوية كثافة منخفضة مقارنة بالعناصر الصلبة التابعة للمجموعات الأخرى. فعلى سبيل المثال، تكون كثافة كل من الصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم أقل من كثافة الماء.
- للفلزات القلوية درجات انصهار منخفضة، مقارنة بالفلزات الأخرى، ومنها الفضة والذهب.



Lithium

3

**Li**

[He]2s<sup>1</sup>

Sodium

11

**Na**

[Ne]3s<sup>1</sup>

Potassium

19

**K**

[Ar]4s<sup>1</sup>

Rubidium

37

**Rb**

[Kr]5s<sup>1</sup>

Cesium

55

**Cs**

[Xe]6s<sup>1</sup>

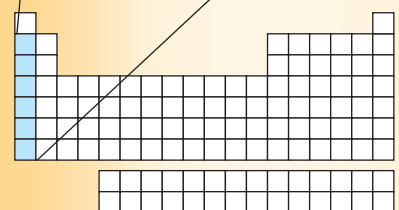
Francium

87

**Fr**

[Rn]7s<sup>1</sup>

دليل العناصر الكيميائية

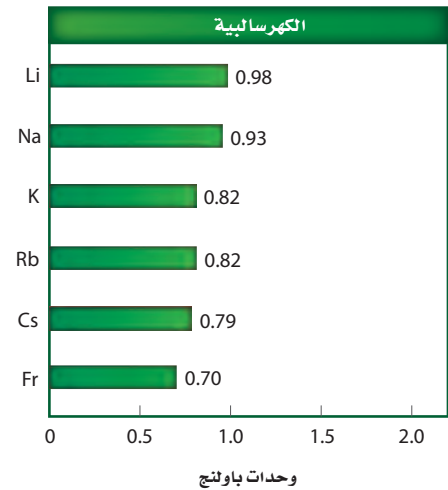
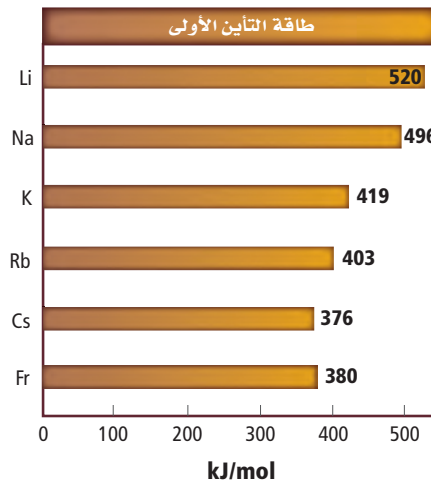




### الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 1 إلكترون تكافؤ واحد وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ  $ns^1$ .
- تفقد عناصر المجموعة 1 إلكترون التكافؤ الخاص بها لتكون أيوناً ذا شحنة موجبة +1.
- تزداد أنصاف أقطار الذرات وأنصاف أقطار الأيونات كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- تقل الكهروسالبية كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- لا توجد الفلزات القلوية في الطبيعة بشكل حر؛ لأنها نشطة جداً.
- لكل عنصر من عناصر الفلزات القلوية نظير واحد مشع على الأقل.
- بسبب ندرة عنصر الفرانسيوم، ولأنه يضمحل بسرعة كبيرة جداً فإن خواصه غير معروفة إلى الآن.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Li 152	Li <sup>1+</sup> 76
Na 186	Na <sup>1+</sup> 102
K 227	K <sup>1+</sup> 138
Rb 248	Rb <sup>1+</sup> 152
Cs 265	Cs <sup>1+</sup> 167
Fr 270	



### الاختبارات التحليلية

يمكن تعرف الفلزات القلوية من خلال اختبارات اللهب؛ فالليثيوم ينتج لهباً أحمر اللون، والصوديوم ينتج لهباً برتقالياً، بينما ينتج كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهباً بنفسجياً.



الليثيوم



الصوديوم



البوتاسيوم



الروبيديوم

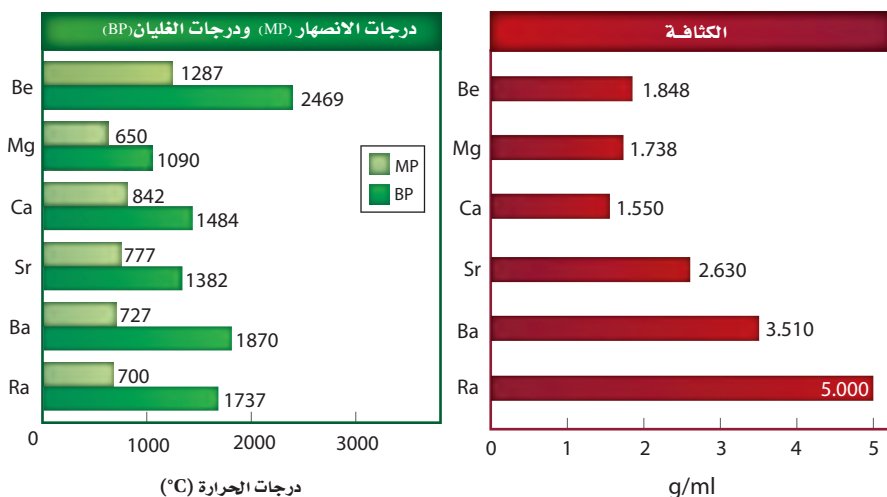


السيزيوم

## المجموعة 2 : الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals

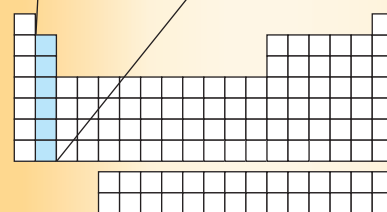
### الخواص الفيزيائية

- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهر فضي لامع، وتتكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعد الفلزات القلوية الأرضية أصعب وأكثر كثافة وأقوى من العديد من عناصر المجموعة 1، ولكنها تبقى أقل صلابة من الكثير من الفلزات.
- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية درجات انصهار ودرجات غليان أكبر من الفلزات القلوية.
- تزداد الكثافة بشكل عام كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة.



Beryllium 4 <b>Be</b> [He]2s <sup>2</sup>
Magnesium 12 <b>Mg</b> [Ne]3s <sup>2</sup>
Calcium 20 <b>Ca</b> [Ar]4s <sup>2</sup>
Strontium 38 <b>Sr</b> [Kr]5s <sup>2</sup>
Barium 56 <b>Ba</b> [Xe]6s <sup>2</sup>
Radium 88 <b>Ra</b> [Rn]7s <sup>2</sup>

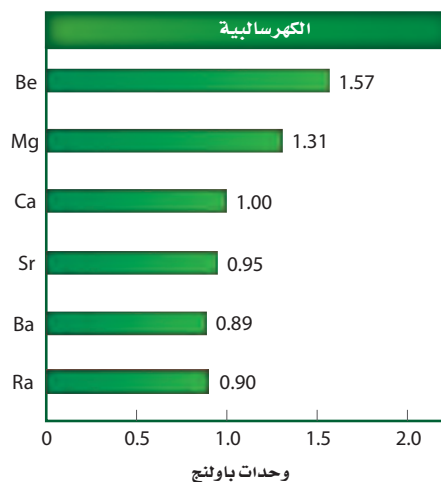
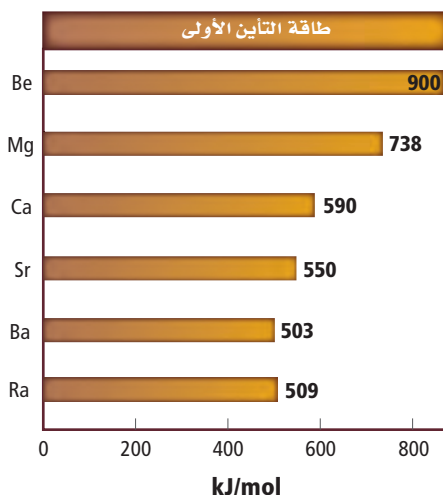
دليل العناصر الكيميائية



### الخواص الذرية

- لكل عنصر من المجموعة 2 إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ  $ns^2$ .
- تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكترونات التكافؤ الخاصين بها لتكون أيوناً ذا شحنة ثنائية موجبة +2.
- يزداد نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من أنصاف أقطار ذرات المجموعة 1 وأنصاف أقطار أيوناتها.
- تقل الكهروسالبية و طاقة التأين كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنهما يكونان أكبر من عناصر المجموعة 1.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Be 112	Be <sup>2+</sup> 31
Mg 160	Mg <sup>2+</sup> 72
Ca 197	Ca <sup>2+</sup> 100
Sr 215	Sr <sup>2+</sup> 118
Ba 222	Ba <sup>2+</sup> 135
Ra 220	



### الاختبارات التحليلية

يمكن تعرّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم ينتج لهباً قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي، بينما ينتج الإسترانشيوم لهباً قرمزيّاً أقرب إلى اللون البنفسجي، أما الباريوم فينتج لهباً أصفر مخضرّاً.



الكالسيوم



الإسترانشيوم



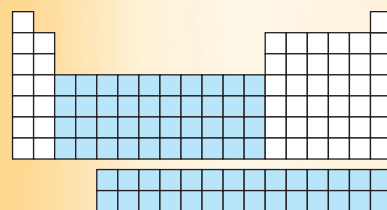
الباريوم

### الخواص الفيزيائية

- تشمل العناصر الانتقالية الرئيسة أربع سلاسل من الفئة d، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (104 – 109)، (72 – 80)، (39 – 48)، (21 – 30). أما العناصر الانتقالية الداخلية فتشمل عناصر الفئة f (وهي عناصر نادرة)، ضمن سلسلة اللانثانيدات، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (57 – 71)، وسلسلة الأكتينيدات التي تتراوح أعدادها الذرية بين (89 – 103)، وجميعها فلزات.
- تعد العناصر الانتقالية -كغيرها من الفلزات- جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة، وهي قابلة للسحب، مما يعني أنه من الممكن سحبها على شكل أسلاك، وهي أيضا مرنة قابلة للطرق، مما يعني إمكانية طرقها وسحبها على شكل صفائح.
- للعناصر الانتقالية عامة كثافة مرتفعة، ودرجات انصهار مرتفعة، وضغط بخاري منخفض. وتكون جميع العناصر الانتقالية صلبة عند درجة حرارة الغرفة ما عدا الزئبق، الذي يكون في الحالة السائلة.
- صلابة العناصر الانتقالية، وتوافرها بكثرة -ومنها الحديد- تجعلها تستخدم بوصفها مواد بناء.
- العديد من العناصر الانتقالية تعكس الضوء المرئي عند أطوال موجية محددة، مما يجعل بعض مركباتها تظهر ملونة ولا معة.
- غالبا ما يكون للعناصر الانتقالية خواص مغناطيسية، مما يعني أنها تنجذب إلى مجال مغناطيسي قريب منها. وتعد العناصر الانتقالية الثلاثة (الحديد والكوبلت والنيكل) ذات خواص مغناطيسية، حيث يمكن لهذه العناصر تكوين مجالها المغناطيسي الخاص بها.



عند تعرض حديد إلى مغناطيس تصبح مغناطيسًا، وتنجذب إلى المغناطيس وينجذب بعضها إلى بعض.



### الخواص الذرية

- للعناصر الانتقالية الرئيسية مجالات ثانوية d غير مكتملة.
- تتضمن العناصر الانتقالية الداخلية سلسلة اللانثانيدات وسلسلة الأكتينيدات، وهذه العناصر مجالات ثانوية f غير مكتملة.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تعرّف خواصها الكيميائية؛ فكلما كان عدد الإلكترونات غير المرتبطة في المجال الثانوي d أكبر كان العنصر أكثر صلابة وكانت درجات الانصهار والغليان أعلى.
- تسبب الإلكترونات غير المرتبطة في مجالات f و d الخواص المغناطيسية للعناصر الانتقالية.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تكوين المركبات الملونة؛ إذ تستطيع المركبات التي تحتوي إلكترونات غير مرتبطة في المجال d امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصر الانتقالية في الحجم الذري، والكهروسالبية، وطاقة التأين، عند الانتقال في الدورة

الواحدة من اليسار إلى اليمين.

- تستطيع العناصر الانتقالية تكوين أيونات من خلال أعداد تأكسد مختلفة.

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 الامتلاء الجزئي للمجال d، وتستطيع الإلكترونات فيها امتصاص الضوء المرئي لأطوال موجية محددة، أما المركبات التي تحتوي مجالاً ممتلئاً أو فارغاً تماماً من الإلكترونات فإنها لا تكون ألواناً براقاً.

### الاختبارات التحليلية

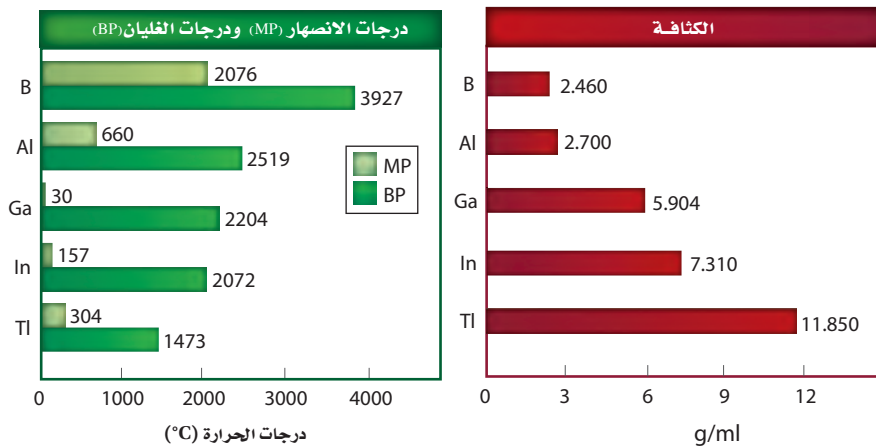
لاحظ ألوان مركبات العناصر الانتقالية في الشكل المجاور، تمتص هذه العناصر أطوالاً موجية مختلفة من الضوء عند وضعها في المحاليل. يستخدم الطيف المرئي عملية امتصاص الضوء عند أطوال موجية محددة لقياس تركيز المركبات الملونة في المحلول. تستخدم هذه الطريقة في التحليل التفاعلي الذي يحدث بين إلكترونات التكافؤ للعناصر الانتقالية، والضوء المرئي. ولأن الكثير من مركبات العناصر الانتقالية ذات ألوان فإنه يصبح من الممكن استخدام هذه التقنية في تحليل العناصر الانتقالية.



## المجموعة 13: مجموعة البورون Boron Group

### الخواص الفيزيائية

- لمعظم عناصر المجموعة 13 من الفلزات مظهر فضي لامع، ما عدا البورون الذي له لون أسود، والثاليوم ذو لون فضي غير لامع، ولكنه يتأكسد بسرعة.
- يعد البورون من أشباه الفلزات، بينما باقي عناصر المجموعة 13 من الفلزات.
- عناصر هذه المجموعة خفيفة الوزن نسبياً، وطرية، ما عدا البورون الذي يعد صلباً جداً كالماس.
- تكون عناصر المجموعة 13 صلبة عند درجة حرارة الغرفة، وينصهر الجاليوم عند ارتفاع درجة حرارة الغرفة عن معدلها قليلاً.
- لعناصر المجموعة 13 درجة غليان أعلى من درجة غليان عناصر مجموعة الفلزات القلوية الأرضية، ودرجتا غليان وانصهار أقل من عناصر مجموعة الكربون.



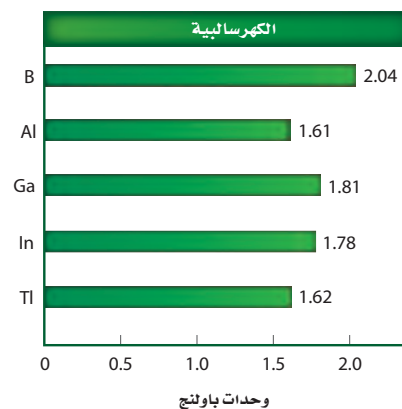
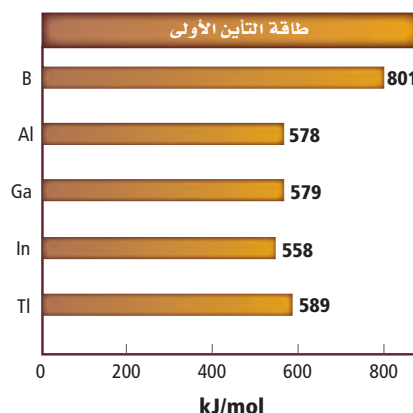
Boron 5 <b>B</b> [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
Aluminum 13 <b>Al</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
Gallium 31 <b>Ga</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>
Indium 49 <b>In</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>1</sup>
Thallium 81 <b>Tl</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>1</sup>

دليل العناصر الكيميائية

### الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ  $ns^2 np^1$ .
- تفقد عناصر المجموعة 13 - ما عدا البورون - إلكترونات تكافؤها الثلاث لتكون أيوناً ذا شحنة ثلاثية موجبة  $+3$ . ولبعض العناصر - ومنها (Ga, In, Tl) - القدرة على فقد إلكترون واحد فقط من إلكترونات تكافؤها لتكون أيوناً ذا شحنة أحادية موجبة  $+1$ .
- يتشارك البورون فقط في الروابط التساهمية.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل، وحجوم عناصرها مشابهة لحجوم عناصر المجموعة 14.
- تقل طاقة التأين لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
B 85	B <sup>3+</sup> 20
Al 143	Al <sup>3+</sup> 50
Ga 135	Ga <sup>3+</sup> 62
In 167	In <sup>3+</sup> 81
Tl 170	Tl <sup>3+</sup> 95



### الاختبارات التحليلية

نتائج اختبار اللهب	العنصر
لون اللهب	
وميض أخضر ساطع	البورون
لون أزرق نيلي	الإنديوم
أخضر	الثاليوم

معظم عناصر مجموعة البورون - ما عدا الألومنيوم، الذي يعد واحداً من العناصر الأكثر وفرة في قشرة الأرض - نادرة ولا يمكن العثور عليها حرة في الطبيعة. ويمكن تعرّف ثلاثة منها باختبارات اللهب، كما هو موضح في الجدول. فينتج البورون اللون الأخضر الساطع، في حين ينتج الإنديوم اللون الأزرق النيلي. وينتج الثاليوم اللون الأخضر. وتتضمن أكثر الأساليب دقة في تعرّف العناصر تقنيات الطيف وتقنيات التصوير المتقدمة.

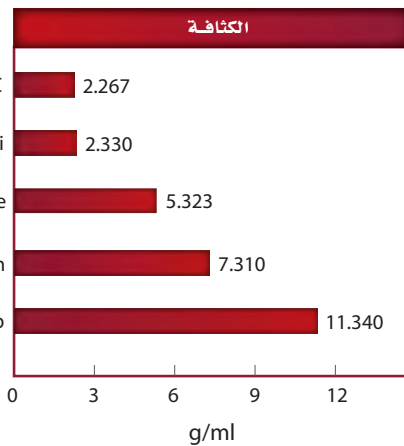
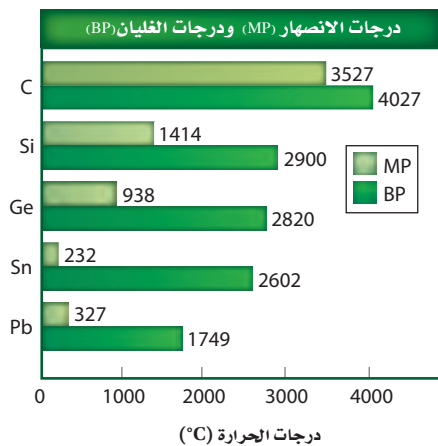


تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

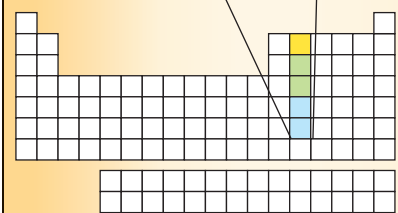
## المجموعة 14: مجموعة الكربون Carbon Group

### الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة. فالكربون لافلز. بينما السليكون والجرمانيوم أشباه فلزات. أما القصدير والرصاص ففلزات.
- يمكن أن يوجد الكربون على شكل مسحوق أسود؛ أو مادة طرية، أو مادة صلبة زلقة رمادية اللون؛ أو مادة صلبة شفافة؛ أو مادة صلبة ذات لون برتقالي قريب إلى الاحمرار.
- يمكن للسليكون أن يكون مسحوقاً بنيًا أو مادة صلبة رمادية لامعة.
- الجرمانيوم شبه فلز صلب ولامع، لونه رمادي-أبيض، يمكن أن يكسر بسهولة.
- للقصدير أيضا شكلان؛ حيث يوجد على شكل فلز صلب فضي اللون مائل إلى اللون الأبيض، كما يوجد أيضًا 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.



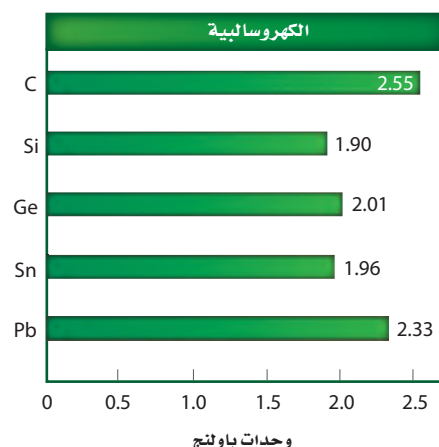
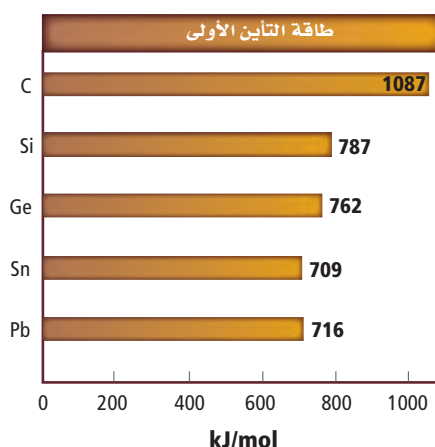
Carbon 6 <b>C</b> [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
Silicon 14 <b>Si</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
Germanium 32 <b>Ge</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>
Tin 50 <b>Sn</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>2</sup>
Lead 82 <b>Pb</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>2</sup>



### الخواص الذرية

- 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 والسيليكون في بعض المركبات عدد تأكسد -4.
- يوجد كل من الكربون والسيليكون والقصدير بأشكال بلورية مختلفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تشابه مع أنصاف أقطار عناصر المجموعة 13.
- لعناصر المجموعة 14 - ما عدا الكربون - طاقات تأين متماثلة، وليس هناك تباين في الكهروسالبية بين هذه العناصر.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
C 77	C <sup>4+</sup> 15
Si 118	Si <sup>4+</sup> 41
Ge 122	Ge <sup>4+</sup> 53
Sn 140	Sn <sup>4+</sup> 71
Pb 146	Pb <sup>4+</sup> 84



### الاختبارات التحليلية



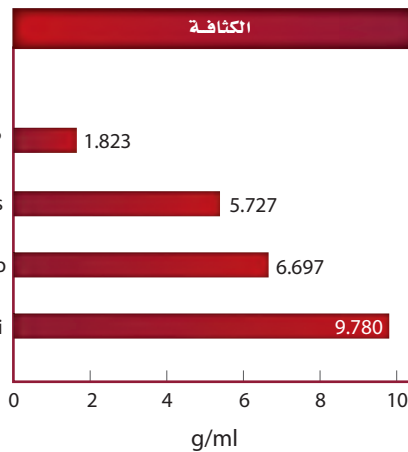
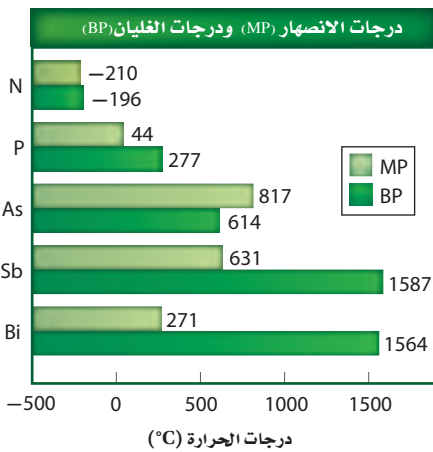
لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 14، من خلال اختبارات اللهب؛ لأن هذه العناصر ترتبط مع غيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الرصاص الذي ينتج ضوءاً أزرق اللون. ويمكن تعرّف عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يكون الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتهما إلى محاليل محددة.

عند إضافة نترات الرصاص إلى  
يوديد البوتاسيوم ينتج راسب  
أصفر من يوديد الرصاص.

## المجموعة 15: مجموعة النيتروجين Nitrogen Group

### الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية - تمامًا كعناصر المجموعة 14- كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة؛ فالنيتروجين والفوسفور لافلزات، بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البزموت ففلز.
- تختلف أشكال عناصر مجموعة النيتروجين تمامًا كعناصر المجموعة 14.
- يكون النيتروجين على شكل غاز عديم اللون والرائحة .
- يوجد الفوسفور على ثلاثة أشكال بلورية جميعها صلب، وتكون هذه الأشكال بيضاء أو حمراء أو سوداء.
- يكون الزرنيخ صلبًا ولامعًا، ولونه رمادي مائل إلى اللون الأبيض، وهش. ويمكن أن يكون صلبًا ذا لون أصفر باهت تحت ظروف محددة. ويتسامى الزرنيخ عند تسخينه.
- الأنتيمون صلب، فضي - رمادي اللون، لامع، هش.
- البزموت صلب ذو لون رمادي لامع أقرب إلى اللون الوردي. وهو أقل الفلزات في الجدول الدوري توصيلًا للكهرباء، وهو هش أيضًا.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضًا كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 15.



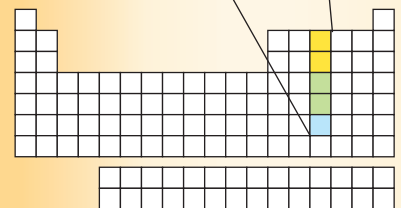
Nitrogen
7
N
[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>

Phosphorus
15
P
[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>

Arsenic
33
As
[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>

Antimony
51
Sb
[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>3</sup>

Bismuth
83
Bi
[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>3</sup>

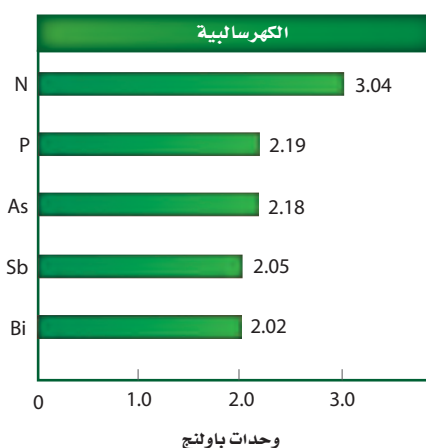
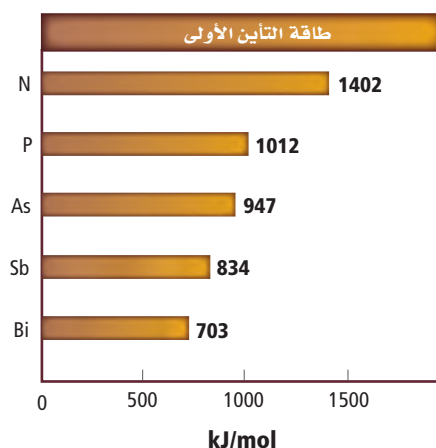




### الخواص الذرية

- 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 والكهروسالبية، ويزداد نصف القطر الذري كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

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



### الاختبارات التحليلية



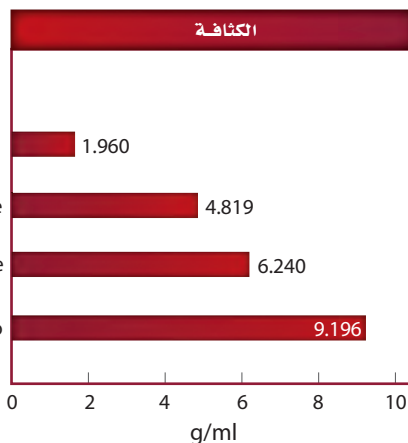
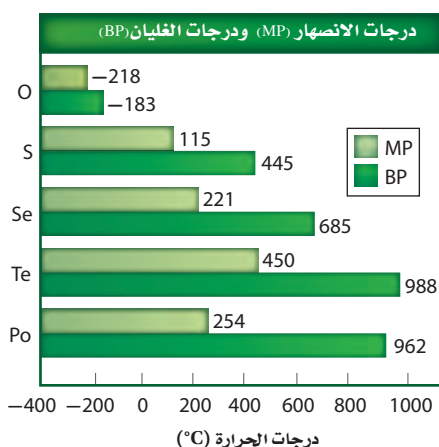
لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأن معظم هذه العناصر لافلززية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءاً أخضر خافتاً أو أزرق عند تعريضه للهب، والبزموت الذي يصدر ضوءاً أزرق مائلاً إلى البنفسجي.

يمكن تعرّف عناصر مجموعة النيتروجين من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يتكون راسب من أيونات البزموت عند إضافتها إلى هيدروكسيد القصدير وهيدروكسيد الصوديوم. ويمكن تعرّف مركبات الأمونيوم التي تحتوي على النيتروجين من خلال الرائحة المميزة التي تصدر عند إضافتها إلى هيدروكسيد الصوديوم، ومن خلال تغير اللون الحاصل لورقة تباع الشمس الحمراء الموضوعة على فوهة أنبوب الاختبار.

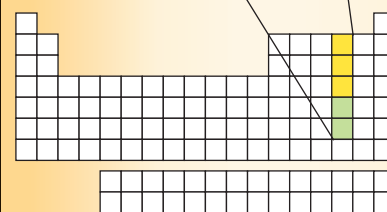
## المجموعة 16: مجموعة الأكسجين Oxygen Group

### الخواص الفيزيائية

- في درجة حرارة الغرفة يكون الأكسجين غازاً نقيّاً ، عديم الرائحة، بينما يكون باقي عناصر المجموعة 16 مواد صلبة.
- لبعض عناصر المجموعة 16 أشكال بلورية عديدة شائعة. فيمكن أن يوجد الأكسجين على شكل  $O_2$  أو  $O_3$  (الأوزون). وللكبريت أيضاً الكثير من الأشكال البلورية. أما السيلينيوم فله ثلاثة أشكال بلورية شائعة: رمادي غير متبلور، وبلوري أحمر، أو على شكل مسحوق ذي لون أحمر مائل إلى الأسود.
- يعدُّ كل من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم لافلزات، بينما التيرونيوم والبولونيوم أشباه فلزات.
- للأكسجين خواص مغناطيسية، وهذا يعني أنه يمكن لمغناطيس قوي أن يجذب جزيئات الأكسجين.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة 16 ما عدا البولونيوم مع زيادة العدد الذري. وتزداد الكثافة لجميع عناصر المجموعة 16 بزيادة العدد الذري لها.



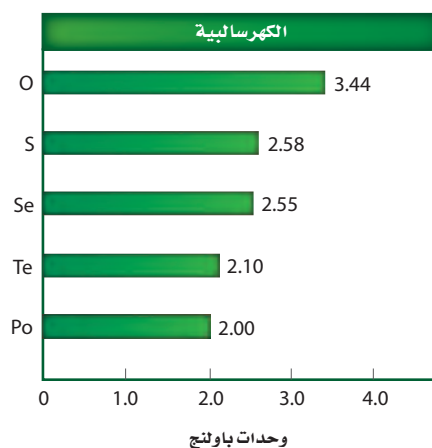
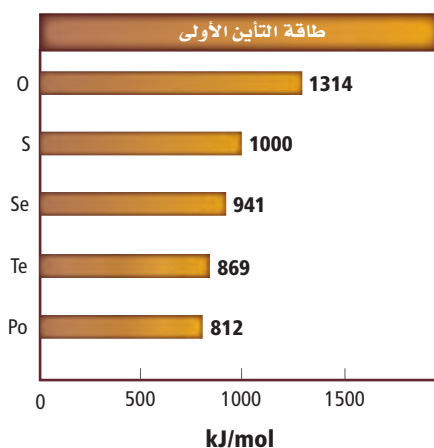
Oxygen 8 O [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
Sulfur 16 S [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
Selenium 34 Se [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>
Tellurium 52 Te [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>4</sup>
Polonium 84 Po [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>4</sup>



### الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 16 ستة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ  $ns^2 np^4$ .
- يمكن لعناصر المجموعة 16 أن يكون لها أعداد تأكسد مختلفة، فمثلاً للأكسجين أعداد تأكسد -2 و -1، وللكبريت أعداد تأكسد +6 و +4 و +2.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبيهية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.
- للبولونيوم 27 نظيراً معروفاً، وجميعها نظائر مشعة.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
O 73	$O^{2-}$ 140
S 103	$S^{2-}$ 184
Se 119	$Se^{2-}$ 198
Te 142	$Te^{2-}$ 221
Po 168	



### الاختبارات التحليلية

يمكن قياس نسبة وجود الأكسجين بطرائق عدة، وفي بيئات مختلفة؛ فمثلاً يمكن لجهاز قياس ذائبية الأكسجين أن يقيس نسبة الأكسجين المذاب في عينة من الماء، حيث يستخدم هذا الجهاز التفاعلات الكهروكيميائية التي تعمل على تحويل جزيئات الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد. ويقيس هذا الجهاز التيار الكهربائي الناتج خلال هذا التفاعل، فكلما كان تركيز الأكسجين أكبر كان التيار أكبر.

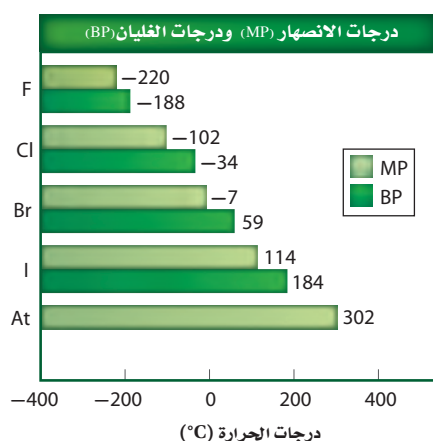


فحص ذائبية الأكسجين أحد  
تحاليل مراقبة جودة الماء.

## المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات Halogens Group

### الخواص الفيزيائية

- عند درجة حرارة الغرفة يكون الفلور والكلور في الحالة الغازية. ويكون البروم - بالإضافة إلى الزئبق - سائلاً. أما اليود فمادة صلبة تتسامى بسهولة.
- الفلور غاز أصفر باهت. والكلور غاز أصفر مائل إلى اللون الأخضر. أما البروم فسائل أحمر مائل إلى البني، بينما اليود صلب، لونه أزرق غامق.
- تزداد درجة غليان ودرجة انصهار عناصر المجموعة 17 كلما زاد العدد الذري.



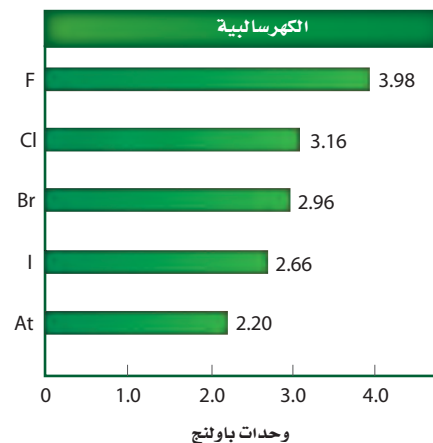
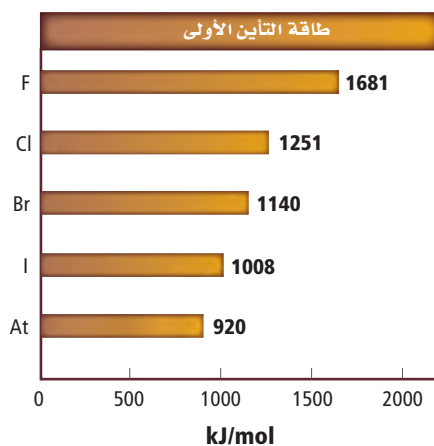
عند درجة حرارة الغرفة يتسامى اليود، وتظهر بلوراته بلون أزرق غامق، وتتصاعد أبخرة بنفسجية.

Fluorine 9 <b>F</b> [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>
Chlorine 17 <b>Cl</b> [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
Bromine 35 <b>Br</b> [Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>
Iodine 53 <b>I</b> [Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>5</sup>
Astatine 85 <b>At</b> [Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>5</sup>

### الخواص الذرية

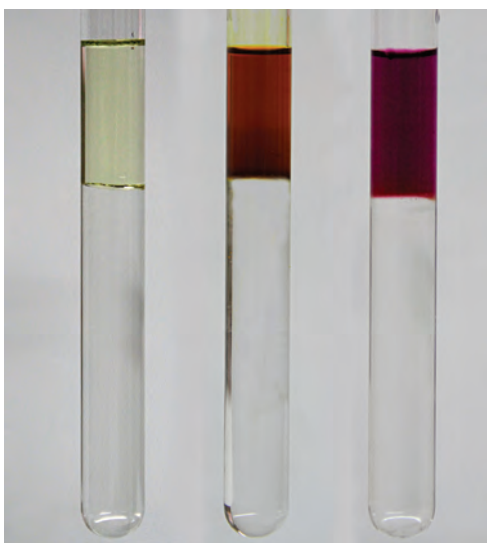
- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ  $ns^2 np^5$ .
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسلبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعدّ الفلور العنصر الأكثر كهروسلبية في الجدول الدوري. لذلك لديه ميل أكبر لجذب الإلكترونات.
- الأستاتين عنصر مشع، ولكن استخداماته غير معروفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
F 72	F <sup>1-</sup> 133
Cl 100	Cl <sup>1-</sup> 181
Br 114	Br <sup>1-</sup> 195
I 133	I <sup>1-</sup> 220



### الاختبارات التحليلية

يمكن تعرّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم واليود مع نترات الفضة ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكلوريد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حليبي اللون، أما يوديد الفضة فراسب أصفر. ويمكن تعرّف الكلور والبروم واليود أيضاً من خلال ذوبانهم في الهكسان الحلقي. فكما هو مبين في الشكل، يتحول المحلول إلى اللون الأصفر في حالة الكلور، والبرتقالي عند إضافة البروم، والبنفسجي عند إضافة اليود.



تذوب الهالوجينات قليلاً في الماء (لاحظ الطبقة السفلى). ولكن في الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، يذوب كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي) واليود (البنفسجي).



## المجموعة 18: مجموعة الغازات النبيلة Noble Gases

### دليل العناصر الكيميائية

Helium

2  
**He**  
 $1s^2$

Neon

10  
**Ne**  
 $[\text{He}]2s^22p^6$

Argon

18  
**Ar**  
 $[\text{Ne}]3s^23p^6$

Krypton

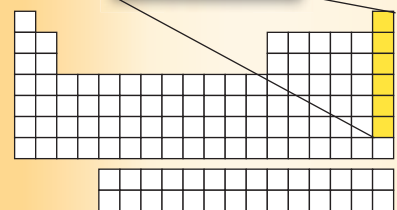
36  
**Kr**  
 $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^6$

Xenon

54  
**Xe**  
 $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^6$

Radon

86  
**Rn**  
 $[\text{Xe}]6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$

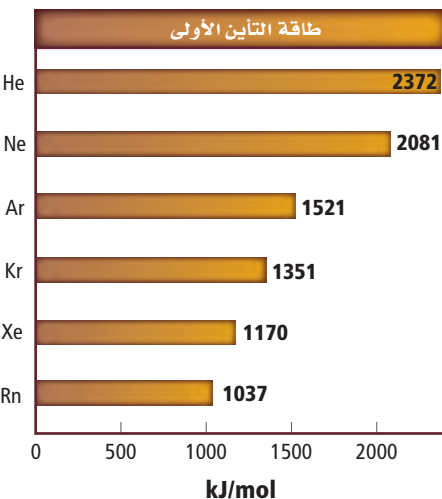
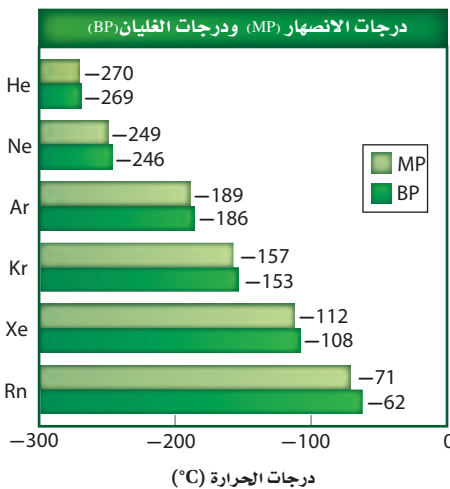


### الخواص الفيزيائية

- تمتاز عناصر المجموعة 18 بأنها غازات عديمة اللون والرائحة.
- جميعها لافلزات.
- تزداد درجتا الغليان والانصهار لعناصر المجموعة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تبقى أقل من باقي عناصر الجدول الدوري.

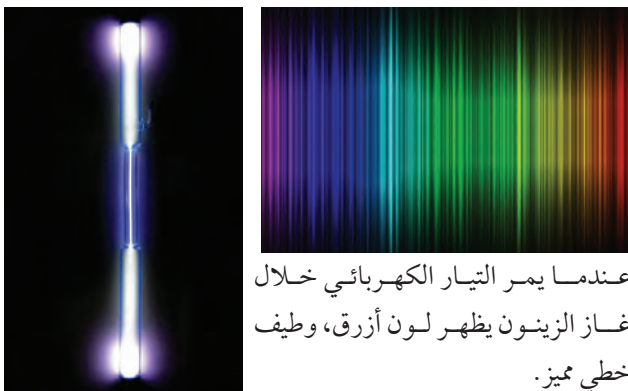
### الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 18 ثمانية إلكترونات تكافؤ في مجاله الأخير. وتوزيع إلكترونات ينتهي بـ  $ns^2 np^6$  ما عدا الهيليوم، الذي له إلكترونان فقط.
- جميع عناصر الغازات النبيلة وحيدة الذرة، وتوجد في صورة غير مرتبطة.
- للغازات النبيلة طاقات تأين أولى أكبر من عناصر الجدول الدوري جميعها.



### الاختبارات التحليلية

لأن الغازات النبيلة عديمة اللون والرائحة، وتكون عموماً غير نشطة، فإن العديد من التجارب التحليلية المستخدمة في تعرّف هذه العناصر ليست مفيدة. ومع ذلك، فإن الغازات النبيلة تصدر ضوءاً ذا ألوان محددة ينبعث عندما تتعرض لتيار كهربائي، ويظهر لها طيف خطي.



عندما يمر التيار الكهربائي خلال غاز الزينون يظهر لون أزرق، وطيف خطي مميز.

## (أ)

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

**الألكان Alkane** هيدروكربون يحتوي روابط مفردة بين الذرات.

**الألكان الحلقي Cycloalkane** هيدروكربون حلقي يحتوي على روابط تساهمية مفردة فقط، ويتكون من حلقات فيها ثلاثة ذرات كربون أو أكثر.

**الألكاين Alkyne** مركب هيدروكربوني غير مشبع كالأيثاين ( $C_2H_2$ ) يحتوي على رابطة ثلاثية أو أكثر.

**إلكتروليت Electrolyte** المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

**إلكترونات التكافؤ Valence Electrons** الإلكترونات في مجال الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

**الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons** الإلكترونات التي تكوّن الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجذبة نحو ذرة بعينها.

**الأيون Anion** الأيون الذي له شحنة سالبة.

**الألكين Alkene** هيدروكربون غير مشبع كالأيثين ( $C_2H_2$ ) يحتوي رابطة تساهمية ثنائية أو أكثر.

**الأيون Ion** ذرة أو مجموعة ذرات مترابطة لها شحنة موجبة أو سالبة.

**الأيونات الأحادية الذرة Monatomic Ions** الأيونات التي تتكون من ذرة واحدة فقط.

**الأيون العديد الذرات Polyatomic Ion** الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر ويسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

## (ت)

**تدرج خواص العناصر Periodic Law** ترتيب العناصر وفق تزايد أعدادها الذرية، بحيث يؤدي إلى تدرج في خواص هذه العناصر.

**تركيب لويس Lewis Structure** نموذج يتم فيه تمثيل إلكترونات التكافؤ فقط على شكل نقاط أو خطوط للإلكترونات المرتبطة.

**التفاعل الطارد للطاقة Exothermic** التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

**التفاعل الماص للطاقة Endothermic** التفاعل الكيميائي الذي يحتاج إلى كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من الطاقة التي تنبعث عندما تتكون روابط جديدة في جزيئات المواد الناتجة.

**التقطير التجزيئي Fractional Distillation** عملية فصل مكونات البترول إلى مكونات أبسط منها من خلال تكثفها عند درجات حرارة مختلفة.

**التمثيل النقطي للإلكترونات Electron-Dot Structure** طريقة تمثيل إلكترونات التكافؤ حول رمز العنصر باستعمال النقط.

**التهجين Hybridization** الطريقة التي يتم فيها خلط المجالات الفرعية لتكوين مجالات جديدة مهجنة ومتماثلة.

**التوزيع الإلكتروني Electron Configuration** ترتيب الإلكترونات في الذرة وفقاً لثلاث قواعد، هي مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.

(ج)

**الجزيء Molecule** أصغر جزء في المركب يحمل صفاته.

(ح)

**حالة الاستقرار Ground State** حالة الذرة في أدنى مجال للطاقة.

**الحسابات الكيميائية Stoichiometry** دراسة العلاقات الكمية بين كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعلات الكيميائية وذلك اعتماداً على قانون حفظ الكتلة.

**الحمض الأكسجيني Oxyacid** أي حمض يتكون من الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

(د)

**الدورات Periods** الصفوف الأفقية في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

**الدوران الضوئي Optical Rotation** ما يحدث عند مرور ضوء مستقطب في محلول يحتوي مصاوغات بصرية؛ إذ ينحرف اتجاه الضوء المستقطب نحو اليمين من خلال المصاوغ (D) أو نحو اليسار من خلال المصاوغ (L).

(ذ)

**ذرة كربون غير متماثلة Asymmetric Carbon** ذرة كربون متصلة بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة في المركبات الكيرالية.

(ر)

**الرابطة الأيونية Ionic Bond** الرابطة التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

**رابطة باي  $\pi$  Bond** الرابطة المتكونة من تداخل المجالات المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات.

**الرابطة التساهمية Covalent Bond** الرابطة التي تنتج عن التشارك بالإلكترونات التكافؤ.

**الرابطة التساهمية التناسقية Coordinate Covalent Bond** الرابطة التساهمية التي تقدم فيها إحدى الذرات زوجاً من الإلكترونات لذرة أخرى أو أيون بحاجة إلى زوج الإلكترونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

**الرابطة التساهمية القطبية Polar Covalent Bond** الرابطة التي تنشأ عندما لا تكون المشاركة بالإلكترونات متساوية.

**رابطة سيجما Sigma Bond** الرابطة التساهمية الأحادية الناتجة عن اشتراك زوج من الإلكترونات نتيجة التداخل المباشر لمجالات الذرات.

**الرابطة الفلزية Metallic Bond** قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحركة.

**الرنين Resonance** الحالة التي تحدث عند وجود أكثر من تركيب لويس واحد للمركب أو الأيون.

## (س)

**السبيكة Alloy** مخلوط من عدة عناصر لها خواص فلزية، وتتكون عادة من عناصر متماثلة الحجم، أو يكون أحد العناصر أصغر كثيراً من العنصر الآخر.

**سلسلة الأكتينيدات Actinide Series** عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 7 التي تلي عنصر الأكتينيوم.

**السلسلة الرئيسة Parent Chain** أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون في الألكانات والألكينات والألكاينات المتفرعة.

**السلسلة المتماثلة Homologous Series** مجموعة من المركبات تختلف عن بعضها بتكرار عدد وحدات البناء.

**سلسلة اللانثانيدات Lanthanide Series** عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 6 التي تلي عنصر اللانثانيوم.

## (ش)

**الشبكة البلورية Crystal Lattice** تركيب ثلاثي الأبعاد يتكون من جسيمات بحيث يحيط الأيون الموجب عدد من الأيونات السالبة، ويحيط الأيون السالب عدد من الأيونات الموجبة، وتختلف البلورات في شكلها وفقاً لاختلاف حجم 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 (الفعلية) لهذا المركب.

**الصيغة البنائية Structural Formula** النموذج الجزيئي الذي يستخدم الرموز والروابط لتوضيح المواقع النسبية للذرات، ويمكن التنبؤ بالعديد من الصيغ البنائية للجزيئات بعد رسم تركيب لويس لها.

**الصيغة الجزيئية Molecular Formula** الصيغة التي تبين العدد الفعلي لكل عنصر في المركب.

## (ط)

**طاقة البلورة Lattice Energy** الطاقة اللازمة لفصل 1mol من الأيونات من مركب أيوني، والتي تعتمد على مقدار حجم الأيون وشحنته.

**طاقة التأين Ionization Energy** الطاقة اللازمة لانتزاع أبعد إلكترون تكافؤ من ذرة عنصر في الحالة الغازية.

**الطيف الكهرومغناطيسي** سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط.

## (ع)

**عدد التأكسد Oxidation Number** الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

**عدد الكم الرئيسي Principal Quantum Number (n)** عدد يتم تعيينه في ضوء النموذج الكمي ليدل على الحجم النسبية وطاقات المجالات.

**العدد الكمي Quantum Number** العدد المخصص لوصف الإلكترون في مجالات الطاقة الرئيسة.

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

**العناصر الممثلة Representative Elements** العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

## (ف)

**الفلزات Metals** العناصر التي تكون في الحالة الصلبة في درجة حرارة الغرفة، وهي موصلة جيدة للحرارة والكهرباء، وتكون بشكل عام لامعة وقابلة للطرق والسحب.

**الفلزات الانتقالية Transition metals** العناصر التي توجد في المجموعات 3 - 12، وتنتمي إلى الفئة d في الجدول الدوري، مع وجود بعض الاستثناءات التي تتعلق بامتلاء المجال s من مجال الطاقة n، وامتلاء أو نصف امتلاء مجالات d من مجال الطاقة n-1.

**الفلزات الانتقالية الداخلية Inner Transition Metals** العناصر الانتقالية التي تنتمي إلى الفئة f في الجدول الدوري، وتتميز بأن مجالات 4f، و 5f تكون ممتلئة أو ممتلئة جزئياً.



**الفلزات القلوية Alkali Metals** عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائياً، وتوجد عادة متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

**الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals** عناصر المجموعة 2 في الجدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشطة كيميائياً.

**الفوتون** جسيم لا كتلة له يحمل كمًّا من الطاقة.

### (ق)

**قاعدة الثمانية Octet Rule** تنص على أن الذرات تسعى إلى اكتساب الإلكترونات أو خسارتها أو المشاركة بها؛ لكي تكتسب التركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

**قاعدة هوند Hund's Rule** تنص على أن تعبئة الإلكترونات في المجالات المتساوية الطاقة يتم بشكل فردي قبل البدء بإضافة الإلكترون الثاني للمجال نفسه؛ إذ لا يمكن للإلكترونين لهما نفس اتجاه الحركة أن يشغلا المجال نفسه.

### (ك)

**الكاتيون Cation** الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

**الكهروسالبية Electronegativity** خاصية تشير إلى قدرة ذرات العناصر على جذب الإلكترونات عند تكوين الرابطة الكيميائية.

**الكيرالية Chirality** خاصية المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة.

### (ل)

**اللافلزات Nonmetals** عناصر تكون عموماً إما غازات أو مواد صلبة معتمدة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

### (م)

**المادة المتفاعلة الفائضة Excess Reactant** المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

**المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant** المادة المتفاعلة التي تستهلك تماماً خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.

**مبدأ أوفباو Aufbau Principle** ينص على أن كل إلكترون يسعى لأن يكون في المجال الأقل طاقة.

**مبدأ باولي Pauli Exclusion Principle** ينص على أن المجال لا يمكن أن يتسع لأكثر من إلكترونين، على أن لا يكون لهما نفس اتجاه الحركة.

**مبدأ هايزنبرج للشك Heisenberg Uncertainty Principle** ينص على أنه لا يمكن معرفة مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

**المتشكلات Isomers** مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها ولكنهما يختلفان في صيغتهما البنائية.

**المتشكلات الضوئية Optical Isomers** مصاوغات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية.

**المتشكلات البنائية Structural Isomers** مصاوغات بنائية تترتب فيها الذرات بتسلسلات مختلفة، مما يؤدي إلى اختلاف مركباتها في الخصائص الكيميائية والفيزيائية، رغم امتلاكها الصيغة الجزيئية نفسها.

**المتشكلات الفراغية Stereoisomers** نوع من المصاوغات لها التركيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ.

**المتشكل الهندسي Geometric Isomers** نوع من المصاوغات الناتجة عن ترتيب المجموعات أو الذرات في الفراغ

**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 الفرعي Atomic Orbital** منطقة ذات ثلاثة أبعاد، توجد حول نواة الذرة، وهي تصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترونات.

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

**المردود الفعلي Actual Yield** مقياس كمية ناتج التفاعل .

**المردود النظري Theoretical Yield** القيمة القصوى لنواتج التفاعل.

**المركبات الأروماتية (العطرية) Aromatic Compounds** مركبات عضوية تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

**المركبات الأليفاتية Aliphatic Compounds** مركب هيدروكربوني غير أروماتي كالألكان والألكين والألكاين.

**المركبات الأيونية Ionic Compounds** المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

**المركبات العضوية Organic Compounds** جميع المركبات التي تحتوي الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات فهي غير عضوية.

**المستوى** يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

## (ن)

**نسبة المردود المئوية Percent Yield** النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والناتج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

**نموذج بحر الإلكترونات Electron Sea Model** يقترح هذا النموذج تشارك جميع الذرات في الفلز الصلب بالإلكترونات التكافؤ مكونة بحرًا من الإلكترونات، وهي يفسر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

**نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model** نموذج التنافر بين إلكترونات التكافؤ والذي يعتمد على ترتيب الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية.

**النموذج الكمي للذرة Quantum Model of the Atom** النموذج الذي يتم فيه التعامل مع الإلكترونات على أنها موجات.

## (هـ)

**الهالوجينات Halogens** عناصر نشطة كيميائيًا توجد في المجموعة 17 في الجدول الدوري.

**الهيدروكربون Hydrocarbon** أبسط المركبات العضوية، ويتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.

**الهيدروكربونات الحلقية Cyclic Hydrocarbon** مركب هيدروكربوني يحتوي على حلقة هيدروكربونية.

**الهيدروكربون غير المشبع Unsaturated Hydrocarbon** مركب هيدروكربوني يحتوي على الأقل رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية بين ذرات الكربون.

**الهيدروكربون المشبع Saturated Hydrocarbon** هيدروكربون يحتوي روابط تساهمية أحادية فقط.

## (و)

**وحدة الصيغة الكيميائية Formula Unit** أبسط نسبة يمكن أن تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

# الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزاً أو شبه فلز أو لا فلز.

10			11			12			13	14	15	16	17	18
Nickel 28 <b>Ni</b> 58.693			Copper 29 <b>Cu</b> 63.546			Zinc 30 <b>Zn</b> 65.409			Aluminum 13 <b>Al</b> 26.982	Silicon 14 <b>Si</b> 28.086	Phosphorus 15 <b>P</b> 30.974	Sulfur 16 <b>S</b> 32.065	Chlorine 17 <b>Cl</b> 35.453	Argon 18 <b>Ar</b> 39.948
Palladium 46 <b>Pd</b> 106.42			Silver 47 <b>Ag</b> 107.868			Cadmium 48 <b>Cd</b> 112.411			Gallium 31 <b>Ga</b> 69.723	Germanium 32 <b>Ge</b> 72.64	Arsenic 33 <b>As</b> 74.922	Selenium 34 <b>Se</b> 78.96	Bromine 35 <b>Br</b> 79.904	Krypton 36 <b>Kr</b> 83.798
Platinum 78 <b>Pt</b> 195.078			Gold 79 <b>Au</b> 196.967			Mercury 80 <b>Hg</b> 200.59			Indium 49 <b>In</b> 114.818	Tin 50 <b>Sn</b> 118.710	Antimony 51 <b>Sb</b> 121.760	Tellurium 52 <b>Te</b> 127.60	Iodine 53 <b>I</b> 126.904	Xenon 54 <b>Xe</b> 131.293
Darmstadtium 110 <b>Ds</b> (269)			Roentgenium 111 <b>Rg</b> (272)			Copernicium 112 <b>Cn</b> (277)			Thallium 81 <b>Tl</b> 204.383	Lead 82 <b>Pb</b> 207.2	Bismuth 83 <b>Bi</b> 208.980	Polonium 84 <b>Po</b> (209)	Astatine 85 <b>At</b> (210)	Radon 86 <b>Rn</b> (222)
Ununpentium * 115 <b>Uup</b> (Unknown)			Ununseptium * 117 <b>Uup</b> (Unknown)			Ununoctium * 118 <b>Uuo</b> (Unknown)			Ununtrium * 113 <b>Uut</b> (Unknown)	Flerovium 114 <b>Fl</b> (289)	Ununpentium * 115 <b>Uup</b> (Unknown)	Livermorium 116 <b>Lv</b> (298)	Ununseptium * 117 <b>Uup</b> (Unknown)	Ununoctium * 118 <b>Uuo</b> (Unknown)

\* أسماء ورموز العناصر 113، 115، 117، 118 مؤقتة، وسيتم اختيار رموز وأسماؤها نهائية لها فيما بعد من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

Europium 63 <b>Eu</b> 151.964	Gadolinium 64 <b>Gd</b> 157.25	Terbium 65 <b>Tb</b> 158.925	Dysprosium 66 <b>Dy</b> 162.500	Holmium 67 <b>Ho</b> 164.930	Erbium 68 <b>Er</b> 167.259	Thulium 69 <b>Tm</b> 168.934	Ytterbium 70 <b>Yb</b> 173.04	Lutetium 71 <b>Lu</b> 174.967
Americium 95 <b>Am</b> (243)	Curium 96 <b>Cm</b> (247)	Berkelium 97 <b>Bk</b> (247)	Californium 98 <b>Cf</b> (251)	Einsteinium 99 <b>Es</b> (252)	Fermium 100 <b>Fm</b> (257)	Mendelevium 101 <b>Md</b> (258)	Nobelium 102 <b>No</b> (259)	Lawrencium 103 <b>Lr</b> (262)

# جداول مرجعية

## جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.

العنصر  
العدد الذري  
الرمز  
الكتلة الذرية

حالة المادة

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hydrogen 1 H 1.008	Beryllium 4 Be 9.012							
Lithium 3 Li 6.941	Magnesium 12 Mg 24.305							
Sodium 11 Na 22.990	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

يبدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً 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)





..... : الاسم

..... المدرسة :

نظام المقررات (مسار العلوم الطبيعية)

رقم الإيداع : ١٤٣٨/٤٥٥٨

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٥٠٨-٤٥٦-٧

A 3D rendering of a periodic table of elements, tilted at an angle. The elements are color-coded by groups: alkali metals (blue), alkaline earth metals (orange), transition metals (green), post-transition metals (yellow), metalloids (purple), nonmetals (pink), and noble gases (light blue). The table is set against a dark background with a grid pattern.