

نم تحميل وعرض المادة من
موقع حل دروسي

www.hldrwsy.com

موقع حل دروسي هو موقع تعليمي يعمل على مساعدة المعلمين والطلاب وأولياء الأمور في تقديم حلول الكتب المدرسية والاختبارات وشرح الدروس والملخصات والتأخير وتوزيع المنهج لكل المراحل الدراسية بشكل واضح ومبسط مجاناً بتصفح وعرض مباشر أونلاين على موقع حل دروسي

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الكيمياء 1-2

التعليم الثانوي - نظام المسارات
السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

ح) المركز الوطني للمناهج ، ١٤٤٦هـ

المركز الوطني للمناهج

كيمياء ١-٢ - التعليم الثانوي - السنة الثانية- نظام المسارات.

/ المركز الوطني للمناهج - الرياض ، ١٤٤٦ هـ .

٣٢٥ ص ؛ ٢١ × ٢٧ سم

رقم الإيداع : ١٦٤٩٢ / ١٤٤٦

ردمك : ٨-٠٤-٨٥٣٣-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:

يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



fb.iien.edu.sa



وزارة التعليم

Ministry of Education

2025 - 1447

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



المقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

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

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

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

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطلاب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجّه والمفتوح. فقبل البدء في دراسة محتوى كل فصل من فصول الكتاب، يقوم الطالب بالاطلاع على الفكرة العامة للفصل التي تقدم صورة شاملة عن محتواه. ثم يقوم بتنفيذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان التجربة 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، بما يُعزز أيضاً مبدأ رؤية 2030 " نتعلم لنعمل " .

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحاً وتفسيراً للمفردات الجديدة التي تظهر مظلمة باللون الأصفر، وتجد أيضاً أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية 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، ومنها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية 2030 وأهدافها الاستراتيجية، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة، التمهيدي والتكويني 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 يتضمن تذكيراً بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل قسم. ثم تجد تقويماً للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى إتقان المفاهيم، وحل المسائل، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومسائل 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

دليل الطالب

الفصل 5

160	الحسابات الكيميائية
162	5-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
172	5-2 صيغ الأملاح المائية
176	5-3 المقصود بالحسابات الكيميائية
181	5-4 حسابات المعادلات الكيميائية
187	5-5 المادة المحددة للتفاعل
194	5-6 نسبة المردود المثوية
199	الكيمياء والصحة: محاربة السلالات المقاومة

الفصل 6

216	حالات المادة
218	6-1 الغازات
228	6-2 قوى التجاذب
233	6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة
243	6-4 تغيرات الحالة الفيزيائية
249	الكيمياء في واقع الحياة: كيمياء الكاكاو

الفصل 7

260	الغازات
262	7-1 قوانين الغازات
273	7-2 قانون الغاز المثالي
281	7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات
286	الكيمياء والصحة: الصحة والضغط

الملاحق

296	دليل العناصر الكيميائية
316	المصطلحات
324	الجدول الدوري للعناصر

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

الفصل 1

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

الفصل 2

الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر ..

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

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	



كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

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

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و**الفكرة الرئيسية** و**التجربة** **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.



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

لتحصل 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.



كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمّق 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 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، سرعة الموجة، الطيف الكهرومغناطيسي، الكم، ثابت بلانك، التأثير الكهروضوئي، الفوتون، طيف الانبعاث الذري.

الضوء وطاقة الكم

Light and Quantized Energy

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

الربط مع الحياة: هل قمت يوماً بتسخين وجبة طعام بإسارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم جزء صغيرة 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 بسرعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضاً سبب عدم التجاذب الإلكترونيات السالبة الشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكن العلماء من تفسير الاختلاف والتشابه في السلوك الكيميائي للعناصر المختلفة.

فعل 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 مطلقاً 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 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.



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

12

مثال 1-1

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

تحليل المسألة

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

$$\begin{aligned} \text{المطلوب} \quad \lambda &= ? \text{ m} \\ f &= 3.44 \times 10^9 \text{ Hz} \\ c &= 3.00 \times 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

حساب المطلوب

حل المعادلة التي تربط بين السرعة والتردد والطول الموجي للموجة كهرومغناطيسية للحصول على الطول الموجي (λ). اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$\begin{aligned} \lambda &= c/f \\ \lambda &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ Hz}} \\ \lambda &= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ s}^{-1}} \\ \lambda &= 8.72 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

انضم الأرقام والوحدات

تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

- تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يعرض لها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي $4.90 \times 10^{-7} \text{ m}$ فما تردد موجة هذا الضوء؟
- يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم وتتسبب على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي $1.15 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟
- بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^{16} \text{ Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟
- تحفيز: تابع محطة راديو FM بتردد مقدار 94.7 MHz ، في حين تابع محطة AM بتردد مقدار 820 KHz . ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرصمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيه يعود إلى محطة AM؟



16

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 أحياناً ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غير توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدها قرأت

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

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



هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة $E_{photon} = hf$ ، لذا تتبع الفوتونات إلكترونات ذات الطاقة المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد هذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تنفذ الإلكترونات المثارة طاقاتها. تخص العناصر ترددات محددة من الضوء فيكون طيف الامتصاص. وتظهر الترددات المنبثقة في طيف الامتصاص كأشياء 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.
 - تنقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بسرعة الضوء في الفراغ.
 - للموجات الكهرومغناطيسية كلها خواص موجية ومادية.
 - تبحث المسألة الطاقة وتخصها بكميات محددة.
 - ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً، ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.
- الفكرة الرئيسية**
- تأثر بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
 - صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
 - قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
 - قارن استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقد.
 - ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
 - تفسير الرسوم العلمية. استعمل الشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين الفانينين الآتين.
- أطول طول موجي** a. إشعاع جاما
أعلى تردد b. موجة تحت الحمراء
أعلى طاقة c. موجات الراديو

21

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة	الفكرة العامة
1-1 الضوء وطاقة الكم	المفاهيم الرئيسية
الضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.	تعرف الموجات بأطوالها الموجية وتردداتها وسعاتها وسرعاتها.
المفردات	$c = \lambda f$
الإشعاع الكهرومغناطيسي	تنقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
الطول الموجي	ثابت بلانك
التردد	للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.
سعة الموجة	تخص المادة الطاقة وتبعها بمقدار يعرف بالكم.
سرعة الموجة	$E_{photon} = hf$
الطيف الكهرومغناطيسي	ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.
1-2 نظرية الكم والنزعة	المفاهيم الرئيسية
تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.	يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
المفردات	تربط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلتها وسرعتها وثابت بلانك.
حالة الاستقرار	المستوى
حالة الإثارة	العدد الكمي الرئيس
العدد الكمي	مستوى الطاقة الرئيس
مبدأ الشك لهايزنبرج	مستوى الطاقة الثانوي
النموذج الميكانيكي الكمي للذرة	يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية. تحل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تسمى المستويات الفرعية.
1-3 التوزيع الإلكتروني	المفاهيم الرئيسية
يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.	يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
المفردات	يحدد التوزيع الإلكتروني بالاتجاه على مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
التوزيع الإلكتروني	مبدأ أوفباو
مبدأ باولي	قاعدة هوند
إلكترونات التكافؤ	يمكن تقبل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والرمز الإلكتروني، ورمز الغاز النبيل.

الإلكترونات في الذرات

Electrons in Atoms

1

الفكرة

الفكرة (المهمة) للإلكترونات 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 تساعدك 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

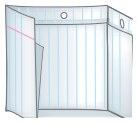
اعمل مطوية تساعدك
على تلخيص القواعد
الثلاث التي تحدد ترتيب
الإلكترونات في الذرة.

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 الشئ
لكي تحصل على 3 أجزاء.

خطوة 4 عنون الأجزاء

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

التوزيع الإلكتروني		
قاعدة هوند	مبدأ باولي	مبدأ أوفباو

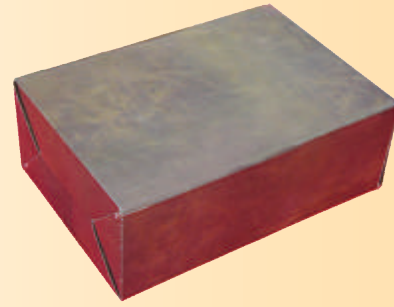
المطويات استخدم هذه المطوية في

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

تجربة استطلاعية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

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



خطوات العمل

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





1-1

الأهداف

تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.

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

تقارن بين الطيف

الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

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 حزم صغيرة 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

الشكل 1-1 للعناصر المختلفة تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

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

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

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

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

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

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

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

تعلمت سابقاً أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في الشكل 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، وتعرف المسافات التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها بـ **سرعة الموجة**، يرمز لسرعة الضوء بالرمز c ، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تفرده (f).

معادلة سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

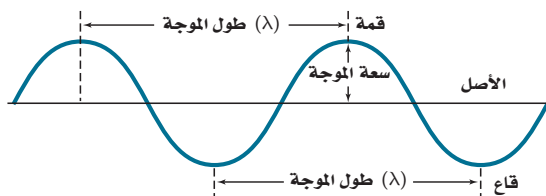
حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

λ الطول الموجي.

f التردد.

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

$$c = \lambda f$$

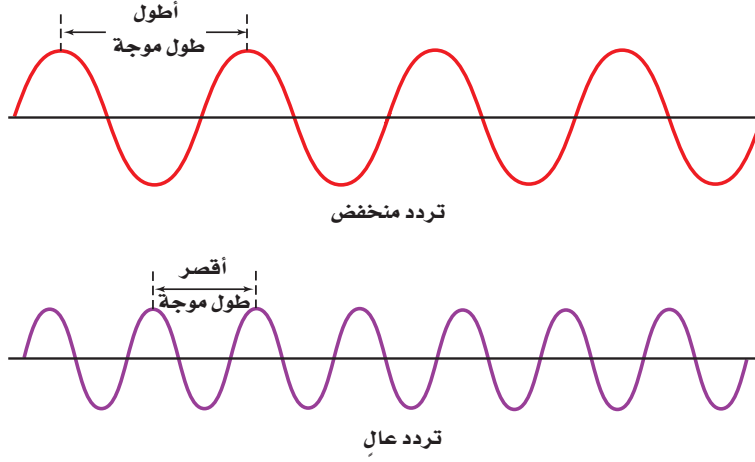


الشكل 1-2 a. تُظهر الموجات المائية المتحدة المركز الصفات المميزة لكل الموجات.

b. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسية 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.

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.



الشكل 4-1 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.



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

ومن الممكن أن تؤدي دراساته في مجال الطاقة الضوئية إلى نتائج عملية مفيدة للإنسان في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية. ولقد سُميت بعض قواعد التفاعلات التي اكتشفها باسمه، فيقال عنها قواعد السيد.



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

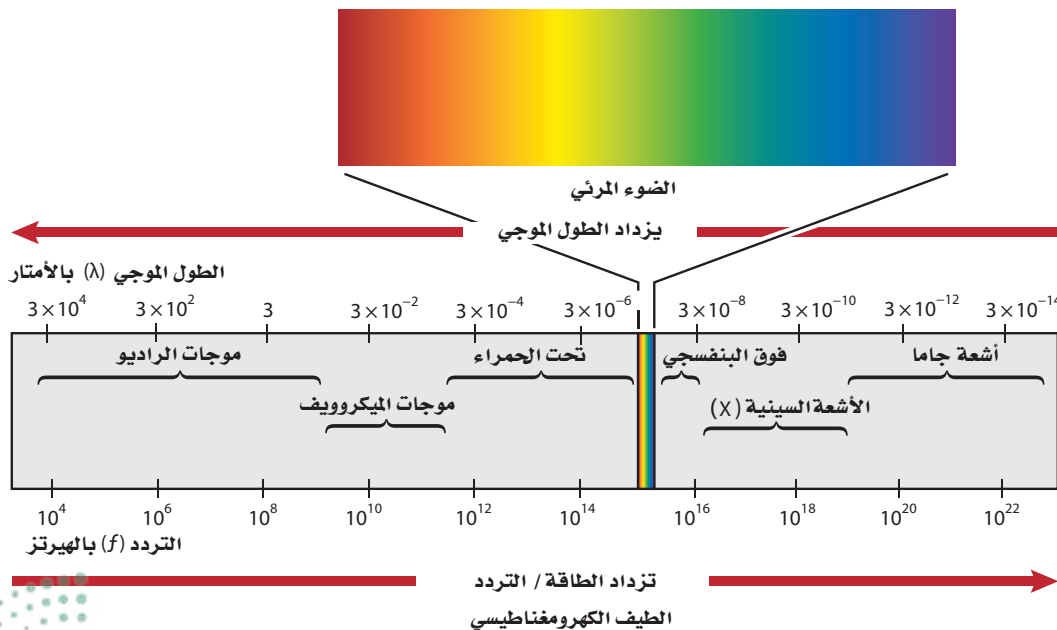
يظهر الطيف المرئي للضوء، في الشكل 1-4، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في الشكل 1-5. ويشتمل **الطيف الكهرومغناطيسي**، على أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط، ويظهر الشكل 1-4 اختلاف زاوية 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 $c = \lambda f$ لحساب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تنتقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وترده.

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

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



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

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 $c = \lambda f$ ؛ حيث قيمة c معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

المعطيات

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

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

المطلوب

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

2 حساب المطلوب

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

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة كهرومغناطيسية

$$c = \lambda f$$

حل لإيجاد λ

$$\lambda = c / f$$

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

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

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

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

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

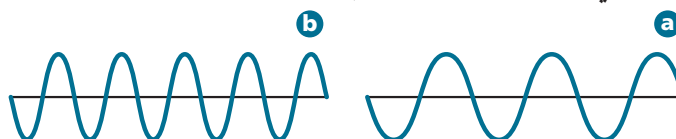
اقسم الأرقام والوحدات

3 تقويم الإجابة

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

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. تمييز: تذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz ، في حين تذيع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz . ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

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

مفهوم الكم تشع الأجسام ضوءاً عند تسخينها، انظر الشكل 6-1 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 نتعلم أن درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألواناً مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

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

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

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

المفردات

المفردات الأكاديمية

الظاهرة حقيقة أو حدث قابل للملاحظة.

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

الشكل 6-1 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.



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

طاقة الكم

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

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

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

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

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

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

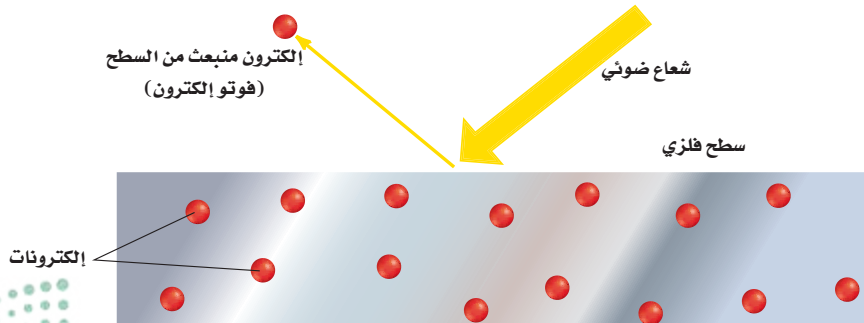
✓ **ماذا قرأت؟ صف التأثير الكهروضوئي.**

الكيمياء في واقع الحياة

الطاقة الشمسية



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



الشكل 1-7 يحدث التأثير الكهروضوئي

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

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

طاقة الفوتون

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

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

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

مثال 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

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

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

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

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

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

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

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

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسّمها

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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

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

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

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

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

7. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريباً،

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



طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

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

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

ماذا قرأت؟ وضع كيف ينتج طيف الانبعاث؟

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

يوضح الشكل 8-1 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

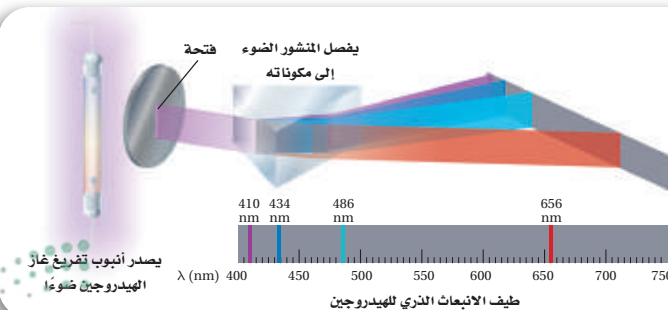
كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

خطوات العمل

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

التحليل

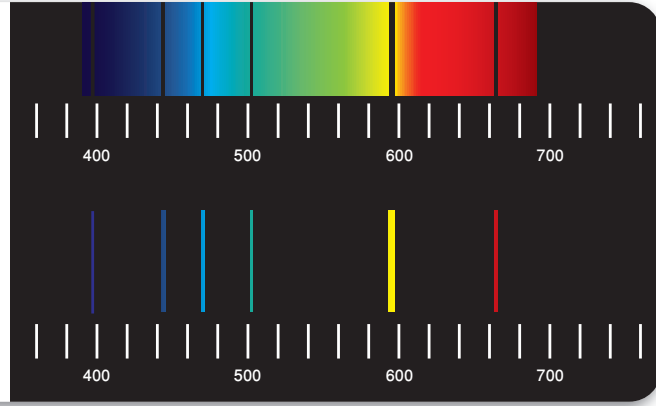
7. اقترح سبب إعطاء كل مركب لوناً مختلفاً للهب بنزن على الرغم من احتوائها جميعاً على الكلوريد.
8. وضح كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟
9. استنتج هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.



الشكل 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.

حدّد 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 $E_{\text{photon}} = hf$ ، لذا تنبعث الفوتونات الإلكترونية ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تمتص العناصر ترددات محددة من الضوء فيكون 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.

تجربة
عملية

اختبار اللهب

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



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 بكميات محددة.
- ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

- الفكرة الرئيسية: قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
- صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
- قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
- قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
- ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
- تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

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





1-2

الأهداف

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.

نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

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

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 قلّ 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 النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة.

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

حالة الاستقرار

حالة الإثارة

العدد الكمي

مبدأ الشك لهايزنبرج

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

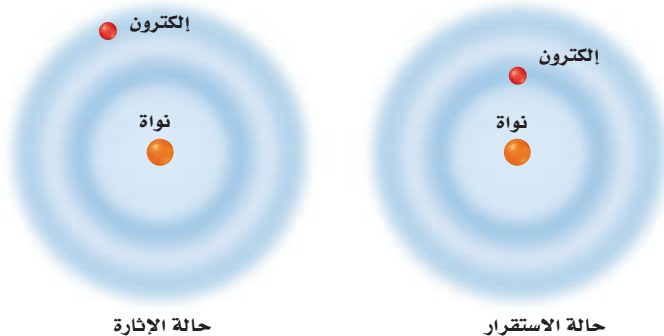
المستوى

العدد الكمي الرئيس

مستوى الطاقة الرئيس

مستوى الطاقة الثانوي

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.



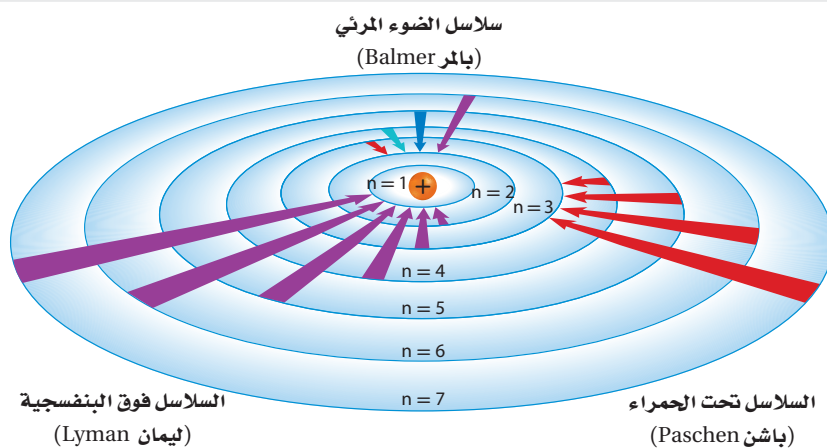
الجدول 1-1 وصف بور لذرة الهيدروجين				الجدول 1-1
مدار بور الذري	العدد الكمي	نصف القطر المداري (nm)	عدد المستويات الثانوية	الطاقة النسبية
الأول	$n=1$	0.0529	1	E_1
الثاني	$n=2$	0.212	2	$E_2 = 4E_1$
الثالث	$n=3$	0.476	3	$E_3 = 9E_1$
الرابع	$n=4$	0.846	4	$E_4 = 16E_1$
الخامس	$n=5$	1.32	5	$E_5 = 25E_1$
السادس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

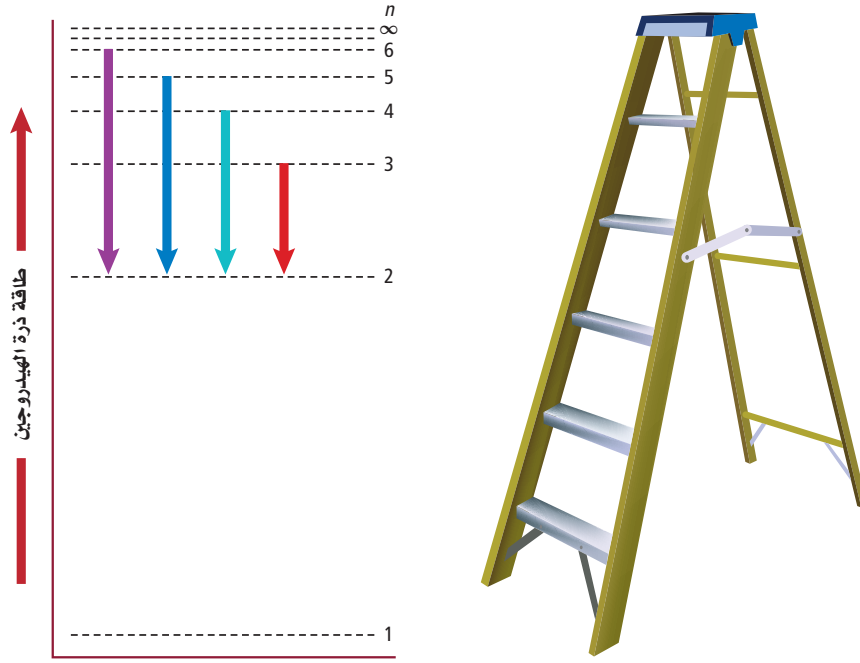
خصص بور لكل مدار عدداً صحيحاً (n)، أطلق عليه اسم **العدد الكمي** من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول $n=1$ مساوياً 0.0529 nm ، ونصف قطر المدار الثاني $n=2$ مساوياً 0.212 nm ، ويلخص الجدول 1-1 معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها ومستويات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

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 $n=1$ و $n=2$ و $n=3$ 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 أيضاً تنقلات الإلكترون الأربعة التي تنتج الخطوط المرئية في طيف الانبعاث الذري لذرة الهيدروجين، ويُنتج انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى الثاني $n=2$ خطوط الهيدروجين المرئية كلها، والتي تشكل سلسلة بالمر. وكما قيست طاقة انتقال الإلكترون في المنطقة غير المرئية، مثل سلسلة ليمان (فوق البنفسجية) التي ينتقل فيها الإلكترون إلى المستوى $n=1$ ، وكذلك سلسلة باشن (تحت الحمراء)، التي تنتج عن انتقال الإلكترون إلى المستوى $n=3$.

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

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



النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

The Quantum Mechanical Model of the Atom

تجربة
عملية

نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإشرافية



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 - 1987 م) - 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 مقيداً بمدارات دائرية أنصاف أقطارها ثابتة، فإنه يستطيع إشعاع موجات ذات أطوال موجية وسرعات وطاقات معينة فقط. وبتطوير فكرته اشتق دي برولي المعادلة الآتية:

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

m تمثل كتلة الجسيمات

λ تمثل طول الموجة

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

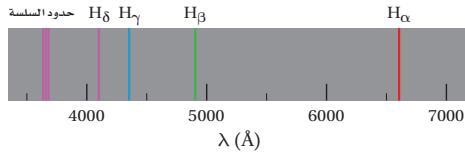
v تمثل السرعة

h ثابت بلانك

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

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية



التفكير الناقد

1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

a. $n_i = 3; n_f = 2$

c. $n_i = 5; n_f = 2$

b. $n_i = 4; n_f = 2$

d. $n_i = 6; n_f = 2$

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

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

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

التحليل

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

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

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

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.

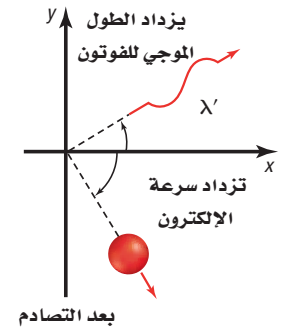
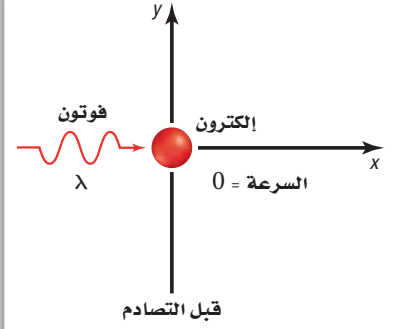
أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالون متنقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضاً أن تحدد مكان البالون بإضاءة مصباح يدوي. وباستخدام هذه الطريقة تنعكس فوتونات الضوء من البالون وتصل إلى عينيك 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 كلاً 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 إلكترونًا يتحرك بسرعة $6 \times 10^6 \text{ m/s}$ قرب النواة. فعدم التحديد أو الشك في مكان الإلكترون هو على الأقل 10^{-9} m ، وهذا أكبر 10 مرات تقريباً من قطر الذرة.

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



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

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

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

موقع الإلكترون المحتمل تتنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة تُسمى **المستوى**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون. يشبه المستوى الفرعي سحابة تتناسب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح الشكل 1-14a 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 1-14 تمثيل خريطة الكثافة احتمال

وجود إلكترون في موقع معين حول النواة.

a. تظهر الكثافة العالية للنقاط قرب النواة أن

احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جداً.

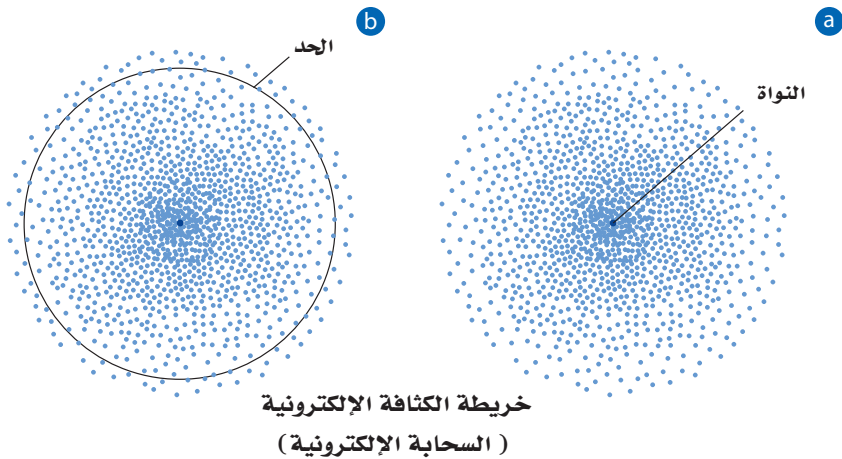
b. يحتمل وجود الإلكترون بنسبة 90% ضمن

المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة.

وأحياناً يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود

الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطاً

ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.



Hydrogen's Atomic Orbitals

مستويات ذرة الهيدروجين

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

عدد الكم الرئيسي تذكر أن نموذج بور قد عيّن أعداد الكم لمدارات الإلكترون. وعيّن النموذج الكمي بصورة مشابهة أربعة أعداد كم للمستويات الذرية. يعد العدد الأول هو **عدد الكم الرئيسي** (n)، الذي يشير إلى الحجم النسبي وطاقة المستويات؛ إذ كلما ازدادت قيمة n زاد حجم المستوى، لذا يقضي الإلكترون وقتًا أكبر بعيدًا عن النواة، وتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد n مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل منها **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.

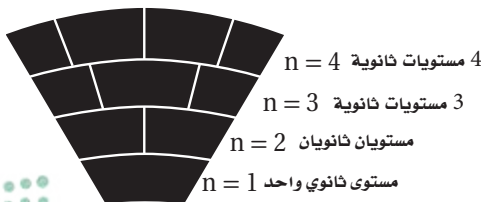
مستويات الطاقة الثانوية تحتوي مستويات الطاقة الرئيسة على **مستويات ثانوية**. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى ثانوي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستويين ثانويين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات ثانوية، ومستوى الطاقة الرئيس 4 من أربعة مستويات ثانوية، أما مستويات الطاقة الرئيسة (5-7) من أربعة مستويات ثانوية كالمستوى الرئيس الرابع. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية بطريقة أفضل، انظر إلى الشكل 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 .

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

الجدول 1-3	مستويات الطاقة الثانوية
عدد الإلكترونات التي يستوعبها	المستوى الثانوي
2	S
6	p
10	d
14	f

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.



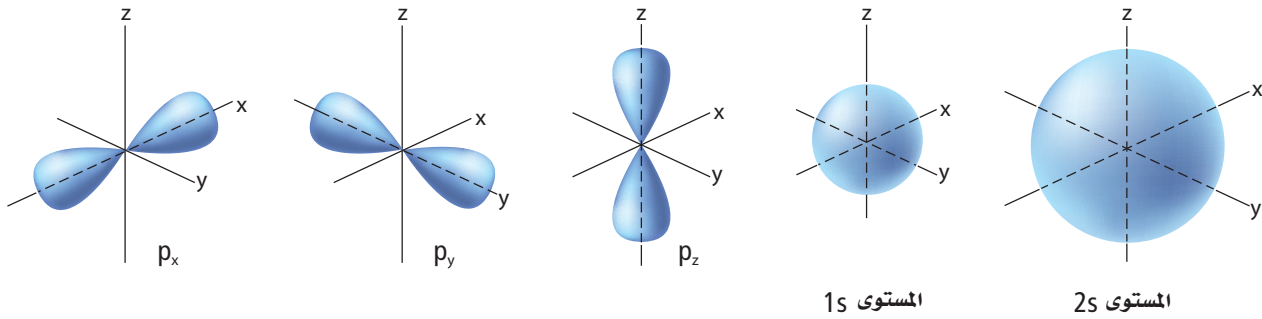
✓ **ماذا قرأت؟** وضح العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

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

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

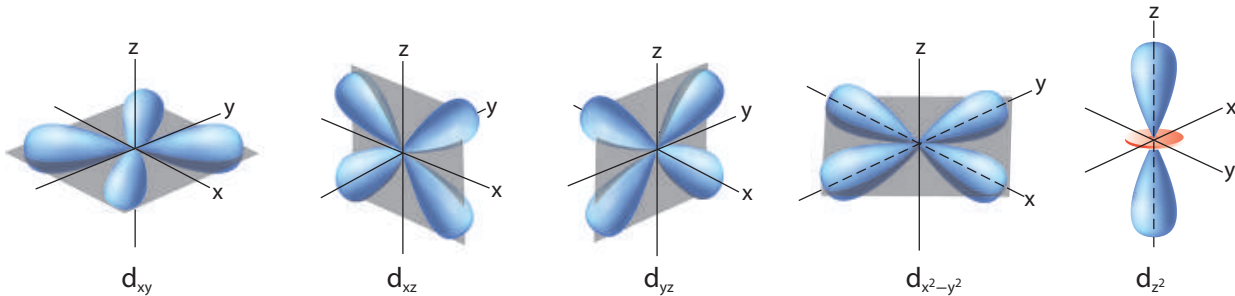
✓ **ماذا قرأت؟** صف أشكال المستويين s و p.

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

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات ثانوية هي: $3d$ ، $3p$ ، $3s$ ، 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_{z^2} 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 1-4 مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائماً عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n^2 .

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

التقويم 1-2

الخلاصة

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

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





1-3

الأهداف

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

- **توضيح المقصود** بالكروونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي للكروونات التكافؤ في الذرة.

مراجعة المفردات

الإلكترون: جسيم ذو كتلة صغيرة جداً، 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

التوزيع الإلكتروني

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.

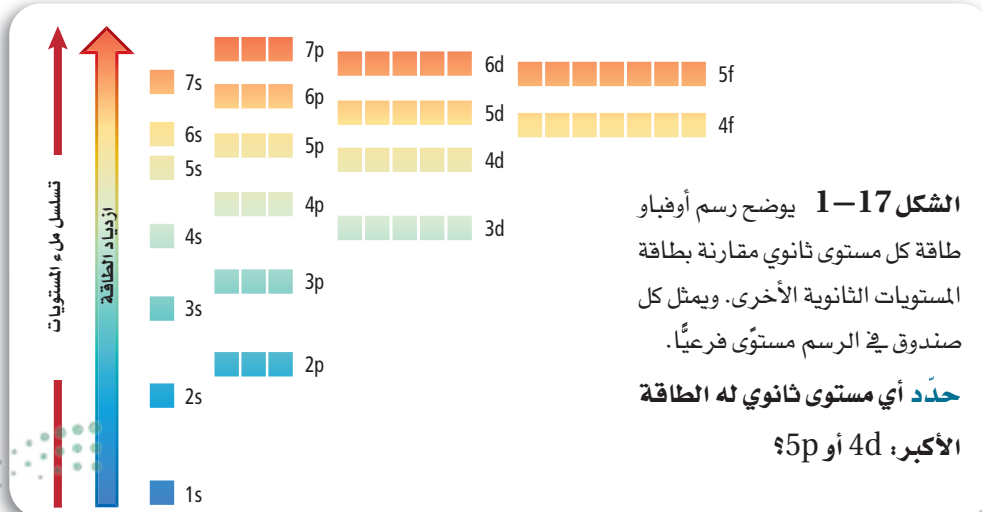
التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة

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 طاقاتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في الشكل 1-17، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوى فرعياً.



الجدول 1-5	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	إذا 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 1-5 عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبنى بإضافة إلكترونات 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 – 1958م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس بـ $\uparrow\downarrow$. ولأن كل مستوى فرعي لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونين فإن الحد الأعلى للإلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس يساوي $2n^2$.

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

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

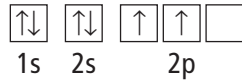
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



Electron Configuration التوزيع الإلكتروني

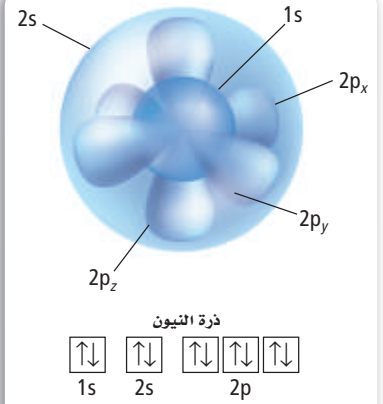
تستطيع أن تمثل التوزيع الإلكتروني للذرة بإحدى الطرائق الآتية: رسم مربعات المستويات، أو الترميز الإلكتروني، أو ترميز الغاز النبيل.

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



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

ويوضح الشكل 1-18 كيفية تداخل مستويات $1s 2s 2p_x 2p_y 2p_z$ لذرة النيون. ويبين الجدول 1-6 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



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

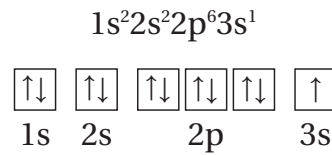
حدد كم إلكترونًا في ذرة النيون؟

الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

الجدول 1-6

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 1-7 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقتي الترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

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

التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18			الجدول 1-7
طريقة ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)	طريقة الترميز الإلكتروني	العدد الذري	العنصر/رمزه
$[Ne] 3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	11	الصوديوم Na
$[Ne] 3s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	12	الماغنسيوم Mg
$[Ne] 3s^2 3p^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	13	الألومنيوم Al
$[Ne] 3s^2 3p^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	14	السليكون Si
$[Ne] 3s^2 3p^3$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	15	الفوسفور P
$[Ne] 3s^2 3p^4$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	16	الكبريت S
$[Ne] 3s^2 3p^5$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	17	الكلور Cl
$[Ar]$ أو $[Ne] 3s^2 3p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	18	الأرجون Ar

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

استراتيجية حل المسألة

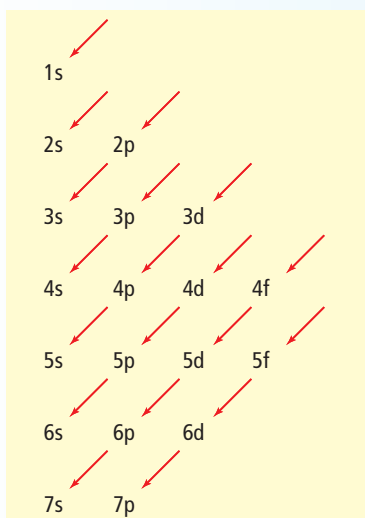
ملء مستويات الطاقة

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

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

طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.



ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

مسائل تدريبية

20. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

e. التيربيوم Tb

c. الأنثيمون Sb

a. البروم Br

f. التيتانيوم Ti

d. الرينيوم Re

b. الإسترانشيوم Sr

21. 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؟
22. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟
23. 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؟
24. تخفيف 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 يدرس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م. وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تُمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية لتصبح النقاط في صورة أزواج حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح الجدول 8-1 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

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



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

1 تحليل المسألة

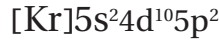
بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدّد العدد الذري لعنصر القصدير، واكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافئه، ثم استخدم قواعد التمثيل النقطي للإلكترونات لرسم التمثيل النقطي الإلكتروني له (تمثيل لويس).

2 حساب المطلوب

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

25. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات للعناصر الآتية:

c. الزينون Xe

b. الثاليوم Tl

a. الماغنسيوم Mg

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

27. تحفيزًا يحتمل 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 أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدّد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

28. **الفكرة الرئيسية** طبق مبدأ باولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

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

29. عرّف إلكترونات التكافؤ.

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

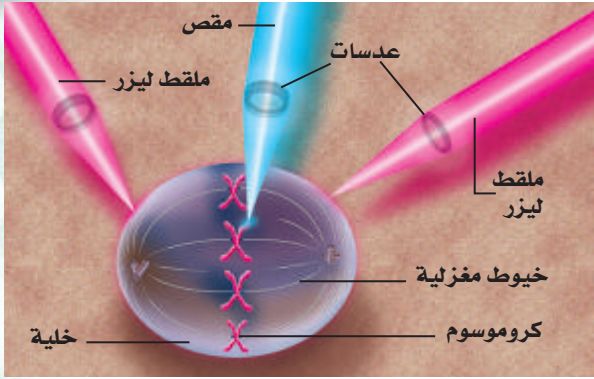
31. التوسع عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

32. تفسير الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي للإلكترونات ذرة السيليونيوم؟ فسّر إجابتك.

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



الكيمياء والصحة



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

الليزر والسرطان أين يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوخة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أي حال لا يعرف العلماء تمامًا كيف تقوم هذه الخيوط المغزلية بوظيفتها. استخدمت مقصات الليزر الصغيرة لقطع أجزاء من الكروموسومات خلال عملية انقسام الخلايا. واستخدمت ملاقط الليزر بعد ذلك لتحريك القطع داخل الخلية وحول الخيوط المغزلية، كما في الشكل 2. وبمعرفة القوة التي تمسك بها الملاقط الكروموسومات يستطيع العلماء قياس القوة المقابلة التي تبذلها الخيوط المغزلية. ويأمل العلماء أن يعرفوا كيف تعمل الخيوط المغزلية خلال عملية انقسام الخلية، مما يساعدهم على معرفة الأمراض المرتبطة مع انقسام الخلية، ومنها السرطان الذي تنقسم فيه الخلايا بصورة غير قابلة للتحكم.

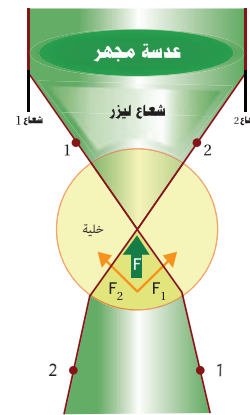
الكتابة في الكيمياء

أشعة الليزر يستخدم الليزر في أنواع متعددة من الأجهزة المستعملة في الحياة اليومية. ابحث عن الأنواع المختلفة من الليزر التي نستخدمها في حياتنا، وتعرف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستعمال ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تتكون هذه الملاقط من حزمتي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جدًا، ومنها الخلايا والذرات المفردة. ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

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



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

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1-1 الضوء وطاقة الكم

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

المفردات

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

المفاهيم الرئيسية

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

1-2 نظرية الكم والذرة

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

المفردات

- حالة الاستقرار
- حالة الإثارة
- العدد الكمي الرئيس
- مبدأ الشك لهايزنبرج
- النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
- المستوى
- العدد الكمي الرئيس
- مستوى الطاقة الرئيس
- مستوى الطاقة الثانوي

المفاهيم الرئيسية

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

1-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسية يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

المفردات

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

المفاهيم الرئيسية

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



إتقان حل المسائل

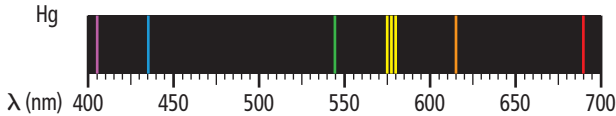


الشكل 1-19

44. الإشعاع استخدم الشكل 1-19 لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

- a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$
- b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm
- c. إشعاع بتردد 5.6 MHz
- d. إشعاع ينتقل بسرعة $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

- 45. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده $5.00 \times 10^{12} \text{ Hz}$ وما نوع هذا الإشعاع؟
- 46. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي $3.33 \times 10^{-8} \text{ m}$ وما نوع هذا الإشعاع؟
- 47. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها $1.33 \times 10^{17} \text{ Hz}$ وطول موجتها 2.25 nm ؟
- 48. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده $4.48 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟



الشكل 1-20

- 49. الزئبق يظهر في الشكل 1-20 طيف الانبعاث الذري للزئبق. قَدِّر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟
- 50. ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته $1.18 \times 10^{-8} \text{ m}$ ؟

- 51. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $2.93 \times 10^{-25} \text{ J}$ ، فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

1-1

إتقان المفاهيم

33. عرّف المصطلحات الآتية:

- a. التردد
- b. الطول الموجي
- c. الكم
- d. الحالة المستقرة

34. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعدياً حسب الطول الموجي:

- a. الضوء فوق البنفسجي
- b. الميكروويف
- c. موجات الراديو
- d. الأشعة السينية

35. ما الذي تعنيه عبارة "أشعة جاما لها تردد $2.88 \times 10^{21} \text{ Hz}$ "؟

36. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

37. مصباح النيون كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح نيون عن ضوء الشمس؟

38. وضح مفهوم بلانك للكم من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدها.

39. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

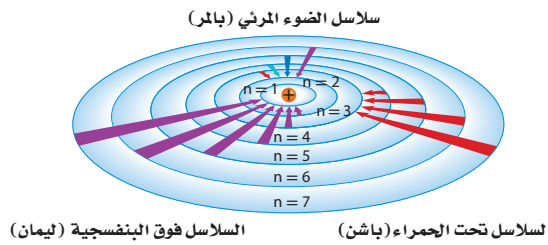
40. قوس المطر اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

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

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

43. كيف تشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟ وكيف تختلف؟

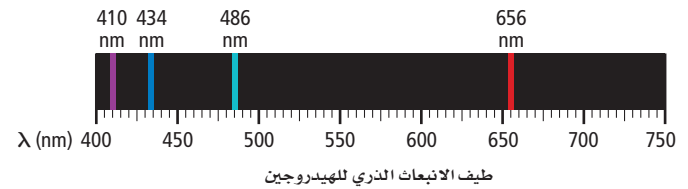
59. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟
60. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟
61. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟
62. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟
63. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟
64. 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

65. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسية الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟
66. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثاني d ؟
67. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثاني؟
68. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثاني d ؟
69. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟
70. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثاني $2p$.
71. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

52. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $1.10 \times 10^{-13} \text{ J}$ ، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟
53. السفينة الفضائية ما الوقت الذي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجر حتى تصل الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض $2.72 \times 10^9 \text{ km}$ ؟
54. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد 104.5 MHz ، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟
55. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتون إلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى $(9.08 \times 10^{-19} \text{ J/photon})$ ؟
56. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً طول موجته 193.3 nm فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كم واحد من هذا الإشعاع؟



الشكل 1-21

57. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين 486 nm ، فاستعن بالشكل أعلاه على تحديد لون الخط وتردده؟

1-2

إتقان المفاهيم

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

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

- a. الكربون c. الكالسيوم
b. اليود d. الجاليوم

80. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر ما؟

81. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت، بطريقة الترميز الإلكتروني.

إتقان حل المسائل: (استعن بالجدول الدوري عند الحاجة للحصول على الأعداد الذرية للعناصر)
اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

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

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

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

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

84. 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. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

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

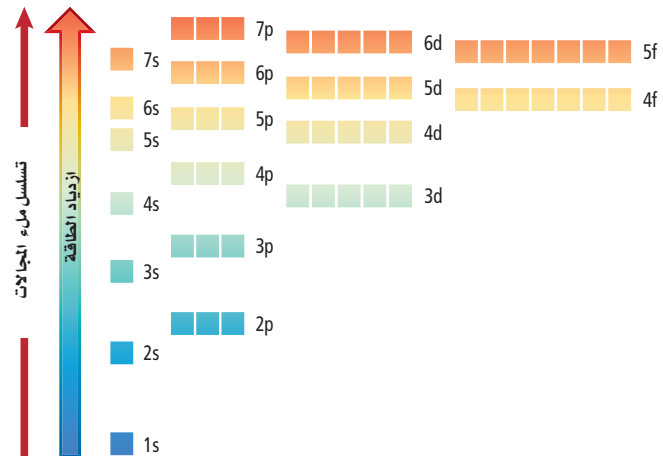
73. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

1-3

إتقان المفاهيم

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

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



الشكل 1-23

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

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

78. صف الفرق بين الكم والفوتون.



مراجعة عامة

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

- 3
- 4
- 6
- 7

91. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

- s
- p
- d
- f

92. أي العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربون، الباريوم؟

93. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطأ أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

94. الخارصين: تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و 3p و 3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي

للإلكترونات نقطتان فقط؟

95. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل $[Rn] 7s^1$ ؟

96. كيف وضَّح بور طيف الانبعاث الذري؟

85. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 1-24 صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

-
-
-
-

الشكل 1-24

86. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

- الكربون
- الزرنيخ
- البولونيوم
- البوتاسيوم
- الباريوم

87. ما عدد المستويات الرئيسية الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس $n = 4$ ؟

88. ما العنصر الذي قد يكون لذاته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 1-25؟

- المنجنيز
- الأنثيمون
- الكالسيوم
- الساماريوم



الشكل 1-25

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



تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

101. 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.
102. نموذج رذرفورد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني أرنيست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدماً رسوماً وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ ينتج خيطان متقاربان، أحدهما أصفر 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.



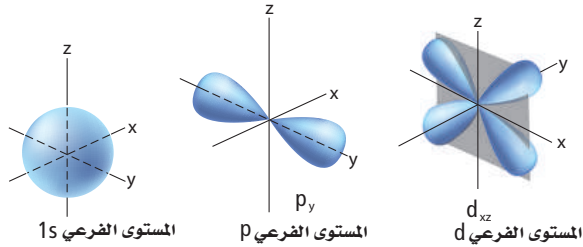
الشكل 1-27

103. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟
104. 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؟

105. احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدماً المعادلات: $E = hc/\lambda$, $c = \lambda f$, $E = hf$

التفكير الناقد

97. صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل 2-26، وحدد اتجاهاتها.



الشكل 2-26

98. 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

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

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

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

اختبار مقنن

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؟

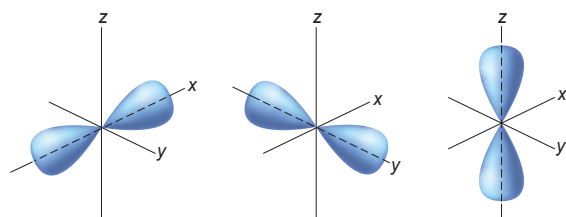
a. $\cdot \ln$

b. $\cdot \ln \cdot$

c. $\cdot \ln \cdot$

d. $\cdot \ln \cdot$

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية

الموضحة في الشكل أعلاه؟

a. s

b. p

c. d

d. f

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى

الثانوي السابق؟

a. 2

b. 3

c. 6

d. 8

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

الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

a. 10

b. 20

c. 25

d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة

من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية			
العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفاناديوم	V	23	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^3$
اليتريوم	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؟

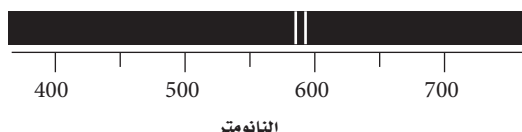
ادرس العبارة الآتية:

عنصر ممثل عدده الذري 13 يوجد في مستوى طاقته الخارجى 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

المستقرة $[Xe] 6s^2 4f^{14} 5d^6$ ؟

a. La

b. Ti

c. W

d. Os

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

a. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$

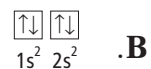
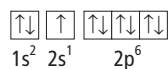
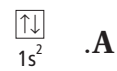
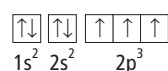
b. $1s^2 2s^2 2p^7 3s^2 3p^7 4s^2 3d^1$

c. $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^5 4s^2 3d^1$

d. $1s^2 2s^1 2p^7 3s^1 3p^7 4s^2 3d^1$

استخدم رسومات مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة

عن السؤالين 9 و 10.



9. أي مما سبق يوضح رسماً لمربعات المستويات يخالف

مبدأ أوفباو؟

c. C

a. A

d. D

b. B

10. أي مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر

البريليوم؟

c. C

a. A

d. D

b. B

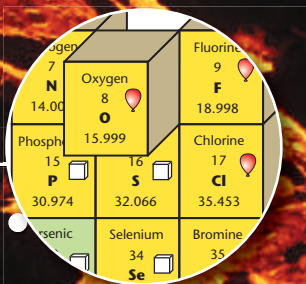
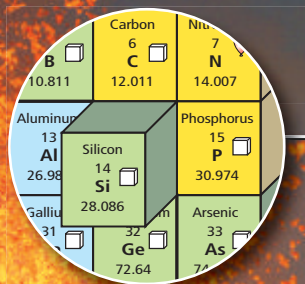
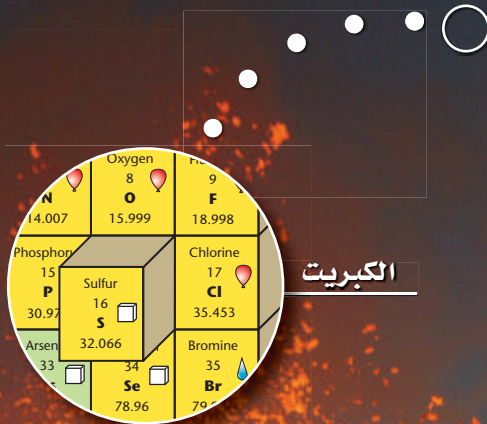


الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

The Periodic Table and Periodic Trends

2

الفصل



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

1-2 تطور الجدول الدوري الحديث

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

2-2 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية .

3-2 تدرج خواص العناصر

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

حقائق كيميائية

- يتضمن الجدول الدوري حاليًا 118 عنصرًا، يوجد منها في الطبيعة 92 عنصرًا فقط.
- يُعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر توافرًا في الكون ونسبة كتلته 75%، في حين يُعد عنصر الأكسجين أكثر العناصر توافرًا في الأرض ونسبته 50%.
- يحتوي جسم شخص كتلته 70 kg على حوالي 43 kg تقريبًا من الأكسجين.
- تقل الكمية الكلية لعنصر الأستاتين في القشرة الأرضية عن 30 g، مما يجعله أقل العناصر وفرة في الأرض.

نشاطات تمهيدية

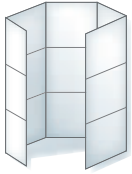
تدرج الخواص اعمل
مطوية تساعدك على تنظيم
المعلومات عن تدرج
الخواص.

المطويات

منظمات الأفكار



خطوة 1 اطو قطعة الورق
إلى 3 أقسام عرضياً.



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

تدرج الخواص	الدورات	المجموعات
الخواص الأساسية		
الخواص المتوسطة		
الخواص المتقدمة		

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 الكهروسالبيه.

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

تجربة استهلاكية

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغير 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. حلّل طريقتك في ترتيب العينات، وفسّر أي نمط آخر
تجده في الجدول.
- استقصاء** صمّم جدولاً دورياً للمشروبات الغازية على النحو
نفسه الذي ورد في التجربة. ما الخواص التي استخدمتها؟





2-1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

التدرج في الخواص
المجموعات
الدورات
العناصر 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 2-1 على 33 عنصراً موزعة على 4 فئات.

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

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

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



العناصر ذات الخواص 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	

مجموعة واحدة

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 السكانيديوم، والجاليوم، والجيرومانيوم.

موزلي Moseley لم يكن جدول مندليف صحيحاً تماماً؛ فبعد اكتشاف العديد من العناصر الجديدة، وتحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة بدقة أكثر، بدا واضحاً أن بعض العناصر لم توضع في مكانها الصحيح في الجدول. إذن 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 رُتبَت 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 **بتدرج 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 1869م 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	Ce = 140?	La = 180?	Tb = 221
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 ومندليف 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	• رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية. • لاحظ تكرار خواص العناصر لكل ثمانية عناصر. • وضع قانون الثمانية.
لوثر ماير 1830-1895م	• أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية.
ديمتري مندليف 1834-1907م	• أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعدياً وفق الكتل الذرية. • تنبأ بوجود عناصر غير مكتشفة، وحدد خواصها.
هنري موزلي 1887-1915م	• اكتشف أن العناصر تحتوي على عدد فريد من البروتونات سُمي العدد الذري. • رتب العناصر تصاعدياً وفق العدد الذري، مما نتج عنه نموذج لدورية خواص العناصر.

الجدول الدوري الحديث

The Modern Periodic Table

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

✓ **ماذا قرأت؟** عرّف المجموعات والدورات.

اسم العنصر	أكسجين
الحالة	8
الرمز	O
الكتلة الذرية المتوسطة	15.999

الشكل 2-3 يحتوي المربعات في الجدول الدوري على اسم العنصر والرمز الكيميائي والعدد الذري والكتلة الذرية وحالة المادة.



يحتوي الجدول الدوري الحديث على سبع دورات بدءاً من الهيدروجين في الدورة الأولى. وقد رُفِّمت 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 الرئيسة أو **العناصر الممثلة**. ويُشار إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 **بالعناصر الانتقالية**. كما تُصنّف العناصر إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات.

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

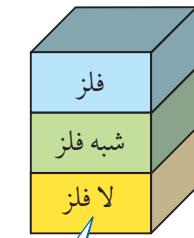


الجدول الدوري للعناصر

الشكل 2-5

			13		14	15	16	17	18
			Boron 5 B 10.811		Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
			Aluminum 13 Al 26.982		Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
10	11	12							
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798	
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293	
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)	
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennesine 117 Ts 294.211	Oganesson 118 Og 294.214	

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



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزًا أو شبه فلز أو لا فلز.



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

غاز

سائل

جامد

مُصنَّع

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

سائل

جامد

مصنع

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

العنصر

العدد الذري

الرمز

الكتلة الذرية

Hydrogen

1

H

1.008

حالة المادة

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.

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

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في خواص العناصر

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

التحليل

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

التفكير الناقد

3. **استدل** أي عمود من أعمدة البيانات يظهر أكثر

احتمالاً للخطأ في التوقع؟ اشرح ذلك.

4. **وضح** لماذا لا يكفي إنتاج مليون ذرة من عنصر

الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات؛ مثل قياس

الكثافة ودرجة الانصهار؟

1. **استنبط** نمط التغير في كل خاصية واردة في الجدول،

بحيث يمكنك استقراء القيم الخاصة بعنصر الفرانسيوم،

مسترشداً بقانون تدرج الخواص.

2. **توقع** ما إذا كان عنصر الفرانسيوم صلباً أم سائلاً أم غازاً.

وكيف يمكن دعم هذا التوقع؟

الفلزات الانتقالية والفلزات الانتقالية الداخلية تُقسم العناصر الانتقالية إلى فلزات انتقالية وفلزات انتقالية داخلية. وتعرف الفلزات الانتقالية الداخلية بسلسلتى 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 بالمربعات 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 في صورة مركبات - كما في المجموعتين 1 و 2 - وتضاف المركبات التي تحتوي على الفلور إلى معجون الأسنان وماء الشرب لحماية الأسنان من التسوس. وتسمى عناصر المجموعة 18 الحاملة جداً **الغازات النبيلة**، وتستخدم في المصابيح الكهربائية وإشارات (لوحات) النيون.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع

الموصلات

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

النحاس موصل جيد للحرارة

الاستعمال الشائع: ما يوصل به الحبل...

الشكل 6-2 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 الرئيسية** صف التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كل من لافوازييه، ونيولاندرز، ومنديليف، وماير، وموزلي في ذلك.
 2. ارسم مخططاً مبسطاً للجدول الدوري، وأشر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
 3. صف الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.
 4. حدّد: أي العناصر الآتية عناصر ممثلة، وأيها عناصر انتقالية؟
a. ليثيوم Li b. بلاتين Pt
c. بروميثيوم Pm d. كربون C
 5. قارن 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. تفسر البيانات تخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، مما يتطلب استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقل من كتلة الكاديوم Cd. استخدم الجدول الدوري لتحديد العنصر الذي يمكن أن تستخدمه الشركة.
- تم ترتيب العناصر قديماً في الجدول الدوري وفق كتلتها الذرية تصاعدياً مما نجم عنه وضع بعض العناصر في غير أماكنها وقد تم ترتيبها لاحقاً وفقاً لتزايد أعدادها الذرية.
 - تتدرج الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر عند ترتيبها تصاعدياً حسب أعدادها الذرية.
 - تترتب العناصر في الجدول الدوري في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتقع العناصر المتشابهة في خواصها في المجموعة نفسها.
 - تصنف العناصر إلى فلزات، ولافلزات وأشباه فلزات.



2-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

تصنيف العناصر

Classification of the Elements

الفكرة الرئيسية رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

الربط مع الحياة إذا أردت توصيل رسالة إلى شخص ما فلا يكفي أن تعرف رقم بيته فقط، بل يجب أن تعرف عنوان البيت كاملاً: في أي شارع هو؟ وأي مدينة؟ وأي منطقة؟ وبالطريقة نفسها يتم تعريف العناصر من خلال توزيعها الإلكتروني.

ترتيب العناصر وفق التوزيع الإلكتروني

Organizing the Elements by Electron Configuration

يحدّد التوزيع الإلكتروني الخواص الكيميائية للعنصر. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح الجدول 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. وتعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني s^1 . ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنين من إلكترونات التكافؤ توزيعهما الإلكتروني s^2 ، وللمجموعتين 1 و 2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

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

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

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	2	13	14	15	16	17	18
1 H.							He:
2 Li.	Be.	.B.	.C.	.N.	.O.	.F.	.Ne:
3 Na.	Mg.	.Al.	.Si.	.P.	.S.	.Cl.	.Ar:
4 K.	Ca.	.Ga.	.Ge.	.As.	.Se.	.Br.	.Kr:
5 Rb.	Sr.	.In.	.Sn.	.Sb.	.Te.	.I.	.Xe:
6 Cs.	Ba.	.Tl.	.Pb.	.Bi.	.Po.		.Rn:

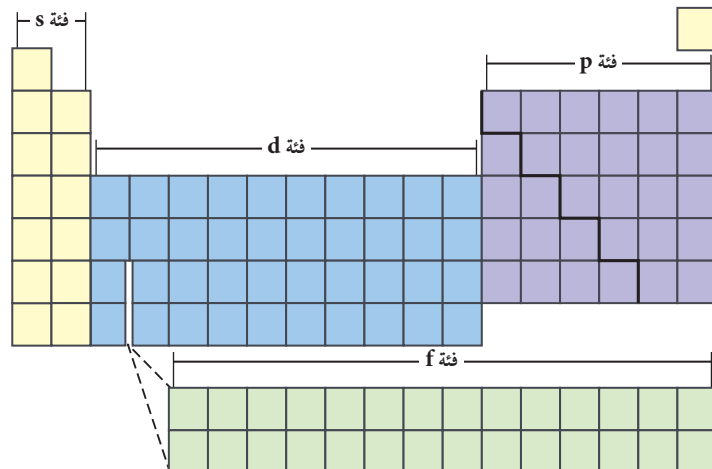
إلكترونات تكافؤ العناصر الممثلة عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن لعناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأما عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونات تكافؤ فقط. يبين الشكل 7-2 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 الآحاد فيها.

عناصر الفئات s, p, d, f

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

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	$[\text{He}] 2s^2 2p^6$
3	$n = 3$	الأرجون	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$
4	$n = 4$	الكريبتون	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^6$

عناصر الفئة - s تتكون من عناصر المجموعتين الأولى والثانية وعنصر الهيليوم. حيث تحتوي عناصر المجموعة الأولى على مستويات s 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 تشمل 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.

المفردات

الاستعمال العلمي

البنية: Structure

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

اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

الشكل 2-9 تاريخ الجدول الدوري

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

1894-1900م أصبحت الغازات النبيلة - ومنها الأرجون والهيليوم والكريبتون والنيون والزينون والرادون - مجموعة جديدة في الجدول الدوري.

1828م بدأ العلماء في اتخاذ الحروف رموزاً للعناصر الكيميائية.

1913م حدّد هنري موزلي العدد الذري للعناصر المعروفة، وأثبت أنّ خواص العناصر تتغير بشكل دوري مع العدد الذري.

1869م طوّر كل من لوثر ماير وديميتري مندليف - كل منهما على حدة - جداول للعناصر، تستند إلى خواصها، وتوقعاً خواص عناصر أخرى غير معروفة.

1789م عرّف أنتوني لافوازييه العنصر، وأعد قائمة بالعناصر المعروفة وميّز بين الفلزات واللافلزات.

مهن في الكيمياء

الباحث الكيميائي

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

عناصر الفئة - d تحتوي على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d 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.

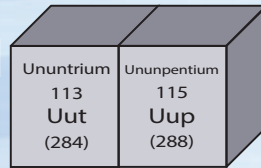
لقد استغرق تطوير الجدول الدوري سنين عديدة، وما زالت عملية التطوير جارية؛ حيث يتم تحضير العناصر بطريقة صناعية باستمرار. ارجع إلى الشكل 9-2 لمزيد من المعلومات عن تاريخ الجدول ومساهمات العديد من العلماء في تطويره.

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

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

1985م تبنى الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحتة والتطبيقية الجدول الدوري الحالي المستخدم في أنحاء العالم.

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



2010

1995

1980

1965

1950

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

1969م قام الباحثون في جامعة بيركلي بتحضير أول العناصر الصناعية الأثقل من الأكتينيدات، وفترة عمر النصف له 4.7s وسمي رذرفورديوم.



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

1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

المعطيات

التوزيع الإلكتروني $[Kr] 5s^2$

المطلوب

المجموعة = ؟ الدورة = ؟ الفئة = ؟

2 حساب المطلوب

يشير عدد إلكترونات التكافؤ إلى رقم مجموعة العناصر الممتلئة.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

يشير s^2 إلى أن إلكترونات تكافؤ الإسترانشيوم تملأ المستوى الثانوي (s)، لذا يوجد عنصر الإسترانشيوم في **الفئة s والمجموعة 2** ويشير رقم 5 في $5s^2$ إلى أن عنصر الإسترانشيوم يقع في **الدورة 5**

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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. $[Kr] 5s^2$ d. $[Xe] 6s^2$

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. $s^2 p^6$ d. $s^2 d^5$

10. تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

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

التقويم 2-2

الخلاصة

- 11. **الفكرة الرئيسية** 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. $s^2 p^1$
- 13. توقّع 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 ارسماً مخططاً بسيطاً للجدول الدوري، وبين فئات s, p, d, f.



2-3

الأهداف

- 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، و طاقة تأينها، وسالبيتها الكهربائية.

مراجعة المفردات

مستوى الطاقة الأساسي: هو مستوى الطاقة الرئيس للذرة.

المفردات الجديدة

الأيون

طاقة التأين

الكهروسالبية

القاعدة الثانية

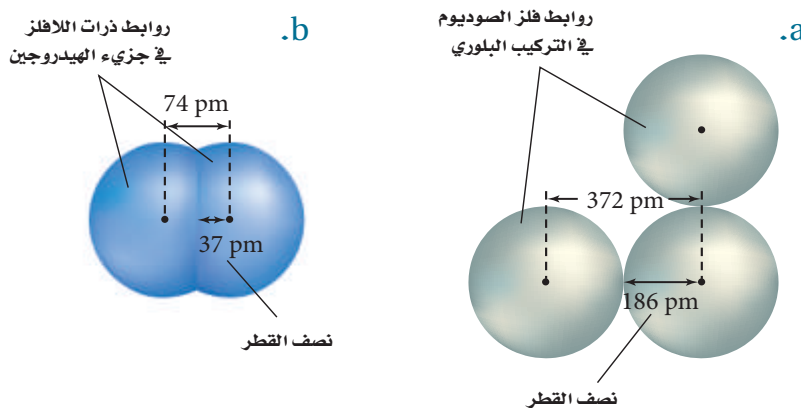
تدرج خواص العناصر Periodic Trends

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

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

نصف قطر الذرة Atomic Radius

يتغير الكثير من خواص العناصر بشكل متوقع، ويعرف ذلك 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 .



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									18
1	H 37								He 31
2	Li 152	Be 112							
3	Na 186	Mg 160							
4	K 227	Ca 197							
5	Rb 248	Sr 215							
6	Cs 265	Ba 222							

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.

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

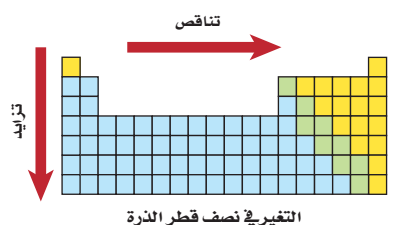
تدرج نصف القطر الذري عبر المجموعات يزداد في الغالب نصف قطر الذرة عند الانتقال إلى أسفل المجموعة؛ فعند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة تقابل الزيادة في الشحنة الموجبة في النواة زيادة في عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية؛ أي أن شحنة النواة المؤثرة في إلكترونات مستوى الطاقة الأخير تبقى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

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

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 البيريليوم Be، أو الليثيوم Li؟

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 تجدد أن العناصر جميعها موجودة في الدورة الثانية.

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

و C، و F.

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

3 تقويم الإجابة

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

وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في الشكل 11-2 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.

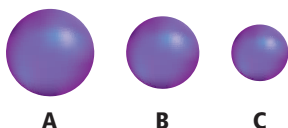
19. تحفيز حدّد أي العنصرين في كل زوج مما يأتي له نصف قطر أكبر:

a. عنصر في الدورة 2 والمجموعة 1، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 18

b. عنصر في الدورة 5 والمجموعة 2، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 16

c. عنصر في الدورة 3 والمجموعة 14، أو عنصر في الدورة 6 والمجموعة 15

d. عنصر في الدورة 4، والمجموعة 18، أو عنصر في الدورة 2، والمجموعة 16

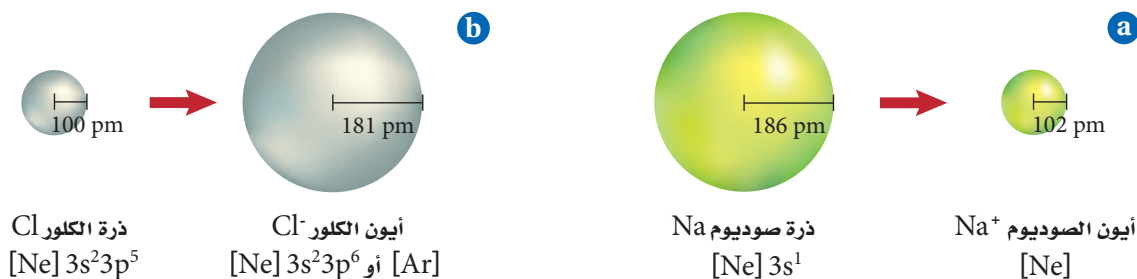


A

B

C





الشكل 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 لا 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

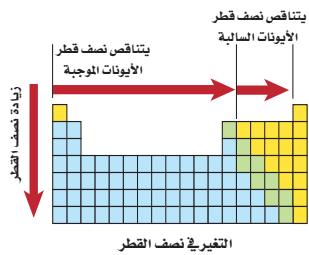
الشكل 2-14 يوضح نصف القطر الأيوني

للعناصر الممثلة مقيسًا بوحدة pm ($10^{-12}m$).

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 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 1-5 مقارنةً بالعدد الذري لها.

اختبار الرسم البياني

صف اتجاه التغير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.



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

تمثل كل مجموعة من النقاط المتصلة في الرسم الموضح في الشكل 16-2 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 يجد من نشاطها الكيميائي.

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

تلاحظ عند الانتقال في الجدول من اليمين إلى اليسار أن طاقة التأين في تزايد دائم، ولكن ليس بشكل منتظم؛ حيث إن هناك حالات تكون فيها الزيادة في طاقة التأين كبيرة جداً. فمثلاً، طاقة التأين الثانية للليثيوم (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 2-5، أن طاقة التأين الأولى تزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتنتج الزيادة في شحنة نواة كل عنصر زيادة في قوة جذبها للإلكترونات التكافؤ.

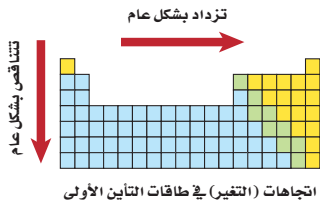
الكيمياء في واقع الحياة

طاقة التأين

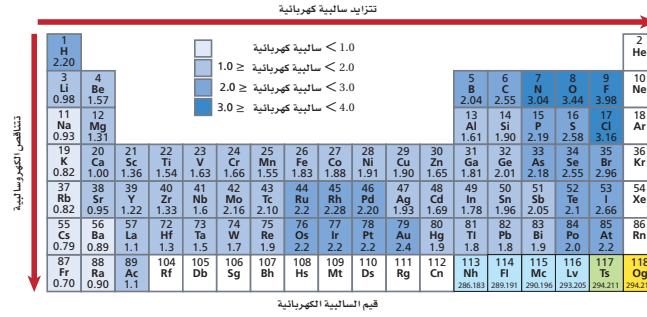


الغوص إن الزيادة في الضغط الذي يتعرض له الغواصون تحت سطح الماء يتسبب في دخول كمية أكبر من الأكسجين إلى الدم، مما يسبب الإرباك والغثيان. ولتجنب ذلك يلجأ الغواصون إلى استخدام خليط هليوكس - أكسجين مخفف بالهيليوم. إن طاقة تأين الهيليوم العالية لا تسمح بتفاعله كيميائيًا مع الدم.

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.



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



الشكل 2-18 يوضح قيم الكهروسالبية لمعظم العناصر المعطاة بوحدات "باولنج".

استنتج لماذا لم توضع قيم الكهروسالبية للعناصر النبيلة؟

الكهروسالبية (السالبية الكهربائية) Electronegativity

تعرف الكهروسالبية على أنها مدى قابلية ذرات العنصر على جذب الإلكترونات في الرابطة الكيميائية. وبين الشكل 2-18 أن الكهروسالبية غالباً تقل عند الانتقال إلى أسفل المجموعة، وتزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة. وتتراوح قيم الكهروسالبية للعناصر بين 0.7 و 3.98 ووحدتها باولنج؛ نسبة إلى العالم الأمريكي باولنج Pauling (1901–1994م) فالفلور F مثلاً أكثر العناصر كهروسالبية بقيمة 3.98، في حين أن السيزيوم والفرانسيوم أقل العناصر كهروسالبية بقيم 0.79 و 0.7 على الترتيب. ويكون للذرة ذات الكهروسالبية الكبرى قوة جذب أكبر للإلكترونات الرابطة. ولذا لم تُعين قيم الكهروسالبية للغازات النبيلة؛ لأنها تشكل عدداً قليلاً من المركبات.

تجربة

رتب العناصر كيف تدرج الخواص الخطوات

3. صف التدرج في الكتلة عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعدته، وفسر موقع أي عنصر لا ينسجم مع النمط.
4. توقع أين يمكن وضع عنصر غازي جديد اسمه ph في الجدول الذي أعدته؟ وما مقدار كتلة ph؟
5. توقع خواص العنصر الذي سيحتل الفراغ الأخير في الجدول.

اللون	الحالة	الكتلة (g)	الرمز
برتقالي	صلب / سائل	52.9	Ad
أزرق باهت	صلب قابل للطرق	108.7	Ax
أحمر	غاز	69.3	Bp
أخضر باهت	صلب هش	112.0	Cx
أزرق	صلب قابل للطرق	98.7	Lq
أخضر	صلب هش	83.4	Pd
أزرق غامق	صلب قابل للطرق	68.2	Qa
أصفر	سائل	106.9	Px
أخضر	صلب هش	64.1	Tu
بنفسجي	غاز	45.0	Xn

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

التحليل

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

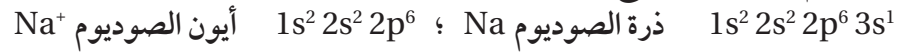
تدرج خواص العناصر في
الجدول الدوري

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



تجربة
عملية

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



لاحظ أن التوزيع الإلكتروني لأيون Na^+ مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وتؤدي هذه الملاحظة إلى أحد أهم المبادئ الكيميائية، وهو القاعدة الثمانية. تنص **القاعدة الثمانية** على أن الذرة تكتسب الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها، لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى طاقتها الأخير. وتعزز هذه المعرفة ما تعلمناه من قبل من أن التوزيع الإلكتروني لمستويات s و p الفرعية لنفس مستوى الطاقة الممتلئة بالإلكترونات يكون أكثر استقرارًا. كما يجب أن تلاحظ أن هذه القاعدة لا تشمل عناصر الدورة الأولى؛ لأنها تحتاج إلى إلكترونين فقط. تكمن فائدة هذه القاعدة في تحديد نوع الأيون الذي ينتجه العنصر. فالعناصر التي تقع على الجانب الأيمن من الجدول الدوري تكتسب عادة الإلكترونات لتحصل على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا السبب تنتج هذه العناصر أيونات سالبة، إلا أنه - بطريقة مشابهة - تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا
القسم في مطوبتك.

التقويم 2-3

الخلاصة

20. **الفكرة الرئيسية** فسر العلاقة بين التدرج في نصف قطر الذرة عبر

الدورات والمجموعات في الجدول الدوري والتوزيع الإلكتروني.

21. بين أيهما له أكبر قيمة لكل مما يأتي: الفلور أم البروم؟

a. الكهروسالبية c. نصف قطر الذرة

b. نصف قطر الأيون d. طاقة التأين

22. فسر لماذا يحتاج انتزاع الإلكترون الثاني من ذرة الليثيوم إلى طاقة أكبر

من الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الرابع من ذرة الكربون؟

23. احسب فرق الكهروسالبية، ونصف قطر الأيون، ونصف قطر الذرة،

وطاقة التأين الأولى بين الأكسجين والبيريليوم.

24. عمل الرسوم البيانية واستخدامها مثل بيانيًا أنصاف أقطار العناصر

الممثلة في الدورات 2، 3، 4 مقابل أعدادها الذرية. على أن تحصل

على ثلاثة منحنيات منفصلة (منحنى لكل دورة). ثم لخص نمط

التغير (التدرج) في نصف قطر الذرة عبر الدورة في ضوء الرسم الذي

عملته. فسر إجابتك.

• يتناقص نصف قطر الأيون أو الذرة من

اليسار إلى اليمين عبر الدورات، ويزداد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

• تزداد طاقة التأين غالبًا من اليسار إلى اليمين

عبر الدورات وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

• تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب

الإلكترونات أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

• تزداد الكهروسالبية غالبًا من اليسار إلى

اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.



الكيمياء والصحة



الشكل 2 تغطي العضلات معظم جسم الإنسان.

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

العناصر الأخرى في الجسم الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيوتروجين 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.

العناصر في جسم الإنسان

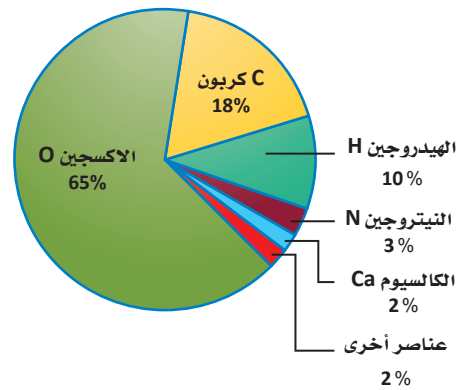
كلما أكل الإنسان أو تنفس أخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. وهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتماداً على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح الشكل 1 النسبة المئوية الكتلية للعناصر في خلايا جسم الإنسان.

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.

مختبر الكيمياء

الكيمياء الوصفية (النوعية)

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 ملعقة صغيرة
جهاز التوصيل الكهربائي	قلم للكتابة على الزجاج
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 M	قلم رصاص

إجراءات السلامة



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

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- لاحظ ثم دوّن المظهر (الحالة الفيزيائية، اللون، اللعان) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.
- 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.
- حدد أي العناصر موصل للكهرباء باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي، ثم نظف الأقطاب بالماء، وجففها قبل فحص كل عنصر.
- عنون كل أنبوب اختبار برمز أحد العناصر في الأوعية البلاستيكية، ثم أضف 5 mL من الماء إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبر المدرج.
- أضف كمية صغيرة من كل عنصر إلى أنبوب الاختبار الخاص به. ثم أضف 5 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl إلى كل أنبوب اختبار، وراقب كل أنبوب مدة دقيقة،

واعلم أن تكون الفقاعات يعدّ دليلاً على التفاعل بين الحمض والعنصر، ثم سجل ملاحظاتك.

ملاحظة العناصر	
التصنيف	الخواص
الفلزات	- قابل للطرّق. - موصلة جيدة للكهرباء. - ذات لمعان. - لها لون فضي أو أبيض. - يتفاعل معظمها مع الأحماض.
اللافلزات	- توجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. - غير موصلة للكهرباء. - لا تتفاعل مع الأحماض. - غالباً ما تكون هشّة في الحالة الصلبة.
أشباه الفلزات	تجمع بين خواص الفلزات واللافلزات.

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

حل واستنتاج

- فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.
- فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لللافلزات.
- فسّر البيانات اعتماداً على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشباه الفلزات.
- اعمل نموذجاً ارسـم 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.
- استنتج كيف تتدرج خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.



دليل مراجعة الفصل

2

الفصل

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

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

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

المفردات

- التدرج في خواص العناصر
- الفلزات الانتقالية
- المجموعات الداخلية
- الدورات
- العناصر الممثلة
- العناصر الانتقالية
- الفلزات الهالوجينات
- الفلزات القلوية
- الفلزات القلوية
- أشباه الفلزات الأرضية

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 ودورات حسب أعدادها الذرية.

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
- الكهروسالبية
- القاعدة الثمانية



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 رتبنا العناصر وفق كتلتها الذرية فأبي العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفاً عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

38. عنصر ثقيل جديد لو اكتشف العلماء عنصراً يحتوي على 117 بروتوناً، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليها؟ 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

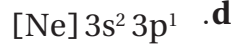
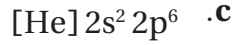
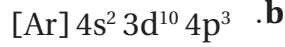
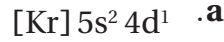
32. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

- | | |
|----------------------------|----------------|
| a. العناصر القلوية | 1. المجموعة 18 |
| b. الهالوجينات | 2. المجموعة 1 |
| c. العناصر القلوية الأرضية | 3. المجموعة 2 |
| d. الغازات النبيلة | 4. المجموعة 17 |
| | 5. المجموعة 15 |

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



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

49. يوضّح الجدول 2-6 عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسّر 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؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

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

53. الساعات تستخدم المغناطيس المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة الساعات؛ لأنها قوية وخفيفة. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر، وأين يقع في الجدول الدوري؟

54. علب الصودا التوزيع الإلكتروني للفلز المستخدم في صناعة علب الصودا هو $[Ne] 3s^2 3p^1$. ما اسم هذا الفلز؟ حدّد رقم مجموعته. ودورته، وفئته في الجدول الدوري.

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

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

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

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

2-2

إتقان المفاهيم

40. المنتجات المنزلية ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يستخدم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسّر إجابتك.

41. ما علاقة رقم مستوى طاقة إلكترون التكافؤ برقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

42. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر من الغازات النبيلة؟

43. ما الفئات الأربع الرئيسة في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً؟

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

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

a. عنصر في المجموعة 15، وغالباً 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.

55. املاً الفراغ في الجدول 2-7.

الجدول 2-7 التوزيع الإلكتروني			
الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	[Ne]3s 2
4	14	Ge	
	12	Cd	Kr]5s 24 [d 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؟

64. استخدم الشكل 2-20



للإجابة عن الأسئلة الآتية، فسر إجابتك.

الشكل 2-20

a. إذا كانت A تمثل أيوناً، و B تمثل ذرة للعنصر نفسه.

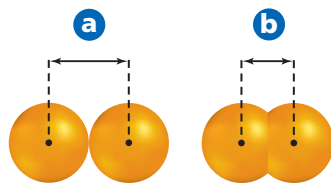
فهل يكون الأيون موجباً أم سالباً؟

b. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري ذرتي عنصرين في

الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟

c. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري أيونين لعنصرين

في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟



الشكل 2-21

65. يمثل الشكل 2-21 طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون.

صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منهما؟

66. الكلور التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو $[Ne] 3s^2 3p^5$

وعندما يكتسب إلكترونًا يصبح توزيعه الإلكتروني

$[Ne] 3s^2 3p^6$ ، وهو التوزيع الإلكتروني للأرجون. فهل

تغيرت ذرة الكلور إلى ذرة أرجون؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

67. تصنع بعض العبوات من مادة اللكسان Lexan، وهي

مادة بلاستيكية يدخل في تركيبها مركب مكوّن من الكلور

والكربون والأكسجين. رتب هذه العناصر تنازلياً حسب

نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

68. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من

اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معاً. اعمل جدولاً

يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كل من

ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثم اشرح أي

الذرات تصبح أكبر، وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السليكون

بالأكسجين؟ ولماذا؟



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

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

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

79. الحليب يعدّ العنصر ذو التوزيع الإلكتروني $4s^2 [Ar]$ 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. وفسر لماذا لا يشكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

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

69. المُحلّي 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 2-14 واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

مراجعة عامة

70. عرّف الأيون.

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

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

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

الشكل 2-22

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

75. أي عنصر في الأزواج الآتية له كهروسالبية أعلى:

a. As أو K

b. Sb أو N

c. Be أو Sr



87. تعرّف أحد العناصر 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 يأتي مادة أم لا.

- موجات الميكروويف
- الهيليوم داخل بالون
- حرارة الشمس
- السرعة
- ذرة من الغبار
- اللون الأزرق

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

- 1.1 cm إلى m
- 76.2 pm إلى mm
- 11 mg إلى kg
- 7.23 mg إلى kg

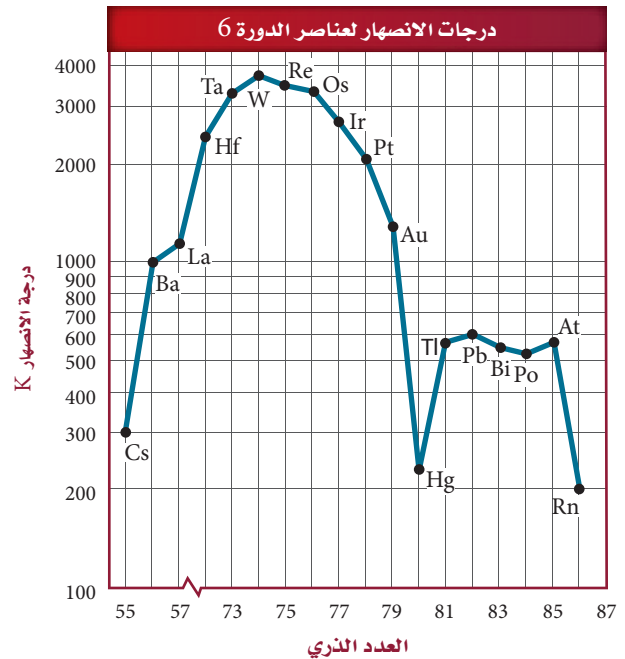
91. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكترونات $4s^2 3d^6$ [Ar] وهو في حالة الاستقرار؟

الجدول 2-8 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm ³)
النيتروجين	7	1.25×10^{-3}
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
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.

اتسلسل	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	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
5		Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Co Ni (Cu)
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	Ru
7		Ag	Cad	In	Sn	Sb	Te	I	Rh Pd (Ag)
8	Xe	Cs	Ba	La	—	—	—	—	—
9		—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Yb	—	Ta	W	—	Os
11		Au	Hg	Tl		Bi	—	—	Ir Pt (Au)
12	—	—	Rd	—	Th	—	U		

95. وضع مندليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يعد وضع هذه العناصر في نهاية الجدول - كما في الجدول الدوري الحديث - (المجموعة 18) منطقياً أكثر؟
96. أي أجزاء جدول مندليف يعد أكثر تشابهاً مع موقعه الحالي، وأيها كان أبعد عن موقعه الحالي في الجدول الحديث؟ ولماذا؟
97. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟



اختبار مقنن

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

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

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7:

[illegible]

6. أيّ العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

- Z .d Y .c X .b W .a

7. أيّ مستويات الطاقة الثانوية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

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

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

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

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللافزات فقط؟

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

أسئلة الاختيار من متعدد

1. عناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوري لها نفس:

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

2. أيّ العبارات الآتية غير صحيحة؟

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

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

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

اختبار مقنن

10. يمكن توقع أن العنصر 118 له خواص تشبه:

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

أسئلة الإجابات القصيرة

ادرس التوزيع الإلكتروني 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 و الفلزات

Ionic compounds and Metals

3

الفصل

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 تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثنائي 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.

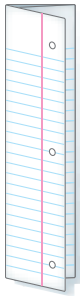


نشاطات تمهيدية

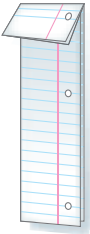
المركبات الأيونية اعمل
المطوية الآتية لتساعدك على
تنظيم المعلومات الخاصة
بالمركبات الأيونية.

المطويات

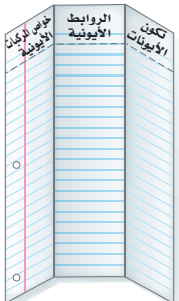
منظمات الأفكار



خطوة 1 اطو الورقة طويلاً
لتعمل ثلاثة أقسام متساوية.



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



خطوة 3 ارسـم خطوطاً
على طول الثنيات، 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 قراءتهما
دوّن المعلومات الخاصة بالمركبات
الأيونية في الأعمدة المناسبة لذلك
في المطوية.

تجربة استهلاكية

ما أنواع المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي؟

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



خطوات العمل

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

التحليل

1. اعمل جدولاً ودوّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
 2. فسر النتائج التي حصلت عليها.
- استقصاء** صمّم نموذجاً يوضح الاختلاف بين المركبات التي
توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركبات التي لا توصل محاليلها
التيار الكهربائي.





3-1

الأهداف

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

تكوين الأيون Ion Formation

الفكرة الرئيسية تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات

التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقراراً.

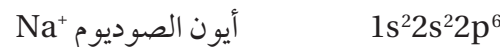
الربط مع الحياة تخيل أنك ذاهب ومجموعة من الأصدقاء لتلعبوا كرة القدم، فوجدتم هناك مجموعة أخرى أكثر عدداً يريدون اللعب أيضاً، فاتفقتم على تشكيل فريقين متساويين مما يؤدي إلى أن تفقد إحدى المجموعتين بعض لاعبيها لينضموا إلى المجموعة الأخرى. وهكذا بطريقة مشابهة يكون سلوك الذرات أحياناً عند تكوين المركبات.

الرابطة الكيميائية Chemical bond

تحتوي الذرة كما تعلم على إلكترونات سالبة الشحنة تحيط بنواة تتضمن بروتونات موجبة الشحنة، بالإضافة إلى النيوترونات المتعادلة الشحنة. وتكون الذرة متعادلة الشحنة لأن عدد الإلكترونات السالبة فيها 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. ويسمى الأيون الموجب **بالكاتيون**. ولفهم تكوين الأيون الموجب قارن بين التوزيع الإلكتروني لغاز النيون النبيل (العدد الذري يساوي 10) والتوزيع الإلكتروني لفلز الصوديوم القلوي (العدد الذري يساوي 11).

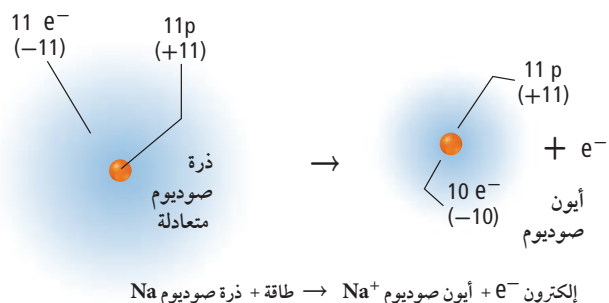


لذرة الصوديوم إلكترون تكافؤ واحد في المستوى 3s، ولذا فهي تختلف عن ذرة غاز النيون النبيل بهذا الإلكترون الإضافي. وعندما تفقد ذرة الصوديوم هذا الإلكترون، تحصل على توزيع إلكتروني مستقر مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون. ويوضح الشكل 3-1 كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.



الشكل 1-3 يتكون الأيون الموجب عند فقد الذرة المتعادلة واحدًا أو أكثر من إلكترونات التكافؤ. تحتوي الذرة المتعادلة كهربائيًا على أعداد متساوية من البروتونات والإلكترونات، في حين يحتوي الأيون الموجب على عدد من البروتونات أكبر من عدد الإلكترونات.

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 ثابتًا داخل النواة لم يتغير.

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

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

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

أيونات الفلزات الانتقالية

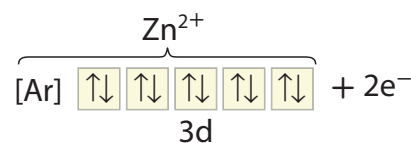
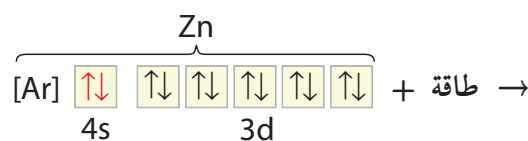
تذكر أن مستوى الطاقة الخارجي للفلزات الانتقالية هو ns^2 . وعند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تقوم ذرة كل عنصر بإضافة إلكترون إلى المستوى الثانوي d . وعادة ما تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونين من إلكترونات التكافؤ، لتكوّن أيونات موجبة ثنائية الشحنة $+2$. وقد تفقد أيضًا إلكترونات من المستوى d . لذا تُكوّن الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثية الشحنة $+3$ أو أكثر حسب عدد إلكترونات المستوى d ، ولكن من الصعب التنبؤ بعدد الإلكترونات التي يمكن فقدانها. فعلى سبيل المثال، يُكوّن الحديد أيونات Fe^{2+} و أيونات Fe^{3+} . ولكن يمكننا القول إن من المؤكد أنّ هذه الفلزات تُكوّن أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثية الشحنة.

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



الشكل 2-3 عندما يتفاعل

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

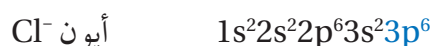
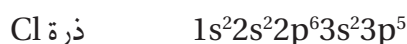


عند فقدان إلكتروني تكافؤ المستوى 4s يتكون توزيع إلكتروني من مستويات s,p,d مملوءة بالإلكترونات، يشبه التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

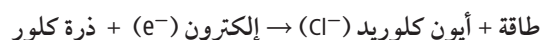
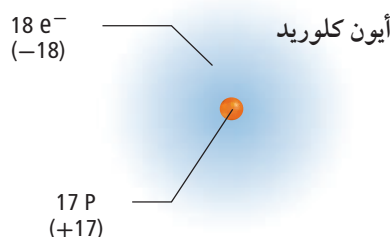
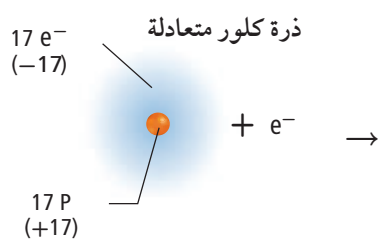
فعلى سبيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14-11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجياً ذا مستويات ثانوية (هي s,p,d) مملوءة بالإلكترونات. ويبين الشكل 2-3 التوزيع الإلكتروني لذرة الخاصين: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. وعندما تكون ذرة الخاصين الأيون الثنائي الموجب تفقد إلكترونين من المستوى 4s وينتج 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؟



الشكل 3-3 في أثناء تكوين أيون الكلوريد السالب تكتسب ذرة الكلور المتعادلة إلكترونات، وينتج عن هذه العملية انبعاث 349 kJ/mol من الطاقة. **قارن** كيف تختلف الطاقة المصاحبة لتكوين أيون موجب، عن الطاقة المصاحبة لتكوين أيون سالب؟

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

وقد تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعدادًا من الإلكترونات للوصول إلى حالة التركيب الثماني المستقر. 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 و16 و17.

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

1. **الفكرة الرئيسية** قارن بين استقرار ذرة الليثيوم وأيون الليثيوم Li^+ .
 2. صف سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.
 3. طبق لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًا، في حين تُعد عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟
 4. طبق اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات الآتية، ثم توقع التغير الذي ينبغي حدوثه لتصل كل ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.
 5. **نموذج** ارسـم نمـودجـين يمثـلان تكوـين أيـون الكـالسيوم الموجـب وأيـون 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.





3-2

الأهداف

- تصف تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- تربط بين الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- توضيح العلاقة بين تكون المركب الأيوني والطاقة.

مراجعة المفردات

المركب: اتحاد كيميائي بين عنصرين مختلفين أو أكثر.

المفردات الجديدة

الرابطة الأيونية
المركبات الأيونية
الشبكة البلورية
الإلكتروليت
طاقة الشبكة البلورية

الروابط الأيونية والمركبات الأيونية Ionic Bonds and Ionic Compounds

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

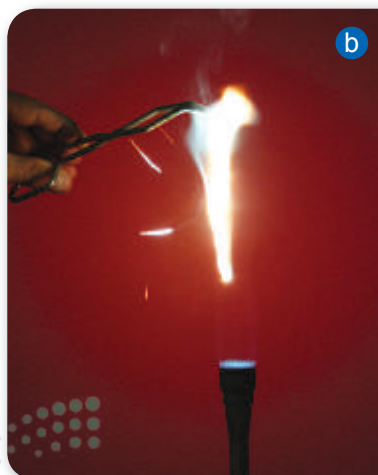
الربط مع الحياة هل حاولت يوماً فصل كيس التغليف البلاستيكي بعضه عن بعض؟ تعود صعوبة فصل هذه المواد إلى تجاذب بعضها إلى بعض بسبب وجود أسطح مختلفة الشحنة.

تكوين الروابط الأيونية Formation of Ionic Bonds

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهرين في الشكل 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.



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.

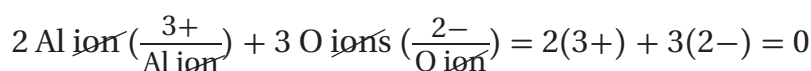
الشحنات وتكوين المركبات الأيونية ما الدور الذي تقوم به شحنة الأيون في تكوين المركبات الأيونية؟ للإجابة عن هذا السؤال تفحص طريقة تكوين مركب فلوريد الكالسيوم. إن التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم هو $4s^2 [Ar]$ ، لذا فإنها تحتاج أن تفقد إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون. أما التوزيع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

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

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

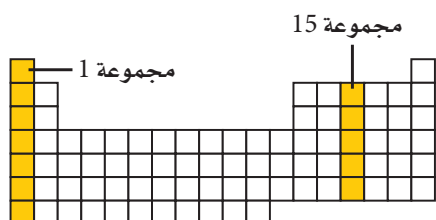
الجدول 3-3	تكوين كلوريد الصوديوم
المعادلة الكيميائية	
$Na + Cl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ طاقة	
التوزيع الإلكتروني	
انتقل إلكترون $[Ne] 3s^1 + [Ne] 3s^2 3p^5 \rightarrow [Ne] + [Ar] + \text{طاقة}$ Na Cl Na⁺ Cl⁻	
التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات المستويات	
انتقل إلكترون Na Cl Na⁺ Cl⁻ + طاقة	
التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)	
انتقل إلكترون $Na \cdot + \cdot \ddot{Cl} : \rightarrow [Na]^+ + [: \ddot{Cl} :]^- + \text{طاقة}$	
النماذج الذرية	
ذرة صوديوم ذرة كلور أيون صوديوم أيون كلوريد + طاقة	

يتطلب تكوين أكسيد الألومنيوم فقدان كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، واكتساب كل ذرة أكسجين إلكترونين. وبناءً على ذلك نحتاج إلى ثلاث ذرات من الأكسجين لتكسب 6 إلكترونات تُفقد من ذرتي ألومنيوم لإنتاج مركب أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 المتعادل كهربائياً.



مسائل تدريبية

وضح كيف تتكون المركبات الأيونية من العناصر الآتية؟



6. الصوديوم والنيتروجين.
7. الليثيوم والأكسجين.
8. الاسترانسيوم والفلور.
9. الألومنيوم والكبريت.

10. تحفيز: وضح كيف يتحد عنصران من عناصر المجموعتين المبيتين في الجدول الدوري لتكوين مركب أيوني؟

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

Properties of Ionic Compounds خواص المركبات الأيونية

تحدد الروابط الكيميائية في المركب الكثير من خصائصه. فعلى سبيل المثال، تكون الروابط الأيونية بناءات فيزيائية فريدة للمركبات الأيونية لا تشبه المركبات الأخرى. ويساهم البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية في تحديد خصائصها الفيزيائية التي استخدمت في استعمالات متعددة كالتالي

بينها الشكل 3-5.

الشكل 5-3 الروابط الأيونية والفلزية ساعدت

عدة اكتشافات متتالية العلماء على فهم خواص المركبات الأيونية والفلزية، مما أدى إلى تصنيع أدوات ومواد جديدة.

1940م قام علماء المعادن بتطوير سبائك تعمل تحت درجات حرارة وضغط مرتفعين وقوة طرد مركزية عالية. وقد تم استخدام هذه السبائك لاحقًا في تصنيع محركات الطائرات النفاثة والمركبات الفضائية.



1916م اقترح جلبرت
لويس نظرية الترابط بين
الذرات من خلال تبادل
الإلكترونات بينها.

1932م ساعدت معرفة قيم الكهروستاتيكية العلماء على حساب قوة الجذب النسبية لكل عنصر للإلكترونات.

1913م يظهر التصوير بأشعة إكس أيونات الصوديوم وأيونات الكلور في كلوريد الصوديوم وترتيبها البلوري المنتظم.

● 1897م تنبأ طومسون بأهمية دور الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

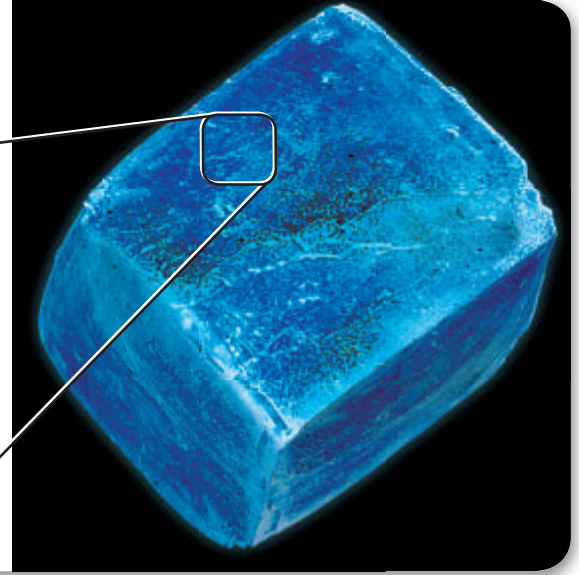
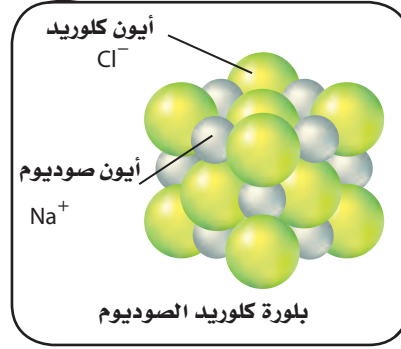
الشكل 3-6 يظهر المجهر

الإلكتروني الماسح شكل بلورة

كلوريد الصوديوم المكعب.

فسر ما نسبة أيونات الصوديوم

إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟



تجربة
عملية

تكون الملح

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



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

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظهر في الشكل 3-6، ولاحظ التنظيم الدقيق لشكل البلورة الأيونية، حيث المسافات ثابتة بين الأيونات، والنمط المنظم الذي تترتب فيه. وعلى الرغم من أن أحجام الأيونات غير متساوية إلا أن كل أيون صوديوم محاط بستة أيونات كلوريد، وكذلك كل أيون كلوريد محاط بستة أيونات صوديوم. فما الشكل الذي تتوقعه لبلورة كبيرة من هذا المركب؟ كما يبين الشكل 3-6، فإن نسبة 1:1 من أيونات الصوديوم والكلوريد تكوّن بلورة مرتبة مكعبة الشكل. وكما هو الحال مع أي مركب أيوني كما في NaCl لا تتكون وحدة بناء البلورة من أيون صوديوم وأيون كلوريد، بل من عدد كبير من أيونات الصوديوم والكلوريد التي توجد معًا. ترى، ما شكل بلورات ملح الطعام إذا فحصتها بعدسة مكبرة؟ **ماذا قرأت؟ فسر** ما الذي 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"، وتستعمل كثيرًا في تقويم الأسنان.



2010

2000

1990

1970

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 BaSO_4



الأراجونيت CaCO_3

الشكل 3-7 تعد مركبات الأراجونيت CaCO_3 والباريت 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 3-7.

الربط مع علم الأرض المعادن الموضحة في الشكل 3-7 هي بعض الأنواع القليلة التي يدرسها علماء المعادن. ويستفيد العلماء من مخططات التصنيف لتنظيم الآلاف من المعادن المعروفة. وتُصنف هذه المعادن حسب اللون والشكل البلوري والصلابة، والخواص الكيميائية، والمغناطيسية والكهربائية، والعديد من الخواص الأخرى. كما يمكن تعرّفها أيضًا من خلال أنواع الأيونات السالبة المتوافرة فيها. فعلى سبيل المثال، تكوّن السليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السليكات السالبة SiO_3^{2-} الناتجة عن اتحاد السليكون مع الأكسجين. وتحتوي الهاليدات على أيونات الفلوريد، والكلوريد، والبروميد، واليوديد. وتحتوي أنواع أخرى من المعادن على البورون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة معروفة باسم البورات، وكذلك على الكربون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة أيضًا تسمى الكربونات.

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

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

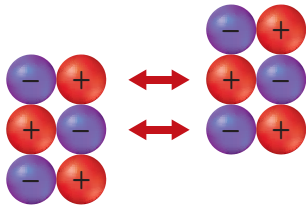
الجدول 3-4 درجات انصهار وجليان بعض المركبات الأيونية		
المركب	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
NaI	660	1304
KBr	734	1435
NaBr	747	1390
CaCl ₂	782	>1600
NaCl	801	1413
MgO	2852	3600

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**.

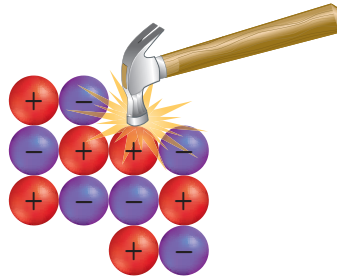
ولأن الروابط الأيونية قوية نسبياً، لذا تحتاج البلورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وجليانها مرتفعة، كما يبين الجدول 3-4. وتمتاز الكثير من البلورات - ومنها الأحجار الكريمة - بألوانها الزاهية؛ بسبب وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

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 المشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التنافر تفتت البلورة إلى أجزاء.

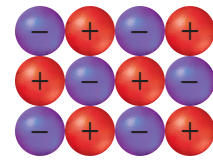
الشكل 3-8 تنجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب التغلب عليها قوة أكبر.



تؤدي قوة التنافر إلى كسر البلورة
تؤدي قوة التنافر بين الأيونات ذات
الشحنات المشابهة 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:

وصل الشيء إليه أي أنه إلى
وأبلغه إياه.

الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

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

طاقة الشبكة البلورية تسمى الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1 mol من المركب الأيوني **طاقة الشبكة البلورية**. وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة ممتصة، وتشير إلى قوة تجاذب الأيونات التي تعمل على تثبيتها في أماكنها، حيث تزداد طاقة الشبكة البلورية بزيادة قوة التجاذب. ويمكن النظر إلى طاقة الشبكة البلورية على أنها الطاقة المنبعثة عند اتحاد أيونات 1 mol من المركب الأيوني، وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة منبعثة. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الطاقة الممتصة تكون موجبة، في حين تكون قيمة الطاقة المنبعثة سالبة.

تتأثر طاقة الشبكة البلورية بمقدار شحنة الأيون؛ إذ عادة ما تكون طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات كبيرة الشحنة أكبر من طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات صغيرة الشحنة. لذا تكون طاقة MgO أكبر أربع مرات تقريباً من طاقة NaF؛ لأن شحنة الأيونات في MgO أكبر من شحنة الأيونات في NaF. كما أن طاقة الشبكة البلورية SrCl_2 تقع بين طاقة الشبكة البلورية MgO والشبكة البلورية NaF، لأن الشبكة البلورية SrCl_2 تحتوي على أيونات ذات شحنة موجبة عالية وأيونات ذات شحنة سالبة منخفضة معاً.

ترتبط طاقة الشبكة البلورية بصورة مباشرة 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 تكوّن قوى تجاذب كبيرة وطاقة شبكة بلورية كبيرة. فعلى سبيل المثال، طاقة الشبكة البلورية لمركب الليثيوم أكبر من طاقة الشبكة البلورية لمركب البوتاسيوم الذي يحتوي على الأيون السالب نفسه. ويعود السبب في ذلك؛ إلى أن حجم أيون الليثيوم أصغر من حجم أيون البوتاسيوم.

يُظهر الجدول 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 K^+ أصغر من نصف قطر Rb^+ . وهذا ما يؤكد أن طاقة الشبكة البلورية مرتبطة مع حجم الأيون. والآن، تفحص طاقة الشبكة البلورية لكل من AgCl و SrCl_2 . كيف توضح هذه القيم العلاقة بين طاقة الشبكة البلورية ومقدار شحنة الأيون؟

تجربة
عملية

خواص المركبات الأيونية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



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 ₂	732	NaBr
3795	MgO	769	NaCl

التقويم 3-2

الخلاصة

- الرابطية الكيميائية قوة تجاذب تربط بين ذرتين أو أكثر.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة 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.

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





رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-3

الأهداف

- تربط وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.
- تكتب صيغ المركبات الأيونية الشائعة والأيونات العديدة الذرات.
- تطبق طريقة التسمية على المركبات الأيونية الشائعة والأيونات العديدة الذرات.

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.

صيغ المركبات الأيونية Formulas for Ionic Compounds

طوّر 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 الشائعة من أيونات موجبة أحادية الذرة (من الفلز) وأيونات سالبة أحادية الذرة (من اللافلز). ويتكون **الأيون الأحادي الذرة** من ذرة عنصر واحدة مشحونة مثل Mg^{2+} أو Br^- ، ويبين الجدول 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.

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

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

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	$\text{Sc}^{3+}, \text{Y}^{3+}, \text{La}^{3+}$
4	$\text{Ti}^{2+}, \text{Ti}^{3+}$
5	$\text{V}^{2+}, \text{V}^{3+}$
6	$\text{Cr}^{2+}, \text{Cr}^{3+}$
7	$\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+}, \text{Tc}^{2+}$
8	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$
9	$\text{Co}^{2+}, \text{Co}^{3+}$
10	$\text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Pt}^{2+}, \text{Pt}^{4+}$
11	$\text{Cu}^{+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ag}^{+}, \text{Au}^{+}, \text{Au}^{3+}$
12	$\text{Zn}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$
13	$\text{Al}^{3+}, \text{Ga}^{2+}, \text{Ga}^{3+}, \text{In}^{+}, \text{In}^{2+}, \text{In}^{3+}, \text{Tl}^{+}, \text{Tl}^{3+}$
14	$\text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Pb}^{4+}$

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 تَكُون 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.



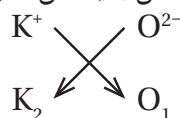
صيغة المركب الأيوني أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكوّن من البوتاسيوم والأكسجين.

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 ثنائيًا سالب الشحنة -2 .



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



2 حساب المطلوب

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

3 تقويم الإجابة

محصول الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا.

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

صيغة المركب الأيوني 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

محصول الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا.

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



اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

19. اليوديد واليوتاسيوم

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 NH_4^+ وأيون

الأكسجين O^{2-} . يحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى أيونين من الأمونيوم لكل أيون من

الأكسجين، أي أن الصيغة الصحيحة هي $(\text{NH}_4)_2\text{O}$.

الشكل 3-9 أيونات الأمونيوم

والفوسفات أيونات متعددة الذرات،

بمعنى أنها تتكون من أكثر من ذرة.

وتتفاعل الأيونات المتعددة الذرات معاً

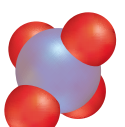
بوصفها وحدة واحدة ذات شحنة محددة.

حدد ما شحنة أيون الأمونيوم وأيون

الفوسفات على الترتيب؟



أيون الأمونيوم
 NH_4^+



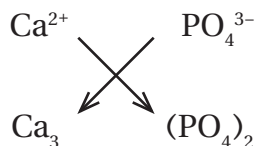
أيون الفوسفات
 PO_4^{3-}

الجدول 3-8			الأيونات العديدة الذرات
الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البيرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات (الخلات)	CH_3COO^-
النترات	NO_3^-	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	H_2PO_4^-
الهيدروكسيد	OH^-	الكربونات	CO_3^{2-}
السيانيد	CN^-	الكبريتيت	SO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
البيكربونات	HCO_3^-	الثيوكبريتات	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
الهيوكلورايت	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{2-}
الكلورايت	ClO_2^-	الكرومات	CrO_4^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	ثنائي الكرومات	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
البيركلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

صيغة مركب أيوني متعدد الذرات يستعمل المركب المكون من أيونات الكالسيوم والفوسفات سماًداً. 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 المكوّن من الكربون والأكسجين فقط.

أسماء الأيونات والمركبات الأيونية Names for Ions and Ionic Compounds

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

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

الجدول 3-9				
تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين				
• عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره. • عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين. ويشق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (يت) إلى آخره.				
	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	SO_3^{2-}
	نترات	نيتريت	كبريتات	كبريتيت

**طرائق تسمية
الأيونات
الأكسجينية التي
يكونها الكلور**

**الجدول
3-10**

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين بإضافة مقطع (بير) عند بداية الاسم، وإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرة واحدة بإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرتين بإضافة مقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.

• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل من ثلاث ذرات بإضافة مقطع (هيو)، ثم المقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.



كلورات بيركلورات



هيوكلوريت كلوريت

يبين الجدول 3-10 كيف يكون الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الهالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في تسمية أيونات الكلور. فعلى سبيل المثال، يكون البروم أيون البرومات BrO_3^- ، ويكون اليود أيون البيرأيودات IO_4^- وأيون أيودات IO_3^- .

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

1. نذكر اسم الأيون السالب أولاً متبوعاً باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية يُكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يليه الأيون السالب.
2. استخدم اسم العنصر نفسه في تسمية أيونه الموجب الأحادي الذرة.
3. في حالة الأيونات السالبة الأحادية الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافاً إليه مقطع (يد).
4. في حالة وجود أكثر من عدد تأكسد لعنصر واحد يجب أن تشير الصيغة الكيميائية إلى عدد تأكسد الأيون الموجب. ويكتب عدد التأكسد بالأرقام الرومانية بين قوسين بعد اسم الأيون الموجب.
- ملاحظة: تنطبق هذه القاعدة على الفلزات الانتقالية والفلزات في الجهة اليمنى من الجدول الدوري، انظر الجدول 3-7. ولا تنطبق هذه القاعدة على أيونات المجموعتين 1 و 2 الموجبة لأن لها عدد تأكسد واحداً.
- أمثلة:
- يكون أيون Fe^{2+} وأيون O^{2-} المركب FeO ، والمعروف باسم أكسيد الحديد II.
- ويكون أيون Fe^{3+} وأيون O^{2-} المركب Fe_2O_3 ، والمعروف باسم أكسيد الحديد III.
5. عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسمية الأيون السالب أولاً، ثم تسمية الأيون الموجب.
- أمثلة:

تسمية NaOH هيدروكسيد الصوديوم

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

مسائل تدريبية

سمّ المركبات الآتية:



33. تحفيز يُعد المركب الأيوني NH_4ClO_4 من أهم المواد المتفاعلة الصلبة المستخدمة في وقود إطلاق مركبات الفضاء، ومنها تلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركب؟



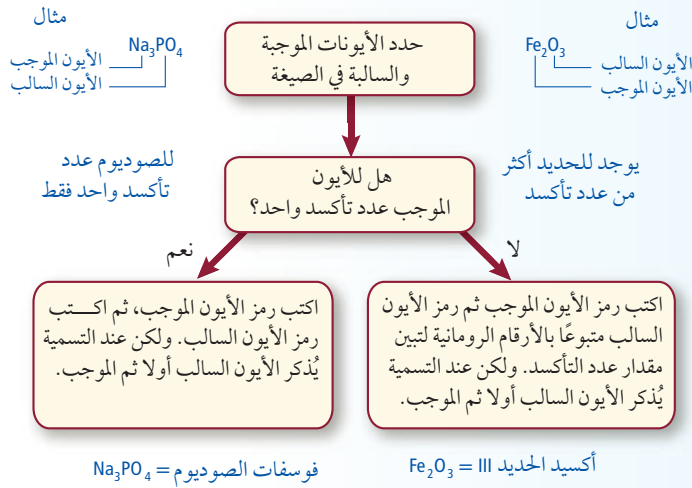
استراتيجيات حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

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

طبق الاستراتيجية

سمِّ المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط.



توضَّح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عُرِفَت 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

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. **طبّق** شحنة الأيون X هي +2 وشحنة الأيون Y هي -1. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.
37. **اذكر** اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.
38. **اكتب** اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.
39. **حلّل** ما الأرقام السفلية المصغرة التي ستستعملها في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:
 - a. فلز قلوي وهالوجين.
 - b. فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16.
 - c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.
 - d. فلز قلوي أرضي ولا فلز من المجموعة 16.

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



3-4

الأهداف

تصف الرابطة الفلزية.

تربط نموذج بحر الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.

تعرف السبائك، وتذكر خواصها.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

نموذج بحر الإلكترونات

الإلكترونات الحرة

الرابطة الفلزية

السيبكة

الروابط الفلزية وخواص الفلزات

Metallic Bonds and the Properties of Metals

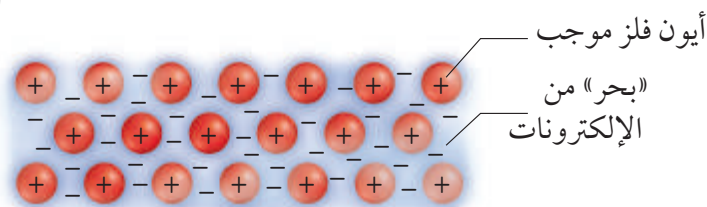
الفكرة الرئيسية تكون الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

الربط مع الحياة تخيل سفينة عائمة 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 تكون الفلزات شبكات بلورية في الحالة الصلبة شبيهة بالشبكة البلورية الأيونية التي سبق ذكرها. وفي هذه الحالة تكون كل ذرة عنصر محاطة بـ 8-12 ذرة أخرى.

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



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

فسر لماذا نعرف إلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

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

درجات الغليان والانصهار تختلف درجات انصهار الفلزات على نحو كبير. فالزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة، مما يجعله يستخدم في بعض الأجهزة العلمية، ومنها مقاييس درجات الحرارة وأجهزة قياس الضغط الجوي. وفي المقابل، فإن درجة انصهار التنجستن W هي 3422°C ، ولذلك يُصنع منه فتيل المصباح الكهربائي، وبعض أجزاء السفن الفضائية. وتكون درجات انصهار وغليان الفلزات في العادة عالية كما بينها الجدول 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.

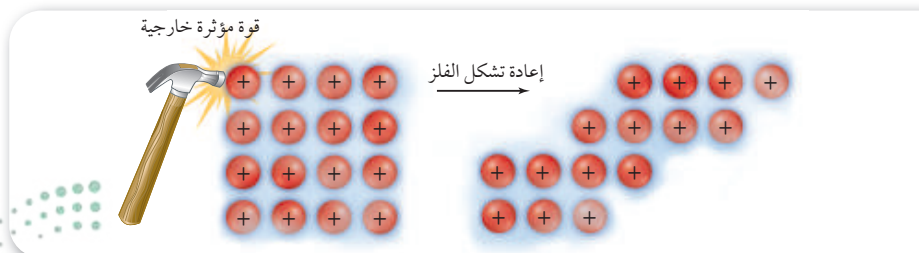
قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أي أنها تتحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضاً قابلة للسحب، أي يمكن تحويلها إلى أسلاك. ويوضح الشكل 3-11 كيف تتحرك الجسيمات الموجودة في الترابط الفلزي بواسطة الدفع أو الشد، بعضها عبر بعض. وتكون الفلزات عادة متينة للغاية. وعلى الرغم من حركة الأيونات الموجبة في الفلز 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 طرق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالمطرقة؟

الجدول 3-11		درجات الانصهار والغليان
العنصر	درجة الانصهار ($^{\circ}\text{C}$)	درجة الغليان ($^{\circ}\text{C}$)
الليثيوم	180	1347
القصدير	232	2623
الألومنيوم	660	2467
الباريوم	727	1850
الفضة	961	2155
النحاس	1083	2570



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. فالفولاذ 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. فالفولاذ مثلاً حديد مخلوط بعنصر آخر على الأقل. تبقى بعض خواص الحديد فيه، ولكن للفولاذ خواص إضافية أخرى منها أنه أكثر قوة. وتتفاوت خواص بعض 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	القبالب
الذهب - عيار 10 قراريط	42% Au, 12-20% Ag, 37.46% Cu	المجوهرات (الحلي الذهبية)
حبيبات الرصاص	99.8% Pb, 0.2% As	حبيبات الطلقات النارية
الفولاذ المقاوم للصدأ	73-79% Fe, 14-18% Cr, 7-9% Ni	المغاسل، والأدوات
فضة النقود	92.5% Ag, 7.5% Cu	أدوات المائدة، والحلي

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

المفردات

أصل الكلمة
السبيكة Alloy

جاءت من الكلمة اللاتينية alligare والتي تعني يثني.

التقويم 3-4

الخلاصة

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

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

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

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

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

44. نموذج ارسن نموذجاً يوضح قابلية الفلزات للطرق، 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 سلبية 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 بعض الأنواع منخفضة الجودة مما لا تنطبق عليها مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، والتي تُصنع في بعض الدول كالصين والهند وهذا لا ينافي حقيقة أنها دول صناعية متقدمة في صناعات عدة - إلى مخاطر كثيرة لاحتوائها على عنصر الرصاص Pb السام بنسبة عالية.

السبابة السامة عندما يبتل الرصاص تذوب كمية محددة منه في الماء متحولاً إلى أيونات Pb^{2+} وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تحل محل أيونات الكالسيوم Ca^{2+} . ورغم 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 الكتلة 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 للتحريك
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 وتجفيفها.
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 المخلوط بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية.

الفكرة (النامة) تربط الذرات في المركبات الأيونية بروابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

3-1 تَكُونُ الأيون

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

الرابطة الكيميائية
الكاتيون
الأيون

المفاهيم الرئيسية

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

3-2 الروابط والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسية

تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائياً.

المفردات

الرابطة الأيونية
الشبكة البلورية
طاقة الشبكة البلورية
المركبات الأيونية
الإلكتروليت

المفاهيم الرئيسية

• الرابطة الكيميائية قوة تربط بين ذرتين. تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات. تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تعرف بالشبكة البلورية. تربط 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

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

المفاهيم الرئيسية

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

3-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

نموذج بحر الإلكترونات • الرابطة الفلزية
الإلكترونات الحرة • السبيكة

المفاهيم الرئيسية

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



45. كيف تتكون الأيونات الموجبة والسالبة؟

46. متى تتكون الرابطة الأيونية؟

47. لماذا تكون الهالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسر إحاطتك.

48. يوضح الشكل 13-3 العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد إلكترونات 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**

c. الروبيديوم **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؟ فسر إجابتك.

56. اشرح كيف تكوّن ذرة الحديد أيون حديد Fe^{2+} ، وأيون الحديد Fe^{3+} أيضاً؟

57. تنبأ بالنشاط الكيميائي لذرات العناصر الآتية استناداً إلى توزيعها الإلكتروني:

a. البوتاسيوم b. الفلور c. النيون

58. اشرح تكوين أيون الإسكانديوم Sc^{3+} اعتماداً على رسم مربعات المستويات الموضح في الشكل 3-15.

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 13-3، ثم صف المركب الأيوني الذي يكونه العنصران C و D.

67. وضح كيف تتكون الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين؟

68. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدماً رسم مربعات المستويات.

69. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. الموصلات: 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: Na_2S ، CaKr ، MgF ، BaCl_3 ؟ فسر إجابتك.

72. استخدم الجدول 5-3 لتحديد المركب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار: MgO ، KI ، AgCl ، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: CsCl أو CaO ، KCl أو K_2O ؟ فسر إجابتك.

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 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:

- يوديد الكالسيوم
- بروميد الفضة I
- كلوريد النحاس II
- بيرأيودات البوتاسيوم
- أسيئات الفضة I

80. سمّ كلّاً من المركبات الأيونية الآتية:

- K_2O
- CaCl_2
- Mg_3N_2
- NaClO
- KNO_3

81. أكمل الجدول 13-3 بالبيانات الناقصة.

الجدول 13-3 تعرّف المركبات الأيونية			
الصيغة الكيميائية	الاسم	الأنيون (الأيون السالب)	الكاتيون (الأيون الموجب)
	كبريتات الأمونيوم		
PbF_2			
	بروميد الليثيوم		
Na_2CO_3			
		PO_4^{3-}	Mg^{2+}

92. تبلغ درجة انصهار البريليوم 1287°C ، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم 180°C . اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.

93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم 3297°C ، في حين تبلغ درجة حرارة غليان النحاس 2570°C . اشرح سبب الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

مراجعة عامة

94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟

95. اشرح لماذا يكون الكالسيوم أيون Ca^{2+} وليس أيون Ca^{3+} ؟

96. أي المركبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: NaCl أو MgCl_2 أو KCl ؟ فسر إجابتك.

97. ما صيغ المركبات الأيونية الآتية؟

a. كبريتيد الصوديوم

b. كلوريد الحديد III

c. كبريتات الصوديوم

d. فوسفات الكالسيوم

e. نترات الخارصين

98. يكون الكوبلت - وهو عنصر انتقالي - أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضاً. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون من كلا الأيونين.

99. أكمل الجدول 3-15

الجدول 3-15 بيانات العنصر والإلكترون والتكافؤ والأيون الناتج		
الأيون الناتج	إلكترونات التكافؤ	العنصر
		السيلينيوم
		القصدير
		اليود
		الأرجون

82. الكروم عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي، ويكون الأيونات Cr^{2+} و Cr^{3+} . اكتب صيغ المركبات الأيونية الناتجة عن تفاعل هذه الأيونات مع أيونات الفلور والأكسجين.

83. أي الصيغ الأيونية الآتية صحيحة؟ وإذا كانت الصيغة غير صحيحة فاكتب الصيغة الصحيحة، فسر إجابتك:

a. AlCl c. Ba(OH)_2

b. Na_2SO_4 d. Fe_2O

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

3-4

إتقان المفاهيم

85. صف الرابطة الفلزية.

86. اشرح باختصار لماذا تُصنَّع السبائك المعدنية؟

87. صف باختصار كيف تفسر الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟

88. فسر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

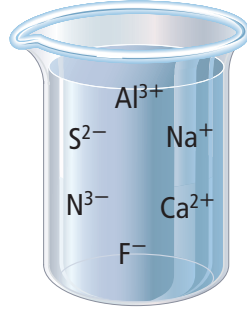
إتقان حل المسائل

89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟

90. الفضة اشرح باختصار لماذا يعد عنصر الفضة موصلاً جيداً للكهرباء؟

91. الفولاذ اشرح باختصار لماذا يستخدم الفولاذ - أحد سبائك الحديد - في دعائم هياكل العديد من المباني؟

- a. أسيتات النحاس b. أكسيد الصوديوم الشائي
c. Pb_2O_5 d. Mg_2O_2
e. Al_2SO_{43}



الشكل 16-3

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 كثيراً من درجة انصهار البوتاسيوم؟

113. قوم اشرح لماذا يعد اصطلاح الإلكترونات الحرة مناسباً لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

114. طبق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكون بعض العناصر ومنها اليود والكبريت روابط فلزية؟

100. الذهب اشرح باختصار لماذا يستخدم الذهب في صناعة الحلي والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟
101. وضح كيف يتكون أيون النيكل الذي عدد تأكسده $+2$ ؟
102. ارسم نموذجاً يمثل الرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.
103. عندما يشتعل الماغنسيوم في الهواء يكون كلاً من أكسيد ونتريد الماغنسيوم. ناقش كيف يتكون أكسيد ونتريد الماغنسيوم عند تفاعل الماغنسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على الترتيب.
104. يتغير شكل الصوديوم إذا أثرت فيه قوة خارجية، في حين يفتت كلوريد الصوديوم عند طرده بالقوة نفسها. ما سبب هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصلبتين؟
105. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية؟

- a. CaO b. $Ba(OH)_2$
c. BaS d. $Sr(NO_3)_2$
e. $AlPO_4$

التفكير الناقد

106. صمم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكل من المركبات الأيونية والمواد الفلزية الصلبة.
107. توقع: تفحص كلاً من الأزواج الآتية، ثم بين المادة الصلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسر إجابتك.
a. $NaCl$ أو $CsCl$
b. Ag أو Cu
c. MgO أو Na_2O
108. قارن بين الأيونين الموجب والسالب.

109. لاحظ ثم استنتج حدّد الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمم مخططاً توضيحياً لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. الجذور الحرة يعتقد الكثير من الباحثين أن الجذور الحرة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجذور الحرة وتأثيراتها، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لمنعها.

122. نمو البلورات يمكن تحضير بلورات المركبات الأيونية وزيادة حجمها في المختبر. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، وصمم تجربة لعمل ذلك في المختبر.

أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتعلقة بالأيونات كما في الجدول 3-16.

الجدول 3-16 الأيونات الاثنا عشر الأكثر شيوعاً في البحار		
الأيون	التركيز (mg/dm ³)	% النسبة المئوية بالكتلة (من إجمالي المواد الصلبة المذابة)
Cl ⁻	19,000	55.04
Na ⁺	10,500	30.42
SO ₄ ²⁻	2655	7.69
Mg ²⁺	1350	3.91
Ca ²⁺	400	1.16
K ⁺	380	1.10
CO ₃ ²⁻	140	0.41
Br ⁻	65	0.19
BO ₃ ³⁻	20	0.06
SiO ₃ ²⁻	8	0.02
Sr ²⁺	8	0.02
F ⁻	1	0.003

123. بين الأيونات الموجبة والسالبة الواردة في الجدول أعلاه.

124. مثل بيانياً بالأعمدة تركيز كل أيون، مبيناً صعوبات القيام بهذا العمل.

125. لا يعد كلوريد الصوديوم المركب الوحيد الذي يتم الحصول عليه من مياه البحار. تعرّف أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

115. حلّل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحفيز

116. المركبات الأيونية يعد الكريستوبيرل من المعادن الشفافة أو شبه الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متألئ اللون، ويتكون من أكسيد الألومنيوم والبريليوم BeAl₂O₄. حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا المركب، وشرح طريقة تكوّنه.

مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكربون؟

118. قارن بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، وشرح سبب هذا الاختلاف.

119. ما العناصر الانتقالية؟

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

a. هالوجين له ثاني أقل كتلة.

b. شبه فلز له أقل رقم دورة.

c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.

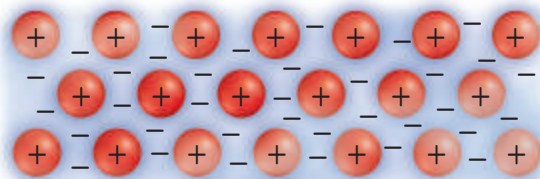
d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة.

e. لافلز في المجموعة 15 صلب عند درجة حرارة الغرفة.

اختبار مقنن

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؟

NaBr **.c** BaCl₂ **.a**

Kl .d LiF .b

4. تتعلق جميع خواص كلوريد الصوديوم NaCl الآتية بقوة روابطه الأيونية ما عدا:

a. صلاة البلورة.

b. ارتفاع درجة الغليان.

c. ارتفاع درجة الانصهار.

d. انخفاض القابلية للذوبان.

5. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لمركب كبريتات الكروم III؟

$$\text{Cr}_3\text{SO}_4 \cdot \mathbf{a}$$
$$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \quad \mathbf{.b}$$
$$\text{Cr}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot \mathbf{c}$$
$$\text{Cr}(\text{SO}_4)_3 \cdot \mathbf{d}$$

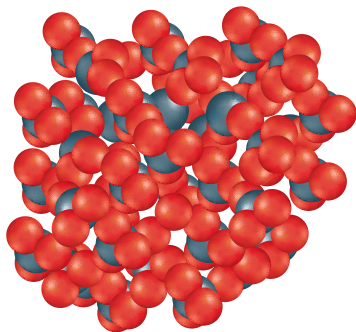
6. أي رسوم مربعات المستويات لعنصر الفناديوم في الشكل أدناه يعد صحيحًا؟

↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ □ □ □ **a**

3s 3p 4s 3d

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ حالات المادة يمثّلها هذا الشكل؟

a. الصلابة؛ لأن الدقائق متراصة جدًا.

b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.

c. الصلبة؛ لأن للنموذج شكلاً ثابتاً محدداً.

d. السائلة؛ لأن الدقائق تتحرك بعضها فوق بعض.

اختبار مقنن

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 - 12.

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

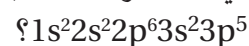
e. كلور

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:



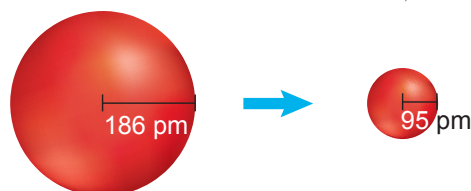
12. أيها غاز نبيل؟

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.



ذرة صوديوم Na
[Ne]3s¹

أيون صوديوم Na⁺
[Ne]

14. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الأيون والتغيرات التي

تحدث عند تكون الأيون من ذرته المتعادلة عبر الجدول

الدوري؟



الروابط التساهمية Covalent Bonding

4

الفصل

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.

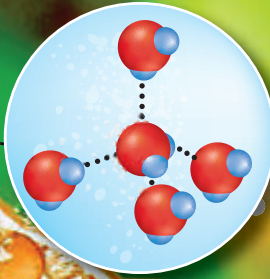
4-5 الكهروسالبية والقطبية

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 الجزيئات.
- تعمل قوة التوتر السطحي في الماء عمل غشاء مرّن على السطح. وتستطيع بعض الحشرات المشي على سطح هذا الغشاء الذي يكونه الماء.
- الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء تجعله سائلاً فريداً.

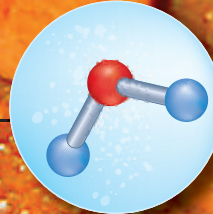
قطرة ماء كروية



النموذج في الفراغ



نموذج العصا والكرة



تركيب لويس

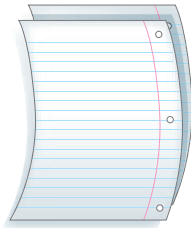


نشاطات تمهيدية

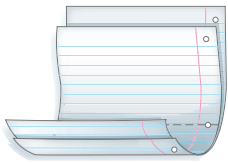
خواص الرابطة اعمل
المطوية الآتية لتساعدك
على تنظيم دراستك لأنواع
الروابط الرئيسة الثلاث.

المطويات

منظمات الأفكار



خطوة 1 ضع ورقتين إحداهما
فوق الأخرى، ودع حافة
إحداهما العلوية أسفل الحافة
الأخرى بـ 2cm تقريبًا.



خطوة 2 اطو حافتي صفحات
الورق السفلية إلى الأعلى
لعمل ثلاثة أجزاء متساوية،
ثم اضغط على الشيات
لثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبت المطوية بدبوس كما في الشكل،
واكتب عنوانًا 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؟

تجربة استهلاكية

ما نوع المركب المستخدم لعمل كرة مميزة؟

تُصنع هذه الكرات في الغالب من مركب يدعى أكسيد السيليكون
العضوي $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2\text{O}$.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. غط الطاولة بالمناديل الورقية، وضع فوقها كوبًا ورقيًا،
والبس القفازين.
3. قس 20.0mL من محلول سليكات الصوديوم بالمخبار
المدرج وصبها في الكوب. وأضف إلى الكوب قطرة
من ملوّن الطعام و10.0mL من الإيثانول، ثم حرك
المحتويات جيدًا 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 ملاحظتك.
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 السيليكون
والأكسجين للوصول إلى حالة الثمانية؟ وإذا كانت كلتا الذرتين
بحاجة إلى اكتساب الإلكترونات فكيف يكونان رابطة معًا؟





4-1

الأهداف

- تطبيق القاعدة الثمانية على الذرات التي تكون روابط تساهمية.
- تصف كيفية تكون الرابطة التساهمية الأحادية، والثنائية والثلاثية.
- تقارن بين روابط سيجما وروابط باي.
- تربط بين قوة الرابطة التساهمية وطولها وطاقة تفككها.

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 شارك أحد أصدقائك بالمبلغ المتبقي لشراء الكرة. إن هذا يشبه تشارك 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 كلا من الذرتين الداخلتين في تكوين الرابطة بزوج إلكترون واحد أو أكثر من الأزواج الإلكترونية **الرابطة التساهمية**. ويتكون **الجزيء** عندما ترتبط ذرتان أو أكثر برابطة تساهمية. وتعد الإلكترونات المشتركة في تكوين الرابطة جزءاً من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلا الذرتين المشتركتين. وعادة ما تتكون الروابط التساهمية بين ذرات اللافلزات المتجاورة في الجدول الدوري.

تكون 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.

مراجعة المفردات

الرابطة الكيميائية القوة التي تربط ذرتين معاً.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية

الجزيء

تركيب لويس

رابطة سيجما σ

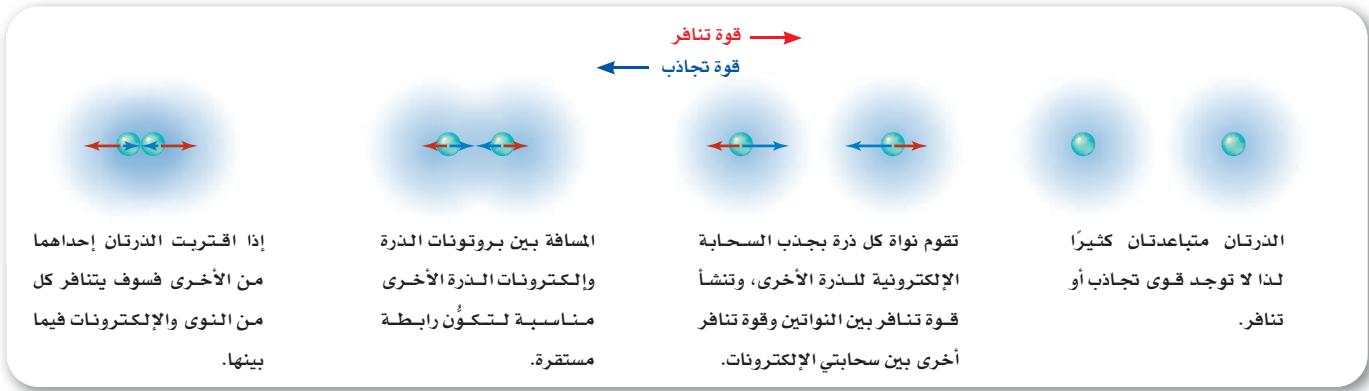
رابطة باي π

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.



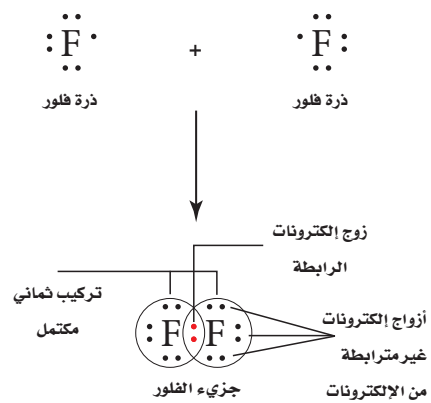
الشكل 2-4 تبين الأسهم في الأشكال أعلاه محصلة قوى التجاذب والتنافر بين ذرتي فلور عندما تقترب إحداها من الأخرى. إن القوة الإجمالية بين الذرتين هي محصلة قوى التنافر بين إلكترون وإلكترون، والتنافر بين نواة ونواة، والتجاذب بين نواة وإلكترون. وتتكون الرابطة التساهمية عندما تكون محصلة قوى التجاذب أعلى ما يمكن.

اربط كيف يرتبط استقرار الرابطة مع القوى التي تؤثر في الذرات؟

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 والأفضل 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 3-4 تشارك ذرتا فلور في زوج من الإلكترونات لتكونا رابطة تساهمية. لاحظ أن زوج الإلكترونات المشتركة قد جعل إلكترونات المدار الأخير ثمانية إلكترونات.



مقارنة درجات الانصهار

7. كيف يمكن تحديد العلاقة بين نوع الرابطة ودرجة الانصهار؟
تتعمد خواص المركب على نوع الرابطة، إذا كانت أيونية أو تساهمية.

8. راقب المركبات في أثناء فترة التسخين، وسجل أيها ينصهر أولاً، ووفق أي ترتيب.

9. أغلق جهاز التسخين بعد انقضاء 5 دقائق، وارفع الطبق بالملاقط أو القفازات الخاصة بذلك.

10. دع الطبق حتى يبرد ثم تخلص منه بالطريقة الصحيحة.

تحليل النتائج

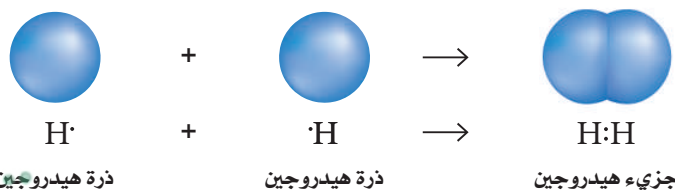
1. اذكر أي المركبات انصهر أولاً؟ وأيها لم ينصهر؟
2. طبق استناداً إلى النتائج والملاحظات، صف درجة انصهار كل مادة صلبة باستخدام أحد الخواص الآتية: منخفضة، متوسطة، مرتفعة، مرتفعة جداً.
3. استنتج أي المركبات يحتوي على روابط أيونية، وأيها يحتوي على روابط تساهمية؟
4. لخص كيف يؤثر نوع الرابطة في درجة انصهار المركبات؟

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 سخان كهربائي.
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.

الروابط التساهمية الأحادية Single Covalent Bonds

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 بزواج 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 $H:H$.

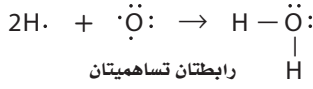


الشكل 4-4 عندما تشارك ذرتا هيدروجين في زوج من الإلكترونات تحصل كل ذرة على مستوى طاقة خارجي ممتلئ بالإلكترونات، وتصبح مستقرة.

الماء



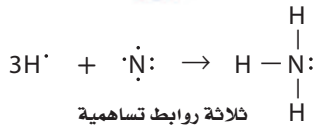
a



الأمونيا



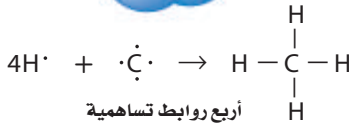
b



الميثان



c



الشكل 4-5 توضح هذه المعادلات الكيميائية كيف تشارك الذرات في الإلكترونات وتصبح مستقرة. كما يوضح نموذج لويس، كيف تحصل كل ذرة في الجزيء على مستوى طاقة خارجي 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 تكوّن 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 F_2 ، والكلور على صورة Cl_2 .

المجموعة 16 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع ذرات عناصر المجموعة 16 أن تشارك بإلكترونين وتكوّن 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 للغاز الهيليوم النبيل نفسه عندما تشارك في إلكترون مع ذرة الأكسجين، كما يصبح لذرة الأكسجين التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (نيون) عندما تشارك في إلكترون واحد مع كل ذرة هيدروجين. ويوضح الشكل 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) 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 NF_3 ثلاثي فلوريد النيتروجين وثلاثي كلوريد النيتروجين NCl_3 ، وثلاثي بروميد النيتروجين NBr_3 . وتشارك كل ذرة من عناصر المجموعة 17 مع ذرة نيتروجين من خلال زوج واحد من الإلكترونات.

المجموعة 14 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 14 أن تكوّن أربع روابط تساهمية. ويتكوّن جزيء الميثان 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 يكوّن 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 الميمنة في الشكل 4-6 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 خطأً 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. PH_3
2. H_2S
3. HCl
4. CCl_4
5. SiH_4

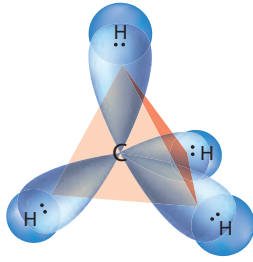
6. تحفيز ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد عنصرين أحدهما من عناصر المجموعة 1 والآخر من عناصر المجموعة 16.

الرابطة سيجما σ تسمى الروابط التساهمية الأحادية **روابط سيجما**، ويرمز إليها بالحرف الإغريقي σ . 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 H_2O ، والأمونيا NH_3 والميثان CH_4 روابط سيجما، كما في الشكل 4-7.

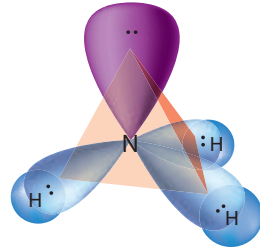
✓ **ماذا قرأت؟** كَوْن قائمة بالمستويات التي تكون رابطة سيجما في المركب التساهمي.



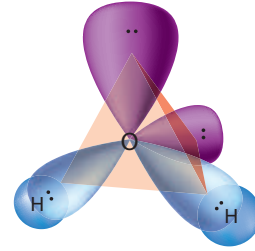
الشكل 4-6 تم حفر الزجاج الخشن الظاهر في الشكل كيميائياً باستعمال فلوريد الهيدروجين HF، وهو حمض ضعيف. يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع السليكا (أكسيد السليكون)، المكوّن الرئيس للزجاج وينتج عن ذلك SiF_4 والماء.



الميثان CH_4



الأمونيا NH_3



الماء H_2O

الروابط التساهمية المتعددة Multiple Covalent Bonds

الشكل 4-7 تكونت روابط

سيجما في كل من هذه الجزيئات عندما تداخلت مستويات ذرات الهيدروجين الذرية مباشرة (رأسًا مقابل رأس) مع مستويات الذرة المركزية.

استنتج ما أنواع المستويات 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 تكوّن ذرتان رابطة متعددة؟ إن عدد إلكترونات التكافؤ التي تحتاج إليها ذرة العنصر للوصول إلى الحالة الثمانية يكون مساويًا 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 4-8a 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 بإلكترونين، 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 N_2 الثنائي الذرات على رابطة تساهمية ثلاثية. ويوضح الشكل 4-8b أن كل ذرة نيتروجين تشترك بثلاثة إلكترونات لتكون رابطة تساهمية ثلاثية مع ذرة نيتروجين أخرى.

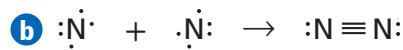
الرابطة باي π تتألف الرابطة التساهمية المتعددة من رابطة سيجما واحدة و **رابطة باي** واحدة على الأقل، ويرمز إليها بالرمز الإغريقي π . وتتكون هذه الرابطة عندما تتداخل مستويات p الفرعية المتوازية تداخلًا متوازيًا وتشترك في الإلكترونات. وتشغل أزواج الإلكترونات المشاركة لرابطة باي المكان أو الفراغ أعلى الخط الذي يمثل مكان اتحاد الذرتين معًا وأسفله.

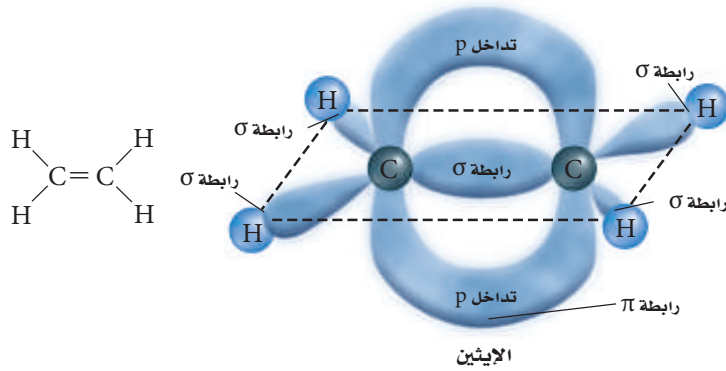
الشكل 4-8 تتكون الروابط التساهمية

المتعددة عندما تشترك ذرتان بأكثر من زوج من الإلكترونات:

a. تكوّن ذرتان من الأكسجين رابطة ثنائية.

b. تكوّن 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 إحداهما من الأخرى لدرجة تسمح بالتداخل بشكل متوازي (جنباً إلى جنب) بين مستويات p الفرعية. وينتج عن ذلك رابطة باي π .

من المهم أن نلاحظ أن الجزيئات التي لها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وروابط باي 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

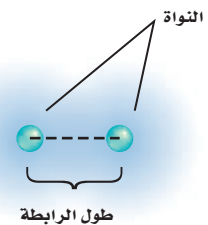
تذكر أن الرابطة التساهمية تتضمن قوى تجاذب وقوى تنافر. وفي الجزيء تتجاذب النوى مع الإلكترونات، وتتنافر النوى مع النوى الأخرى، كما تتنافر الإلكترونات مع الإلكترونات الأخرى أيضاً. وعندما يحتل هذا التوازن بين قوى التجاذب والتنافر يمكن كسر الرابطة التساهمية. ولاختلاف الروابط التساهمية في قوتها يسهل كسر بعض 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
الجزء	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 يُقدّر 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:

$$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} \quad \text{b.}$$

$$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} \quad \text{a.}$$
- تتكون الروابط التساهمية عندما تشارك الذرات في زوج أو أكثر من الإلكترونات 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 نواقي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

الأهداف

- تترجم الصيغ الجزيئية إلى أسماء للمركبات الجزيئية الثنائية الذرات.
- تسمي 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 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.

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 الآتية خطوات تسمية غاز أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O ، وهو غاز لا لون له يستخدم طبيًا في التخدير لإجراء العمليات الجراحية، كما يستخدم في بعض الحالات الخاصة لعلاج الألم الحاد، أو لتقليل التوتر والاسترخاء قبل عمليات الأسنان الجراحية، إلا أن الاستخدام المزمّن له يمكن أن يسبب أضرارًا عصبية خطيرة وأحيانًا دائمة.

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 شيوعًا واستعمالاً. ونظرًا 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 سَمِّ عناصر المركب.

العنصر الأول يُسمى باسمه الكامل.

الفوسفور

العنصر الثاني يُضاف مقطع (يد) إلى أصل اسم العنصر

أكسيد

عند جمع الاسمين معاً.

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

سَمِّ 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 النيتروز والماء، منذ زمن طويل، وأعطيت أسماء شائعة قبل تطوير النظام الحالي في تسمية المركبات. ومن المركبات التساهمية التي تعرف غالباً باسمها الشائع بدلاً من اسمها العلمي الأمونيا NH_3 والهيدرازين N_2H_4 وأكسيد النيتريك NO .

ماذا قرأت؟ طبق ما الاسم العلمي لكل من الأمونيا والهيدرازين وأكسيد النيتريك؟



تسمية الأحماض Naming Acids

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 السيانيك 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 "ير" 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، فجزيء 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 ₂ O	ماء	أكسيد ثنائي الهيدروجين
NH ₃	أمونيا	ثالث هيدريد النيتروجين
N ₂ H ₄	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. HClO₃ 21. HClO₂ 22. H₂SO₄ 23. H₂S
24. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لحمض البيروديك؟

كتابة الصيغ الكيميائية من أسماء المركبات

Writing Chemical Formulas from Names

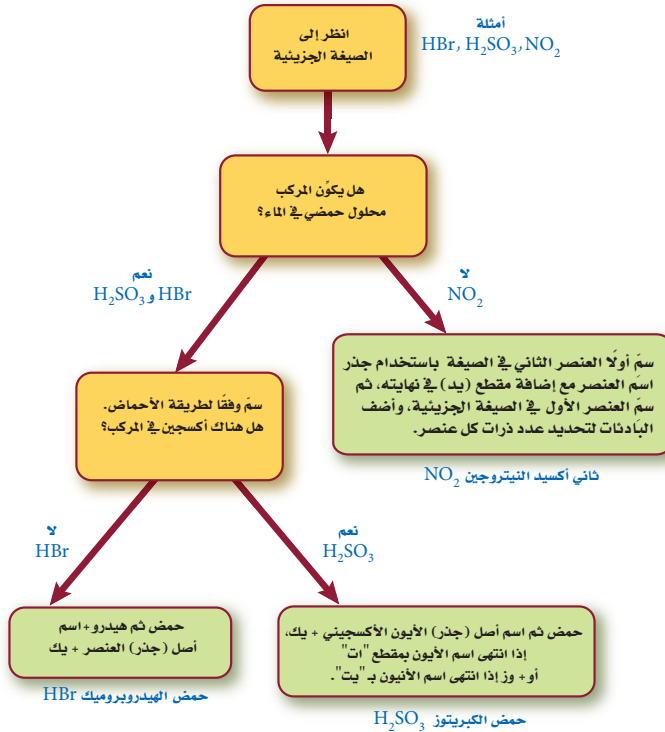
يُظهر اسم المركب الجزيئي تركيبه، ويُعدّ هذا مهماً لمعرفة طبيعة المركب الكيميائي؛ فعند إعطاء اسم أي جزيء ثنائي ينبغي أن تعرف كيف تكتب صيغته الجزيئية. فالمقاطع المستخدمة في الاسم تشير إلى عدد الذرات في الجزيء وتحدد الأرقام السفلية المستخدمة في الصيغة الجزيئية. ويمكن معرفة الصيغة الجزيئية للحمض أيضاً من 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، وأيها حمض ثنائي؟



ويتعين عليك لتسمية الأحماض الأكسجينية - وهي الأحماض التي تحتوي على أنيون الأكسجين - أن تعرف الأسماء الشائعة للأيون الأكسجيني أولاً.

يساعد الشكل 12-4 على تحديد اسم المركب الجزيئي التساهمي، ولاستخدام خريطة المفاهيم ابداً من القمة و طبق 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.

الأهداف

- تطبيق الخطوات الرئيسية لرسم تركيب لويس.
- تحديد الجزيئات التي تحدث فيها ظاهرة الرنين.
- تحديد ثلاث حالات لجزيئات تشذ عن القاعدة الثمانية، وتسمى هذه الجزيئات.

مراجعة المفردات

الرابطة الأيونية: قوة كهروستاتيكية تربط الجسيمات ذات الشحنات المختلفة بعضها مع بعض في المركب الأيوني.

المفردات الجديدة

الصيغة البنائية

الرنين

الرابطة التساهمية التناسقية



رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

التركيب الجزيئية Molecular Structures

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 بنيتَه 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 التركيب الجزيئية للمركبات التساهمية تستعمل النماذج في تمثيل الجزيء. ويبين الشكل 13-4 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.

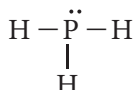
الشكل 13-4 يمكن استخدام هذه النماذج جميعها لتوضيح أماكن الذرات والإلكترونات لجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور (الفوسفين).

قارن بين المعلومات المبينة في كل نموذج.

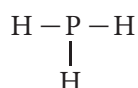
PH₃
الصيغة الجزيئية



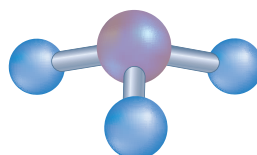
نموذج ملء الفراغ الجزيئي



تركيب لويس



الصيغة البنائية



نموذج لويس
نموذج الكرة-العصا

تجربة
عملية

الروابط التساهمية في الأدوية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



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 بإلكترون واحد من الإلكترونات، ويتصل بذرة واحدة فقط.
2. حدد عدد الإلكترونات المتوافرة لتكوين روابط؛ إذ يساوي هذا العدد الكلي للإلكترونات تكافؤ الذرات الموجودة في الجزيء.
3. حدد عدد أزواج إلكترونات الربط. ولتحديد هذا العدد اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للربط على 2.
4. حدد أماكن أزواج الربط. ضع زوج ترابط واحداً (رابطة واحدة) بين الذرة المركزية وكل ذرة جانبية.
5. حدد عدد أزواج إلكترونات الترابط المتبقية. ولتحديد ذلك 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، فبقي هذه الأزواج مرتبطة مع الذرة الجانبية، وكذلك مع الذرة المركزية. تذكر أن الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت عادة ما تكون روابط ثنائية وثلاثية.

طبّق الاستراتيجية

ادرس الأمثلة 3-4 و 4-4 لمعرفة كيف طبقت هذه الخطوات في حل المسائل.



تركيب لويس لمركب تساهمي له روابط أحادية. تستخدم الأمونيا بوصفها خامًا لصناعة العديد من المواد الأخرى، ومنها مواد التنظيف والأسمدة والمتفجرات. ارسم تركيب لويس للأمونيا 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 المتوافرة للترابط.

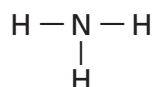
$$8 \text{ إلكترونات تكافؤ} = \frac{1 \text{ إلكترون تكافؤ}}{1 \text{ atom H}} \times 3 \text{ atom H} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom N}} \times 1 \text{ atom N}$$

هناك 8 إلكترونات تكافؤ موجودة للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي. وللقيام بذلك اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط على 2.

$$2 \text{ إلكترون/زوج} = \frac{8 \text{ إلكترونات}}{4 \text{ أزواج}}$$

يتوافر أربعة أزواج من الإلكترونات للترابط.



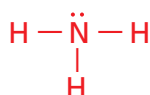
ضع زوجًا رابطًا من الإلكترونات بين ذرة النيتروجين المركزية وكل ذرة هيدروجين جانبية لتكوين رابطة أحادية.

حدد عدد الأزواج غير المرتبطة المتبقية.

$$4 \text{ أزواج (المجموع الكلي)} - 3 \text{ أزواج مستخدمة} = 1 \text{ زوج واحد غير رابط}$$

اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من العدد الإجمالي للإلكترونات المتوافرة 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.

3 تقويم الإجابة

تشارك كل ذرة هيدروجين بزوج واحد من الإلكترونات. وتشارك ذرة النيتروجين المركزية بثلاثة أزواج من الإلكترونات، ولها زوج واحد غير رابط للحصول على حالة الثمانية المستقرة.

مسائل تدريبية

37. ارسم تركيب لويس لجزيء 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 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

$$16 = \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom O}} \times 2 \text{ atom O} + \frac{4 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ atom C}} \times 1 \text{ atom C}$$

لذا، فهناك 16 إلكترون تكافؤ متوافر للترابط.

$$8 \text{ أزواج} = \frac{16 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}}$$

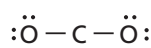
هناك 8 أزواج من الإلكترونات متوافرة للترابط.

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.



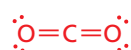
أضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة إلى كل ذرة أكسجين جانبية.

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

تحقق كل من الكربون والأكسجين القاعدة الثمانية.

مسائل تدريبية

39. ارسم تركيب لويس للإثيلين C_2H_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 4-5

تركيب لويس للأيون المتعدد الذرات ارسم تركيب لويس الصحيح لأيون الفوسفات PO_4^{3-} المتعدد الذرات.

1 تحليل المسألة

نعلم أن أيون الفوسفات يحتوي على ذرة فوسفور وأربع ذرات أكسجين وشحنة ثلاثية سالبة -3 . ولأن للفوسفور أقل قوة جذب للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الفوسفور هي الذرة المركزية، وذرات الأكسجين الأربع هي الذرات الجانبية.

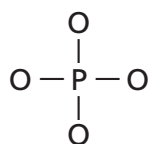
2 حساب المطلوب

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.



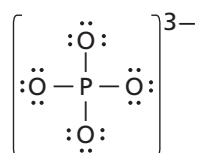
ارسم رابطة أحادية بين ذرة الفوسفور P المركزية وذرات الأكسجين O الجانبية.

16 زوجاً (المجموع الكلي) - 4 أزواج مستخدمة = 12 زوجاً غير رابطاً

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفرة.

ضع ثلاثة أزواج غير رابطة لكل ذرة أكسجين جانبية

12 زوجاً غير رابطاً - 12 زوجاً مستخدماً = 0



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

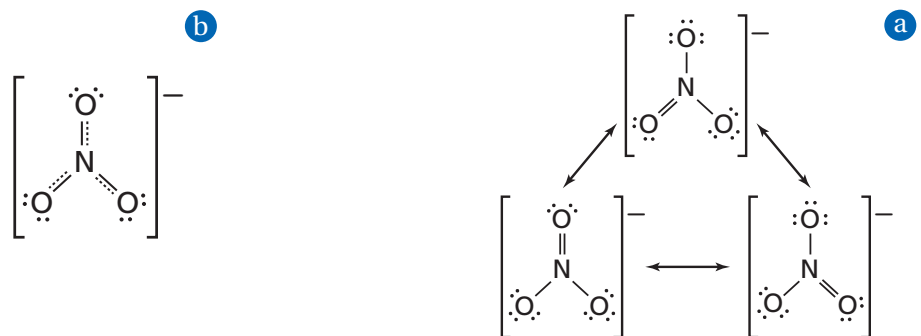
حققت الذرات حالة الثمانية إلكترونات، والشحنة الكلية للمجموعة هي -3 .

مسائل تدريبية

41. ارسم تركيب لويس لأيون NH_4^+ .

42. تحفيز يحتوي أيون ClO_4^- على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.





الشكل 14-4 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.

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 14a-4 ثلاث أشكال متكافئة، يمكن استعمالها لتمثيل هذا الأيون.

الرنين حالة تحدث عندما يكون هناك احتمال لرسم أكثر من تركيب لويس لشكل الجزيء أو الأيون. ويشار 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 14b-4، 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 لأيون SO_3^{2-}

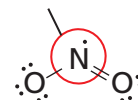
استثناءات القاعدة الثمانية Exceptions to the Octet Rule

عادة ما تحصل الذرات على ثمانية إلكترونات عندما تتحد بذرات أخرى. ولكن بعض الأيونات والجزيئات لا تتبع القاعدة الثمانية. وهناك بعض الأسباب لهذه الاستثناءات.

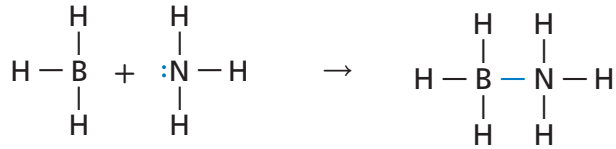
العدد الفردي من إلكترونات التكافؤ يمكن أن يكون لمجموعة صغيرة من الجزيئات أعداد فردية لإلكترونات التكافؤ، ولا تستطيع أن تكون ثمانية إلكترونات حول كل ذرة. فمثلاً: NO_2 له خمسة إلكترونات تكافؤ من النيتروجين و12 من الأكسجين، أي أن المجموع 17 إلكترون تكافؤ، لذا لا يمكنه تكوين عدد صحيح من أزواج الإلكترونات. انظر الشكل 15-4. وتعد NO ، ClO_2 أمثلة أخرى على جزيئات ذات إلكترونات تكافؤ فردية العدد.

الشكل 15-4 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 مشاركتهما بين البورون والأمونيا لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.



فسر 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 بالإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.

تجربة
عملية

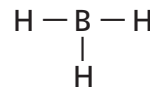
المركبات التساهمية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



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 BH_3 . يوجد البورون في المجموعة 13، وهو عنصر شبه فلزي، ويكوّن 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، لأنّها القابلة 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 ليكوّن ترتيباً إلكترونياً مستقرّاً بأقل طاقة وضع. انظر الشكل 16-4، عادة ما تكوّن 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. ويبين الشكل 17-4 كيف تصل ذرة الفوسفور في جزيء 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 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 PCl_3 و Cl_2 تتبع كل ذرة في المادة المتفاعلة القاعدة الثمانية. وبعد التفاعل ينتج PCl_5 الذي لا تتبع ذرة الفوسفور فيه القاعدة الثمانية.



تصل إلى الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات

تركييب لويس: استثناءات القاعدة الثمانية الزينون غاز نبيل، يكون مركبات نادرة عند تفاعله مع اللافلزات الشديدة الجذب للإلكترونات. ارسم تركيب لويس الصحيح للجزيء XeF_4 .

1 تحليل المسألة

لديك الجزيء XeF_4 الذي يحتوي على ذرة Xe واحدة، وأربع ذرات F. ولأن جاذبية Xe للإلكترونات قليلة لذلك يكون الذرة المركزية.

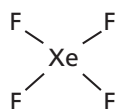
2 حساب المطلوب

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.



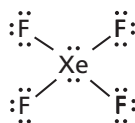
استخدم أزواج الربط الأربعة لربط أربع ذرات F مع ذرة Xe المركزية.

حدد عدد الأزواج غير الرابطة

18 زوجاً (المجموع الكلي) - 4 أزواج مستخدمة = 14 زوجاً غير رابط

$$14 \text{ زوجاً} - \frac{3 \text{ أزواج}}{1 \text{ atom F}} \times 4 \text{ atom F} = \text{زوجين غير رابطتين}$$

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 XeF_4 - سامة بسبب قدرتها العالية على التفاعل.

مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس للجزيئات الآتية:

47. ClF_3

48. SO_3

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^-





4-4

الأهداف

• تلخص مفهوم نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR.

• تتوقع الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء.

• تعرّف التهجين.

مراجعة المفردات

المستوى: منطقة ثلاثية الأبعاد حول النواة تصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

المفردات الجديدة

نموذج VSEPR التهجين

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 المتشابهتين، ويتبعد أحدهما عن الآخر؟ وكذلك الحال مع الشحنات؛ فإن أشكال الجزيئات تتأثر بقوى التنافر الإلكترونية.

نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model

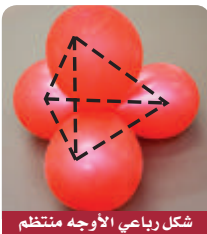
يُحدّد شكل الجزيء الكثير من خواصه الفيزيائية والكيميائية، وتحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل مستويات الإلكترونات المشتركة معاً شكل الجزيء. وقد طوّرت أكثر من نظرية لشرح تداخل مستويات الترابط، ويمكن استخدامها في توقع شكل الجزيء. كما يمكن معرفة شكل الجزيء عندما نرسم تراكيب لويس له. ويُسمى النموذج 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 18-4؛ حيث يمثل كل بالون منطقة كثافة إلكترونية، وتمنع قوة تنافر منطقة الكثافة الإلكترونية الأخرى من دخولها. وعندما تتصل مجموعة من البالونات بنقطة مركزية، وهي تمثل الذرة المركزية فمن الطبيعي أن تأخذ هذه البالونات شكلاً يقلل من التصادم بينهما.

تتنافر 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.

الشكل 18-4 تبتعد 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.



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. وتحدد خلايا مستقبلات التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم جلوتومات الصوديوم الأحادية MGS. وتستجيب كل خلية مستقبلية للذوق نكهة واحدة فقط. تتحدد أشكال جزيئات الطعام اعتماداً على تركيبها الكيميائي. وحينما يدخل الجزيء نسيج التذوق يجب أن يكون له الشكل الصحيح لتتمكن كل خلية عصبية من تمييزه، وإرسال رسالة إلى الدماغ الذي يملؤها 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 المهجين خواص كلا الشيتين معاً. فالسيارات المهجنة مثلاً تستخدم الكهرباء والجازولين 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 المفردان 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 متماثلة.

يبين الشكل 4-19 المستويات المهجنة 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 (π). 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 .

المفردات

أصل الكلمة

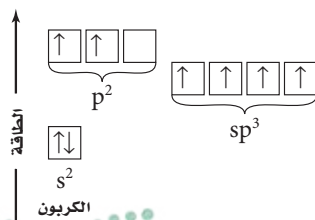
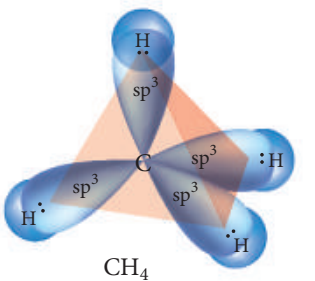
مثلث مستوي Trigon planner

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 المستويات s و p الأصلية. وتبعاً لنظرية VSEPR فإن الشكل الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التنافر بين المستويات المهجنة في جزيء CH_4 .

حدد كم وجهاً يحتوي شكل جزيء الميثان الناتج عن مستويات sp^3 .



تمثل الكرات الذرات، وتمثل العصي الروابط، وأما الفلقات (الفصوص) فتمثل أزواج الإلكترونات غير الرابطة.

يحتوي جزيء BeCl_2 على زوجين فقط من الإلكترونات المرتبطة مع ذرة Be المركزية. لذا تكون إلكترونات الرابطة على أبعد مسافة ممكنة بينها، وزاوية الرابطة 180° وشكل الجزيء خطيًا

تكون أزواج الإلكترونات الثلاثة المكونة للروابط في المركب AlCl_3 على أكبر مسافة بينها عندما تكون على شكل مثلث مستو والزوايا بين الروابط 120° .

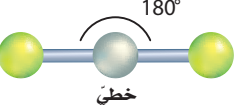
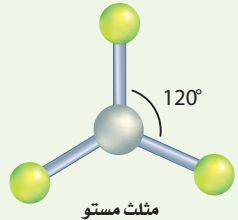
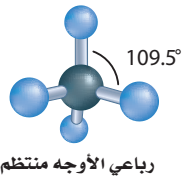
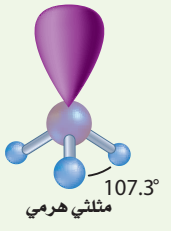
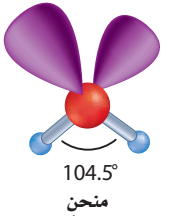
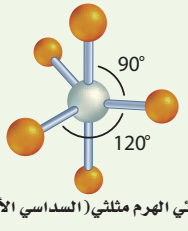
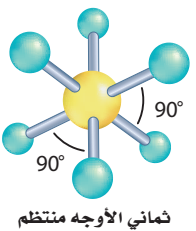
عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من الإلكترونات الترابط كما في الميثان CH_4 يكون الشكل رباعي الأوجه منتظمًا والزوايا بين الروابط 109.5° .

لجزيء PH_3 ثلاث روابط تساهمية أحادية وزوج غير مرتبط. يأخذ الزوج غير المرتبط حجمًا 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° .

للماء رابطتان تساهميتان وزوجان غير رابطتين، ويصنع التنافر بين الأزواج غير الرابطة زاوية مقدارها 104° . مما يجعل شكل جزيء الماء منحنياً.

لجزيء NbBr_5 خمسة أزواج من الإلكترونات الرابطة، لذا يقلل الشكل الثنائي الهرم الثلاثي من التنافر بين أزواج الإلكترونات المشتركة.

ليس لجزيء SF_6 أزواج إلكترونات غير رابطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فله ستة أزواج رابطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكون شكلًا ثنائي الأوجه.

الأشكال الفراغية للجزيئات					الجدول 4-6
أشكال الجزيئات	المستويات المهجنة	الأزواج غير الرابطة	الأزواج المشتركة	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الجزيء
	sp	0	2	2	BeCl_2
	sp^2	0	3	3	AlCl_3
	sp^3	0	4	4	CH_4
	sp^3	1	3	4	PH_3
	sp^3	2	2	4	H_2O
	sp^3d	0	5	5	NbBr_5
	sp^3d^2	0	6	6	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.

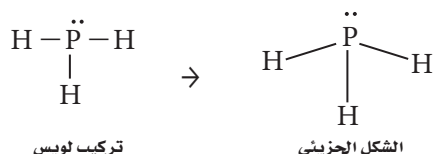
1 تحليل المسألة

نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

2 حساب المطلوب

$$8 = \frac{1 \text{ إلكترون تكافؤ}}{1 \text{ Atom H}} \times 3 \text{ Atom H} + \frac{5 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \text{ Atom P}} \times 1 \text{ Atom P}$$

$$4 \text{ أزواج} = \frac{8 \text{ إلكترونات}}{2 \text{ إلكترون/زوج}}$$



ارسم شكل لويس باستخدام زوج من الإلكترونات بين كل ذرة هيدروجين وذرة فوسفور مركزية، وضع الزوج غير الرابط على ذرة الفوسفور.

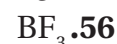
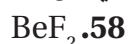
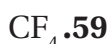
الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة 107°، ونوع التهجين sp³ في المستويات المهجنة.

3 تقييم الإجابة

كل أزواج الإلكترونات مستخدمة، وكل ذرة لها التوزيع الإلكتروني المستقر.

مسائل تدريبية

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كل مما يأتي:



60. تحفيز ما شكل أيون NH₄⁺ وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

4-4 التقويم

الخلاصة

- ينص نموذج VSEPR على أن أزواج الإلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- يفسر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

61. الفكرة الرئيسية لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

62. 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 إلكترونات مشتركاً 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 PF₃ و PF₅. و اشرح الفرق بين شكليهما.

67. نظم كلاً مما يأتي في جدول: تركيب لويس، شكل الجزيء وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl₃، و CCl₂F₂، و H₂Se، و CH₂O، و CS₂.

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. ويبين 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 قيم 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 21-4 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؟

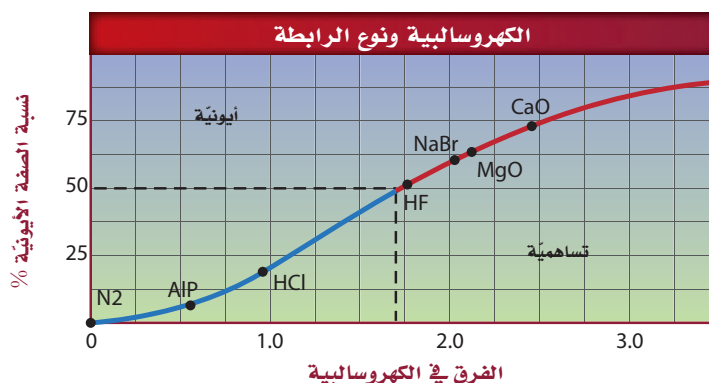
الشكل 21-4 يوضح الرسم البياني أن

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

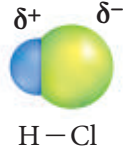
حدد نسبة الصفة الأيونية للرابطة في أكسيد

الكالسيوم.



$$\begin{aligned} \text{Cl} &= 3.16 \\ \text{H} &= 2.20 \\ \hline &= 0.96 \end{aligned}$$

الكهروسالبية
الكهروسالبية
الفرق



الشكل 22-4 قيمة الكهروسالبية للكلور أعلى منها للهيدروجين، وذلك يقضي زوج الإلكترونات الرابط في جزيء HCl وقت أطول في جزيء Cl منه في جزيء H. وتستخدم الرموز لإبراز الشحنة الجزئية عند كل طرف (ذرة) من الجزيء لبيان عدم تساوي المشاركة في زوج الإلكترونات الرابط.

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 وقتاً أطول حول هذه الذرة، وينتج عن ذلك شحنة جزئية عند نهايتي الرابطة.

ويستخدم الحرف الإغريقي δ ليمثل الشحنة الجزئية في الرابطة التساهمية القطبية. وتمثل δ^- شحنة جزئية سالبة، في حين تمثل δ^+ شحنة جزئية موجبة. وتضاف δ^- و δ^+ إلى الشكل الجزيئي لتوضيح قطبية الرابطة التساهمية، كما في الشكل 22-4. 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 بثنائية القطب.

القطبية الجزيئية تُكوّن 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 تأثر الجزيئات القطبية بالمجال الكهربائي والانتظام داخله.

القطبية وشكل الجزيء يمكنك معرفة سبب كون بعض الجزيئات قطبية وبعضها الآخر غير قطبي بمقارنة جزيء الماء H_2O وجزيء رباعي كلوريد الكربون CCl_4 ؛ حيث لكلا الجزيئين روابط تساهمية قطبية. وتبعاً 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.



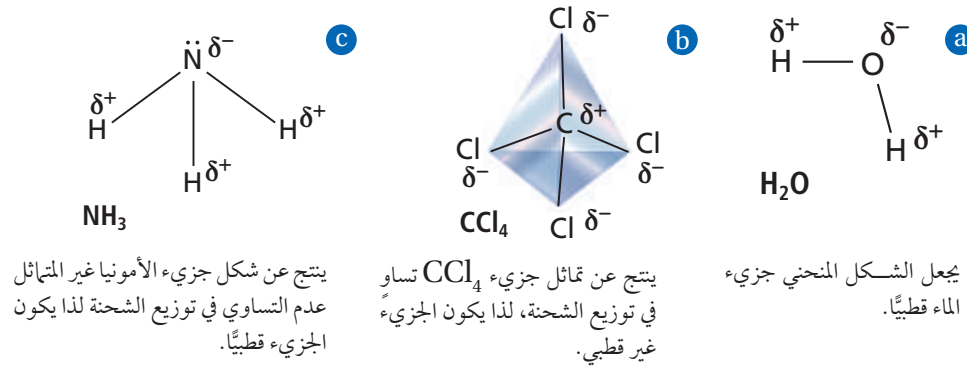
واعتماداً على الصيغ الجزيئية نجد أن لكلا الجزيئين أكثر من رابطة تساهمية قطبية، ولكن جزيء الماء فقط قطبي.

✓ ماذا قرأت؟ طبق لماذا ينحني مجرى الماء البطيء من الصنبور عندما يقترب منه بالون مشحون بالكهرباء الساكنة؟

مهن في الكيمياء

كيمائيو التغذية يجب على كيميائي التغذية معرفة كيف تتفاعل المواد وتتغير تحت الظروف المتنوعة. يعمل معظم كيميائيي التغذية لدى الشركات الصانعة لمنتجات 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.



يكون شكل جزيء H_2O ، 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 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 الجزئية متساوية لذا يكون جزيء CCl_4 غير قطبي. وعادة ما تكون الجزيئات المتماثلة غير قطبية. أما الجزيئات غير المتماثلة فتكون قطبية إذا كانت الروابط قطبية. هل جزيء الأمونيا في الشكل 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 $\text{N} - \text{H}$ 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.

استنتاج هل يمكننا إزالة بقعة الزيت عن الأقمشة باستخدام الماء فقط؟



خواص المركبات التساهمية Properties of Covalent Compounds

ملح الطعام مادة أيونية صلبة، والسكر مادة تساهمية صلبة، لهما المظهر نفسه، ولكنها يختلفان في خواصهما عند التسخين. فالملح لا ينصهر، أما السكر فينصهر عند درجات حرارة منخفضة. هل يؤثر نوع روابط المركب في خواصه؟

القوى بين الجزيئات تعود الاختلافات في الخواص نتيجة الاختلاف في قوى الجذب. ففي المركبات التساهمية تكون الروابط التساهمية بين الذرات في الجزيئات قوية، في حين تكون قوى الجذب بين الجزيئات ضعيفة نسبياً. وتعرف قوى التجاذب الضعيفة هذه بالقوى بين الجزيئات أو قوى فاندر فال Van der Waals forces. 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 تُسمى قوى التشتت، وكذلك القوى بين الأطراف المشحونة بشحنات مختلفة في الجزيئات القطبية والتي تسمى قوى ثنائية القطب. وكلما زادت قطبية الجزيء زادت هذه القوى. أما القوة الثالثة فهي الرابطة الهيدروجينية، وهي أقوىها. وتتكون بين ذرة هيدروجين تقع في نهاية أحد الأقطاب وذرة نيتروجين أو أكسجين أو فلور في جزيء آخر.

مختبر حل المشكلات

تفسير النتائج

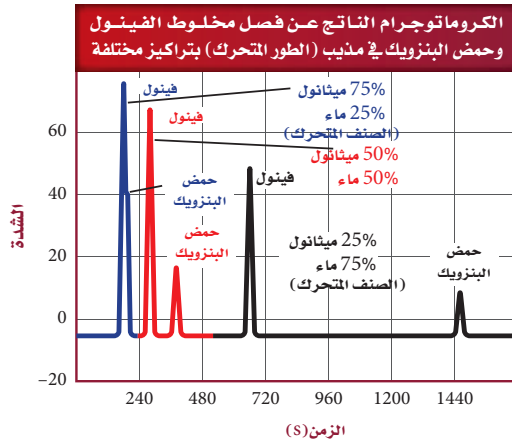
كيف تؤثر قطبية الطور المتحرك في نتائج تحليل بيانات الكروماتوجرام؟

كروماتوجرافيا السائل العالية الكفاءة HPLC تقنية تستخدم لفصل ونقل مكونات مخلوط ماء؛ حيث يذاب المخلوط في مذيب ما (الطور المتحرك)، ويمرر عبر أنبوب مبطن بمادة صلبة (الطور الثابت) التي ينجذب 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.

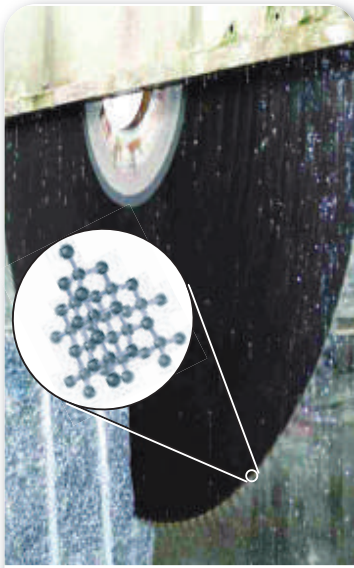
التفكير الناقد

1. فسّر 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؟ فسّر 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؟ فسّر إجابتك.



الشكل 25-4 عادة ما تستخدم المواد الصلبة التساهمية الشبكية أدوات للقطع بسبب صلابتها الشديدة. وتبين الصورة شفرة منشار مغلفة بالألماس 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 هشّة 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. **الفكرة 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. صنّف أنواع الروابط مستخدماً الفرق في الكهروسالبية.
- 73. عمّم 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 قطبيّ: CF_4 ، و CS_2 ، و SCl_2 .
- 76. حدد ما إذا كان المركب المكون من الهيدروجين والكبريت قطبياً أو غير قطبيّ.
- 77. ارسّم تركيب لويس لكل من SF_4 و SF_6 . وحلّل كل شكل، وحدّد ما إذا كان الجزيء قطبياً أو غير قطبيّ.

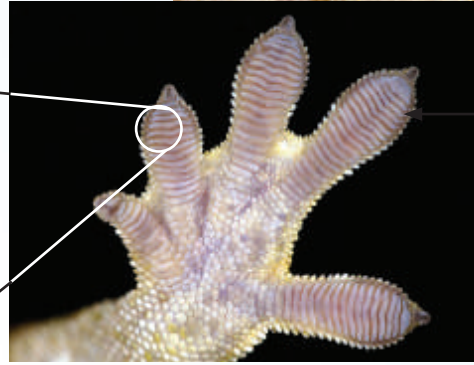
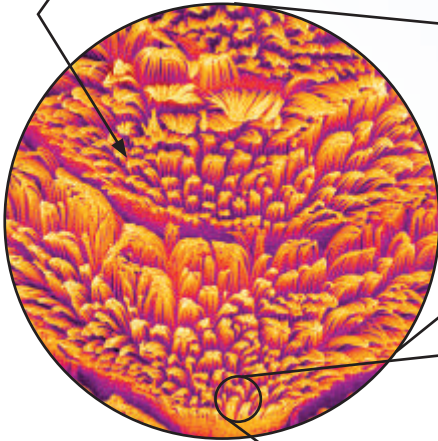
كيف تعمل الأشياء؟

الأقدام اللاصقة : كيف تلتصق السحلية؟

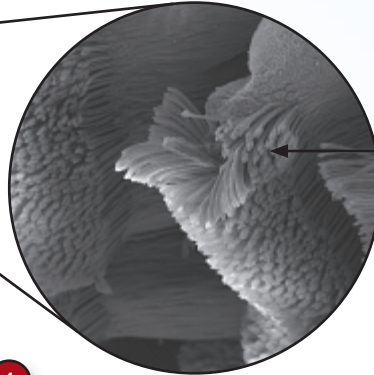
إن التصاق الوزغ على الحائط أو السقف ليس بالأمر الصعب، ويكمن سر قوة الالتصاق الباهرة في أصابعها. فقد وجد الباحثون أن قوة الالتصاق تعتمد على قوى تماسك الذرات.



2 أشواك قاسية بطانة أقدام السحلية عبارة عن بناء هيكلي معقد، له تفرعات مجهرية دقيقة تعرف بالشعيرات الدقيقة.

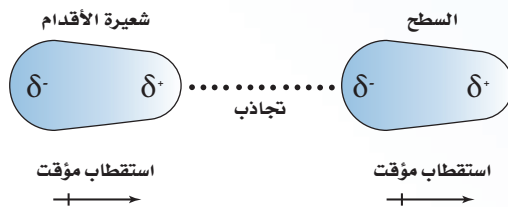


1 إصبع السحلية يغطي أسفل أصابع السحلية ملايين الأطراف تعرف بالشعيرات الدقيقة وتكون مرتبة في صفوف.



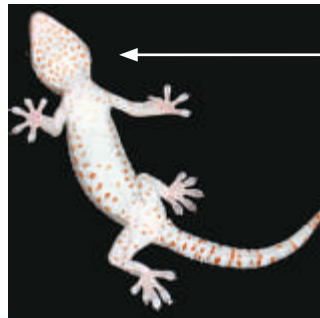
3 مساحة السطح تشكل الشعيرات الدقيقة الكثيرة العدد مساحة سطح واسعة.

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

اختراع 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 بثني أصابع رجليها مما يقلل من مساحة الجزء اللاصق بالسطوح 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 وثبتها بواسطة وصلة للحصول على نموذج جزيء H_2 . لاحظ أن النموذج يمثل جزيء هيدروجين ثنائي الذرة ذرّة ذرّة واحدة.

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 تتشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

4-1 الرابطة التساهمية

المفاهيم الرئيسية

- تتكون الروابط التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- ينتج عن المشاركة بزواج 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.

الفكرة الرئيسية تستقر ذرات بعض العناصر عندما تتشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

المفردات

- الرابطة التساهمية
- الجزيء
- تركيب لويس
- رابطة سيجما σ
- رابطة باي π
- تفاعل ماص للطاقة
- تفاعل طارد للطاقة

4-2 تسمية الجزيئات

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 هيدروجين وعنصر آخر، أما الأحماض الأكسجينية فتحتوي على الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

الفكرة الرئيسية تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.

المفردات

الحمض الأكسجيني

4-3 التراكيب الجزيئية

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.

الفكرة الرئيسية تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معًا داخل الجزيء.

المفردات

الصيغة البنائية

الرنين

الروابط التساهمية التناسقية



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 فتربط 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 σ أو باي π في الجزيء؟

إتقان حل المسائل

83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل من N، As، وBr، وSe؟ وقع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كل عنصر ليحقق قاعدة الثمانية.
84. حدّد روابط σ و باي π 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. أيّ الجزيئات الآتية، CO، و CH_2O ، و CO_2 تكون فيها رابطة C-O أقصر، وأيها تكون فيها أقوى؟
86. أيّ رابطة من الروابط بين الكربون والنيتروجين في الجزيئات الآتية أقصر، وأيها أقوى؟
- a. $\text{C}\equiv\text{N}^-$ و b. $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$

87. رتبّ الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعدياً؟
- a. SO_2 b. SO_3^{-2} c. SO_4^{-2}

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
HClO_2	
H_3PO_4	
H_2Se	
HClO_3	

93. سمّ الجزيئات الآتية:
- a. NF_3 b. SO_3 c. NO d. SiF_4
94. سمّ الجزيئات الآتية:
- a. SeO_2 b. SeO_3 c. N_2F_4 d. S_4N_4
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 بمادة AsF_5 . اشرح لماذا يخالف المركب AsF_5 قاعدة الثمانية؟
99. العامل المختزل يستخدم ثلاثي هيدريد البورون BH_3 عاملاً مختزلاً في الكيمياء العضوية. فسّر لماذا يكون 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_4		
TeF_4		
KrF_2		
OF_2		

111. توقع الشكل الجزيئي لكل من المركبين الآتيين:

a. COS b. CF_2Cl_2

112. توقع الشكل الجزيئي وزاوية الرابطة ونوع التهجين لكل مما يأتي. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).

a. SCl_2 c. HOF

b. NH_2Cl d. BF_3

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 يأتي بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب فيها:

a. C-O و S-C c. P-H و P-Cl

b. C-F و C-N

118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كل رابطة مما يأتي:

a. C-H c. C-S

b. C-N d. C-O

100. يمكن أن يُكوّن عنصر الأنتيمون والكلور مركب ثلاثي كلوريد الأنتيمون وخماسي كلوريد الأنتيمون، اشرح كيف يمكن لهذه العناصر أن يكونا مركبات مختلفة؟

إتقان حل المسائل

101. ارسم ثلاثة أشكال رنين للأيون المتعدد الذرات CO_3^{2-} .

102. ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية التي يحتوي كل منها على ذرة مركزية، ولا تتبع قاعدة الثمانية:

a. PCl_5 b. BF_3 c. ClF_5 d. BeH_2

103. ارسم شكلي رنين الأيون المتعدد الذرات HCO_2^- .

104. ارسم تراكيب لويس لكل من المركبات والأيونات الآتية:

a. H_2S b. BF_4^- c. SO_2 d. SeCl_2

105. أي العناصر الآتية يكون جزيئاً مستقرّاً تزيد عدد إلكتروناته الخارجية على ثمانية إلكترونات؟ اشرح إجابتك.

a. B b. C c. P

d. O e. Se

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؟ وقدر زاوية الرابطة لكل جزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.

a. A-B b. A-B-A

c. A-B-A d. A-B-A

109. المركب الأصل يستخدم PCl_5 بوصفه مركب أصل في تكوين مركبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية التهجين، وحدد عدد مستويات التهجين الموجودة في جزيء PCl_5 .

129. وقود الصواريخ استخدم الهيدرازين وثلاثي فلوريد الكلور ClF_3 في عام 1950م وقوداً للصواريخ. ارسم شكل لويس لـ 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:

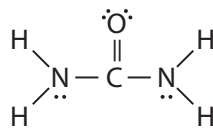
الجدول 4-10 الأزواج المشتركة		
نوع الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	الذرات التي تكون الرابطة
التساهمية الأحادية		
التساهمية الثنائية		
التساهمية الثلاثية		

التفكير الناقد

131. صمم خريطة مفاهيم تربط بين نموذج VSEPR، ونظرية التهجين، وأشكال الجزيئات.
132. قارن بين المركبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخك III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخك.
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 σ و π وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركب المبين 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 CF_4 ، فلماذا يُعد CF_4 جزيئاً غير قطبي مع أنه يحتوي على روابط قطبية؟

122. بين ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسر إجابتك

a. H_3O^+ c. H_2S
b. PCl_5 d. 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 الزرنيخك
c. خماسي كلوريد الفوسفور d. حمض كبريتيد الهيدروجين

125. سم الجزيئات الآتية:

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

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:

a. SeF_2 c. PO_3^{3-} e. GeF_4
b. ClO_2^- d. POCl_3

127. حدد أي الجزيئات الآتية قطبي، وفسر إجابتك.

a. CH_3Cl b. ClF c. NCl_3
d. BF_3 e. 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

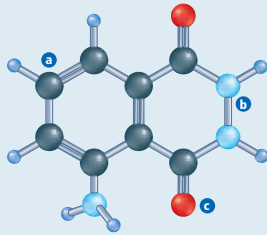
الكتابة في الكيمياء

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 26-4 يوضح نموذج الكرة والعصا لهذا المركب.

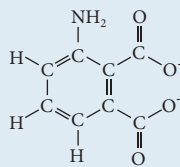


الشكل 26-4

142. حدد الصيغة الجزيئية لمركب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

143. بين تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a، b، و c في الشكل 26-4.

144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين ينتج عن التفاعل مركب Na_2APA والصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية لأيون APA العديد الذرات.



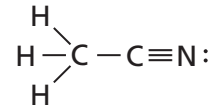
أيون APA

الشكل 27-4

135. حلل حدد قطبية كل جزيء يتصف بالخواص الآتية:

- صلب في درجة حرارة الغرفة.
- غاز في درجة حرارة الغرفة.
- ينجذب إلى التيار الكهربائي.

136. طبق الصيغة البنائية لمركب أسيتونيتريل CH_3CN



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 C_2H_2 و HCOOH .

b. ما قيمة الطاقة التي نحتاج إليها لتفكيك هذه الجزيئات؟

مراجعة تراكمية

138. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة لكل مركب مما يأتي:

- كربونات الكالسيوم
- كلورات البوتاسيوم
- أستات (خلات) الفضة
- كبريتات النحاس II
- فوسفات الأمونيوم

139. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح لكل مركب مما يأتي:

- NaI
- $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
- $\text{Sr}(\text{OH})_2$
- CoCl_2
- $\text{Mg}(\text{BrO}_3)_2$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الاسم الشائع للمركب 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؟

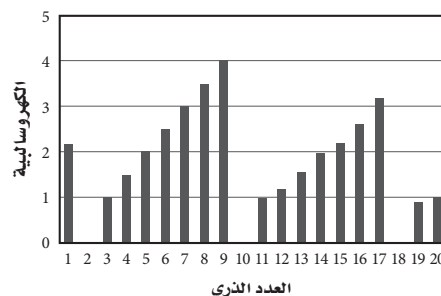
a. CO_2

b. CHCl_3

c. AsI_3

d. 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. $\text{S}::\text{Si}::\text{S}:$

c. $\text{S}::\text{Si}::\text{S}:$

d. $\text{S}::\text{Si}::\text{S}:$

6. تكون 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	$\text{H}-\text{N}$

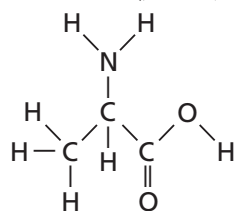
7. أي الغازات الثنائية الذرات فيما يأتي له أقصر رابطة

بين ذرتيه؟

a. HI b. O_2 c. Cl_2 d. 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. BeH_2 b. H_2S c. H_2O d. SeH_2

10. أي مما يأتي غير قطبي؟

a. H_2S b. CCl_4 c. SiH_3Cl d. AsH_3



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)							
المجموعة	1	2	13	14	15	16	17
	Li	Be	B	C	N	O	F
							Ne

14. اعتماداً على تراكيب لويس المبينة أعلاه، أي الأزواج

الآتية ترتبط بنسبة 3 : 2 ؟

- 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 تعرّفهما 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 يأتي:

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° 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 $^\circ\text{C}$
F_2	تساهمية غير قطبية	-220	-188
CH_4	تساهمية غير قطبية	-183	-162
NH_3	تساهمية قطبية	-78	33
CH_3Cl	تساهمية قطبية	-64	61
KBr	أيونية	730	1435
Cr_2O_3	أيونية	؟	4000

11. تم اكتشاف مركب درجة انصهاره 100°C - . فأَيُّ 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. أيُّ مما يأتي لا يمكن أن يكون درجة انصهار Cr_2O_3 ؟

- a. 2375°C
b. 950°C
c. 148°C
d. 3342°C

13. أيُّ 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.



الحسابات الكيميائية Stoichiometry

5

الفصل

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

1-5 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

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

2-5 صيغ الأملاح المائية

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

3-5 المقصود بالحسابات الكيميائية

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

4-5 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

5-5 المادة المحددة للتفاعل

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

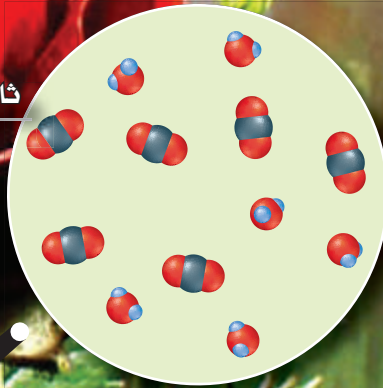
6-5 نسبة المردود المثوية

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 (النتاج عن البناء الضوئي) ما يكفي حاجة 130 شخصًا للتنفس. الفدان = 4200m^2 .

ثاني أكسيد الكربون والماء



بلاستيدة خضراء

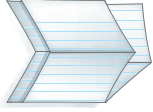


نشاطات تمهيدية

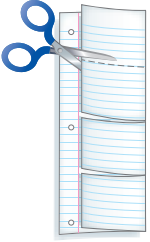
خطوات الحسابات
الكيميائية اعمل
المطوية الآتية؛ لتساعدك
على تلخيص خطوات
حل مسائل الحسابات
الكيميائية.



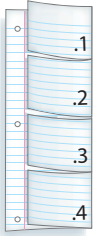
خطوة 1 اثنِ الورقة طولياً
من النصف.



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



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



خطوة 4 سمِّ القطع
بأسماء خطوات الحسابات
الكيميائية.

المطويات

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

تجربة استهلاكية

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

خطوات العمل

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

تحليل النتائج

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





www.iien.edu.sa

5-1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

Empirical and Molecular Formulas

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

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

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في الشكل 5-1، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدّم دليلًا عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

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

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

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



الشكل 5-1 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.



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

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

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

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

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

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

تجربة

تحليل العلك

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

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

التحليل

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

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

خطوات العمل

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



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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

الصيغة = CO_2

المطلوب

نسبة C = ؟

نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

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

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

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$= 12.01 \text{ g} + 32.00 \text{ g} = 44.01 \text{ g/mol CO}_2$$

اجمع كتل العناصر في المركب.

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

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

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

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

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

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

3 تقويم الإجابة

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

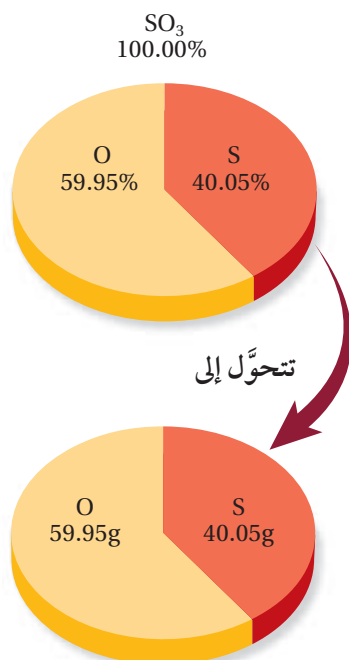
مسائل تدريبية

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



الصيغة الأولية Empirical Formula

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. **الصيغة الأولية** لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائماً مضاعفاً بسيطاً للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H₂O₂. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت التركيب النسبي المئوي للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرامات، كما في الشكل 2-5، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.



الشكل 2-5 تذكر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالتركيب النسبي المئوي. يمكنك الافتراض دائماً أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

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

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

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

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

أي أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 1 : 3. ولذا فإن الصيغة الأولية هي SO₃. وفي بعض الأحيان، قد لا تؤدي القسمة على أصغر قيمة مولية إلى أعداد صحيحة. وفي مثل هذه الحالات يجب ضرب كل قيمة مولية في أصغر رقم يجعلها عدداً صحيحاً، كما في المثال 2-5.

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

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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

المطلوب

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

2 حساب المطلوب

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

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

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

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

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

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

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

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

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

اقسم مولات C على 2.700

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

اقسم مولات H على 2.700

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

اقسم مولات O على 2.700

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

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

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح.

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

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح.

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

اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

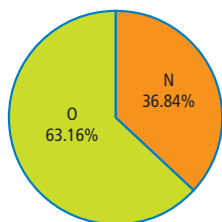
أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 C) : (6 H) : (2 O). وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

3 تقويم الإجابة

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



مسائل تدريبية



5. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟

6. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.

7. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟

8. تحفيز الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و4.44% هيدروجين، و35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تدهش إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تماماً قد يكون لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية نفسها! كيف يكون ذلك؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائماً العدد الفعلي لذراته. ويلجأ العلماء إلى ما يعرف **بالصيغة الجزيئية** لتحديد أي مركب، وهذه الصيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة، ويبين الشكل 3-5 أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين وسائل البنزين مثلاً لهما التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية (CH) نفسها، ولكنهما يختلفان تماماً في الخواص.

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

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

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

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

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

الشكل 3-5 يستخدم غاز الأستيلين في لحام المعادن بسبب درجة الحرارة العالية التي تصاحب احتراقه في وجود الأكسجين.



هي C_2H_2 وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6 .

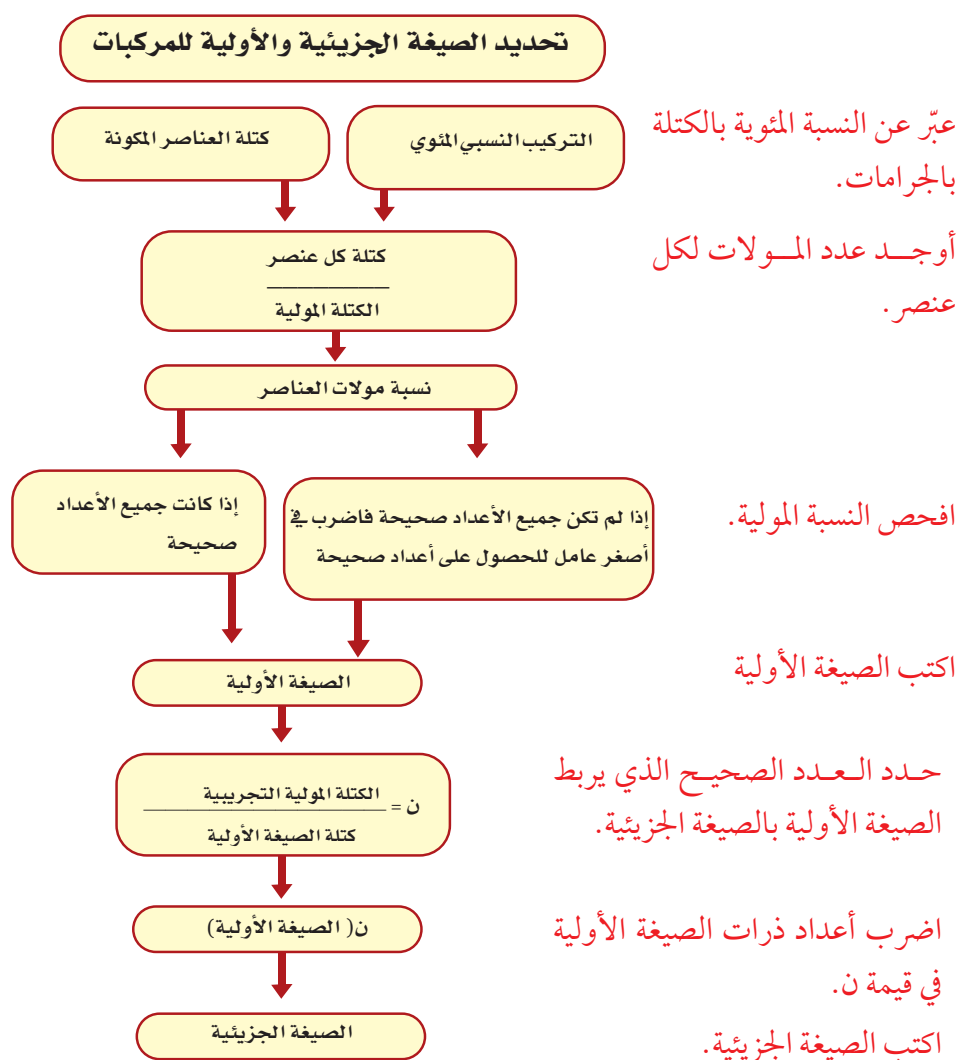
ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها صيغة أولية مضروبة في عدد صحيح (ن).

الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)

حيث (ن) تمثل العامل (6 في مثال البنزين) الذي تضرب فيه الأرقام في الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية.

يبين الشكل 4-5 خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءاً بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 4-5 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.
صف كيف يرتبط العدد الصحيح (ن) بالصيغ الأولية والجزيئية.



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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلية المولية = 118.1 g/mol حمض السكسينيك

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

الصيغة الجزيئية = ؟

2 حساب المطلوب

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

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

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

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

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

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

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

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

اقسم مولات C على 3.387

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

اقسم مولات H على 3.387

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

اقسم مولات O على 3.387

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

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

اضرب مولات C في 2.

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

اضرب مولات H في 2.

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

اضرب مولات O في 2.

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

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

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته.



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

اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته.

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

اضرب الكتلة المولية للأوكسجين في عدد مولات ذراته.

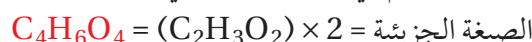
$$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 \text{ الكتلة المولية} = 32.0 \text{ g} + 3.024 \text{ g} + 24.02 \text{ g} = 59.04 \text{ g/mol}$$

اجمع كتل العناصر.

لتحديد قيمة ن اقسم الكتلة المولية لحمض السكسينيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$2.000 = \frac{118.1 \text{ g/mol}}{59.04 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسينيك}}{\text{الكتلة المولية } \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2} = \text{ن}$$

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



3 تقويم الإجابة

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

مثال 4-5

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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

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

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

$$4.65 \text{ g} = \text{O} \text{ كتلة الأوكسجين}$$

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

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

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

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

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

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

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

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

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

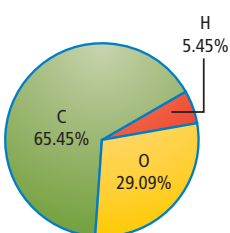
أبسط نسبة مولية هي (1 mol Fe) : (1 mol Ti) : (3 mol O). ولأن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن الصيغة الأولية للإلمنيت هي FeTiO_3 .

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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



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

5-1 التقويم

الخلاصة

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

الأهداف

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

مراجعة المفردات

الشبكة البلورية: الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

المفردات الجديدة

الملح المائي

صيغ الأملاح المائية

Formulas of Hydrates

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

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

تسمية الأملاح المائية Naming Hydrates

هل راقبت يوماً بلورات تتكون ببطء من محلول مائي؟ تلتصق جزيئات الماء أحياناً بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءاً من البلورة ماء التبلور. وتُسمى المواد الأيونية الصلبة التي تحتجز فيها جزيئات ماء أملاحاً مائية. **فالملح المائي** مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبين الشكل 5-5 الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوبال، وهو ثاني أكسيد السليكون المائي (SiO_2) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تالياً لنقطة، مثل $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. ويُسمى هذا المركب كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء (أي يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملح إلى آخر، ويبين الجدول 5-1 بعض الأملاح المائية الشائعة.

الجدول 5-1 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء.
رباعي	4	$\text{FePO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء.
سداسي	6	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء.
سباعي	7	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثمانى	8	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	هيدروكسيد الباريوم ثمانى الماء.
عشارى	10	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	كربونات الصوديوم عشارية الماء.

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





كلوريد الكوبلت (II) اللاماني أزرق

يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور

كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء الزهري

الشكل 5-6 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفاً جداً عن الملح المائي.

تحليل الأملاح المائية Analyzing a Hydrates

عند تسخين ملح مائي، تطرد جزيئات الماء تاركة وراءها الملح اللامائي. انظر الشكل 5-6؛ حيث توضح سلسلة الصور أنه عند تسخين كلوريد الكوبلت (II) السداسي الماء الزهري اللون، ينتج كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق اللون.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

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

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

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

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

المطلوب

$$\text{صيغة الملح المائي} = ?$$

$$\text{اسم الملح المائي} = ?$$

2 حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود

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

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

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

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

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

احسب عدد مولات CuSO_4 بالتعويض بقيمة

كتلة CuSO_4 مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

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

احسب عدد مولات H_2O ، بالتعويض بقيمة

كتلة H_2O مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

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

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

احسب أبسط نسبة عددية بالتعويض بعدد

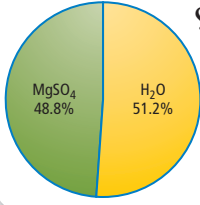
مولات H_2O ، وعدد مولات CuSO_4 .

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

3 تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول 1-5.





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

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

استعمالات الأملاح المائية Uses of Hydrates



الشكل 5-7 يجفف كلوريد الكالسيوم الهواء من جزيئات الماء. كما يستعمل في المختبر في حفظ المواد الكيميائية من رطوبة الجو.

للأملاح المائية استعمالات مهمة في مختبر الكيمياء. فكلوريد الكالسيوم يكون ثلاثة أملاح مائية: أحادي الماء، وثنائي الماء، وسداسي الماء. ويوضع كلوريد الكالسيوم اللامائي في قعر أوعية محكمة الإغلاق تُسمى المجففات، كما في الشكل 5-7؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المجفف، ويصنع جواً جافاً مناسباً لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحياناً إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إيثر للحفاظ عليها خالية من الماء.

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

التقويم 5-2

الخلاصة

23. الفكرة الرئيسية وضح تركيب الملح المائي.
24. سمّ المركب الذي صيغته SrCl₂ · 6H₂O.
25. صف الخطوات العملية لتحديد صيغة الملح المائي معللاً كل خطوة.
26. طبق يحتوي ملح مائي على 0.050 mol من الماء لكل 0.00998 mol من المركب الأيوني. اكتب صيغة عامة للملح المائي.
27. احسب كتلة ماء التبلور إذا فقد ملح مائي 0.025 mol من الماء عند تسخينه.
28. رتب الأملاح المائية الآتية تصاعدياً بحسب تزايد النسبة المئوية للماء فيها: MgSO₄ · 7H₂O، Ba(OH)₂ · 8H₂O، CoCl₂ · 6H₂O.
29. طبق فسّر كيف يمكن استعمال الملح المائي في الشكل 5-7 بوصفه طريقة تقريبية لتحديد احتمال سقوط المطر؟

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

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

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية
النسبة المولية

المقصود بالحسابات الكيميائية

Defining Stoichiometry

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

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

علاقة المول بالجسيمات Particles and Mole Relationship

هل فوجئت باختفاء اللون الأرجواني لبرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني في أثناء التجربة الاستهلاكية؟ إذا استنتجت أن برمنجنات البوتاسيوم قد استهلك وأن 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 5-8 فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.



الشكل 5-8 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات

الكيميائية Stoichiometry إلى

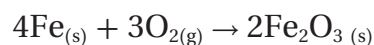
الكلمة اليونانية "Stoichiometry"

المكونة من كلمتين هما:

(Stoikheion) وتعني العنصر،

و (metron) وتعني القياس.

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في الشكل 8-5 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:

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

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

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي: $223.4 \text{ g} + 96.00 \text{ g} = 319.4 \text{ g}$ وبطريقة ماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

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

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناجمة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

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

وكما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص الجدول 2-5 العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

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

العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة				الجدول 2-5
$4\text{Fe}_{(s)}$	+	$3\text{O}_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	$\rightarrow$	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O ₂	$\rightarrow$	2 Formula units
4 mol Fe	+	3 mol O ₂	$\rightarrow$	2 mol Fe ₂ O ₃
223.4 g Fe	+	96.00 g O ₂	$\rightarrow$	319.4 g Fe ₂ O ₃
319.4 g مواد متفاعلة				$\rightarrow$ 319.4 g مواد ناتجة

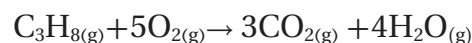


تفسير المعادلات الكيميائية يزودنا احتراق البروبان C_3H_8 بالطاقة اللازمة لتدفئة البيوت، وطهو الطعام، ولحام الأجسام الفلزية. فسر معادلة احتراق البروبان باستخدام عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة، ثم وضح تطبيق قانون حفظ الكتلة.

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

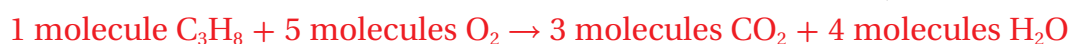
عدد الجزيئات = ؟

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 $\times \frac{\text{الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}} = \text{جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.}$

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

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

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

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

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

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

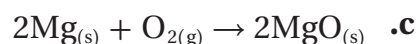
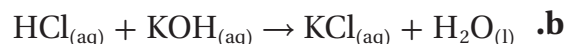
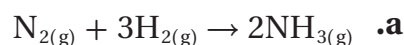
$$204.1 \text{ g} = 204.1 \text{ g} \quad \text{مواد ناتجة = مواد متفاعلة} \quad \text{تطبيق قانون حفظ الكتلة}$$

3 تقويم الإجابة

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



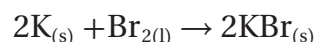
30. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



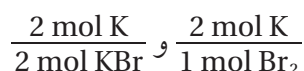
31. تحفيز زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرهما من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذاً بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:



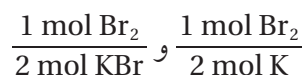
نسبة المولات لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. وتستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاشتقاق عوامل التحويل المسماة النسب المولية. والنسبة المولية نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل الشكل 9-5 تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br_2 لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr. ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضاداً للصرع عند الكلاب والقطط.



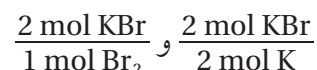
فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءاً بالبوتاسيوم المتفاعل كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخريين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات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



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



وترتبط بصورة مماثلة نسبتي 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 الآخرين.

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

تحدد نسب التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عن الإثرائة



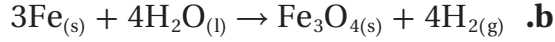
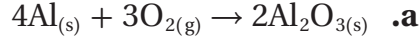
الشكل 5-9 يتفاعل فلز

البوتاسيوم وسائل البروم
بشدة لتكوين المركب الأيوني
بروميد البوتاسيوم.

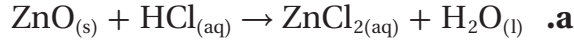


مسائل تدريبية

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



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



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

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

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

التقويم 3-5

الخلاصة

34. الفكرة الرئيسية **قارن** بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في

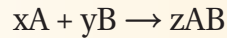
التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

35. حدد عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد

فيه ثلاث مواد.

36. صنف طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

37. طبق المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:



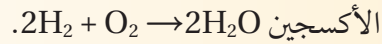
حيث يمثل A و B عنصرين، وتمثل x و y و z المعاملات . حدد

النسب المولية لهذا التفاعل.

38. طبق يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين.

اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.

39. نمذج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز



الأكسجين ارسـم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من

جزيئات الأكسجين، ثم وضح عدد جزيئات الماء المتكوّنة.

تفسّر المعادلة الكيميائية الموزونة على

أساس المولات والكتلة والجسيمات

المثلة (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.

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

حسابات المعادلات الكيميائية

Stoichiometric Calculations

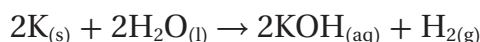
الفكرة الرئيسية يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية متوازنة.

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 متوازنة. وكذلك نحتاج إلى النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية المتوازنة بالإضافة إلى عوامل تحويل الكتلة-المول.

الحسابات الكيميائية: حساب المولات يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في الشكل 5-10، ويمثل التفاعل بالمعادلة الآتية:



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

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

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



الشكل 5-10 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقاً كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

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

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

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

استراتيجية حل المسألة

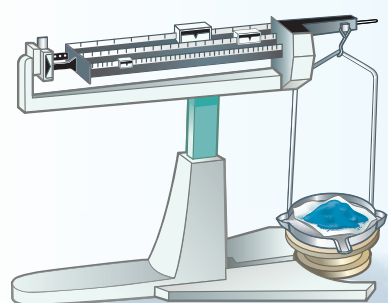
إتقان الحسابات الكيميائية

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

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

تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 5-7، 5-8، 5-9.



الخطوة 4

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

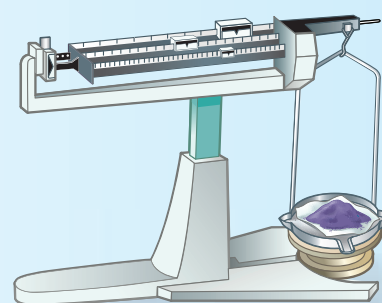


عدد مولات المادة المجهولة

الخطوة 1

ابدأ بمعادلة موزونة، وعبر عن المعادلة باستخدام المولات.

لا يوجد تحويل مباشر



الخطوة 2

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



عدد مولات المادة المعطاة

عدد مولات المجهول
عدد المولات المعطاة

الخطوة 3

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



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

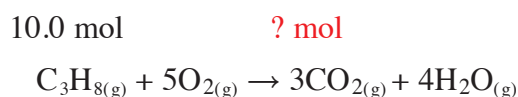
1 تحليل المسألة

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

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 .



$$\frac{3 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_3H_8} = \text{النسبة المولية}$$

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

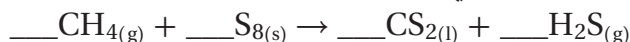
لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30 mol من CO_2 .

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

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



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



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

مثال 5-8

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

1 تحليل المسألة

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

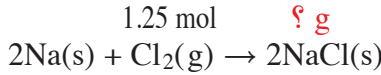
المعطيات

عدد مولات الكلور = 1.25 mol

المطلوب

كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ؟

2 حساب المطلوب



اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

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

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

اضرب عدد مولات Cl₂ في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

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

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

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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



43. تحفيز، يستخدم معدن التيتانيوم -وهو فلز انتقالي- في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم TiCl₄ من ثاني أكسيد التيتانيوم



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

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

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



الحسابات الكيميائية : حساب 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 9-5 كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 9-5

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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

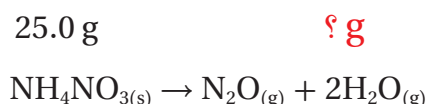
كتلة نترات الأمونيوم $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 25.0 \text{ g}$

المطلوب

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

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.



احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

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

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

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

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

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

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

3 تقويم الإجابة

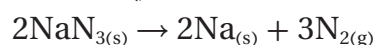
لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية



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

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



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

45. تحفيز عند تشكل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء في الهواء ليشكل حمض الكبريتيك H_2SO_4 . اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل $2.5 \text{ g } \text{SO}_2$ مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟



تجربة

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

5. جهاز حاملاً مع حلقة، ومثلثاً من الصلصال لتسخين الجفنة.
 6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 7 - 8 min بلهب قوي، وسجل ملاحظتك في أثناء التسخين.
 7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطاً لرفع الجفنة عن اللهب.
تحذير: لا تلمس الجفنة الساخنة.
 8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3 .
- ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل صودا الخبز؟
يستخدم صودا الخبز - كربونات الصوديوم الهيدروجينية - في كثير من وصفات الخبز؛ لأنها تسبب انتفاخ العجينة، مما يجعلها خفيفة إسفنجية. وسبب حدوث ذلك هو تحلل كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 بالحرارة، لتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون وفقاً للمعادلة:
- $$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

خطوات العمل

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 NaHCO_3 ، وقس الكتلة الكلية للجفنة وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة NaHCO_3 .
 4. استخدم كتلة NaHCO_3 التي حسبته والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.
- ### تحليل النتائج
1. صف ما لاحظته في أثناء تسخين صودا الخبز.
 2. قارن كتلة Na_2CO_3 التي حسبته بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.
 3. احسب افترض أن كتلة Na_2CO_3 التي حسبته في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة لنواتج 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 4-5

الخلاصة

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

تحديد المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.

تعريف المادة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.

تحسب كتلة الناتج عندما تُعطى كتلاً لأكثر من مادة متفاعلة.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل
المواد الفائضة

المادة المحددة للتفاعل

Limiting Reactants

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

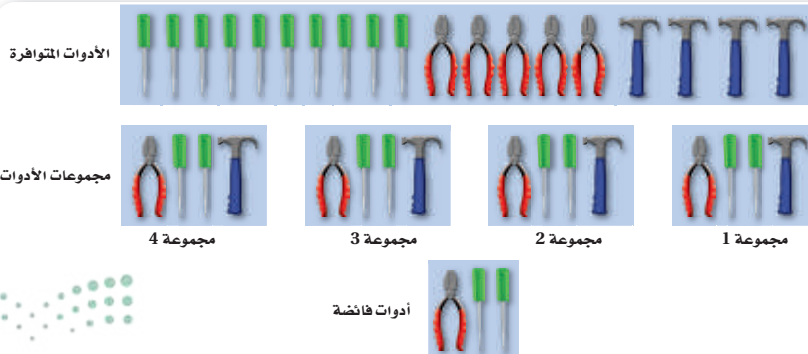
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عددًا من الطلاب سيبقى واقفاً. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشارك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

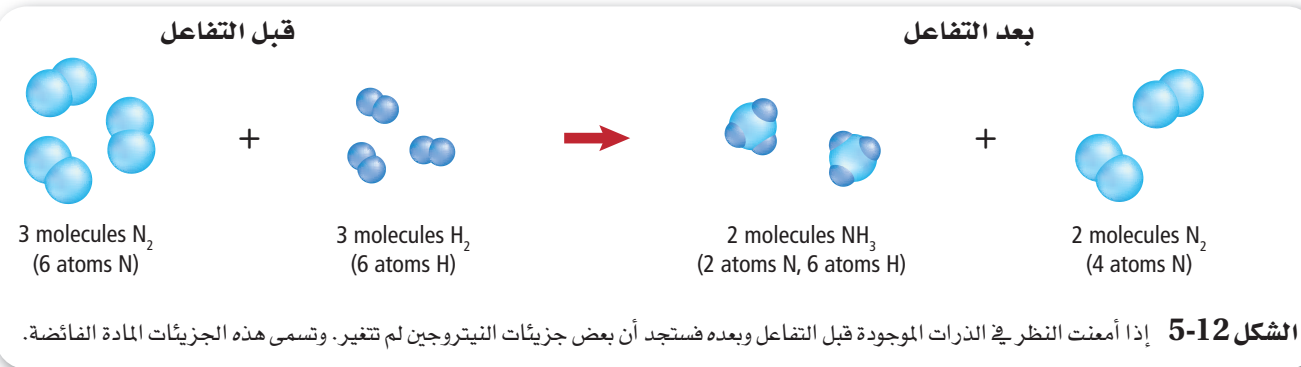
نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعادة ما تكون واحدة أو أكثر من المواد الفائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. 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 يُلاحظ أي تغيير؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برمنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. **والمادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك كليًا في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.**

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل بدون استهلاك. وتُسمى هذه المواد المتبقية **المواد الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر الشكل 5-11. يمكننا بناءً على المواد المتوفرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كاشية ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكماشات والمفكات فائضة.



الشكل 5-11 يجب أن تحتوي كل مجموعة على مطرقة، لذا يمكن تشكيل أربع مجموعات. **فسر** كم مطرقة يتطلب إكمال المجموعة الخامسة؟



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

فلننظر إلى التفاعل في الشكل 5-12 الذي يصف تفاعل ثلاثة جزيئات من النيتروجين N₂ مع ثلاثة جزيئات من الهيدروجين H₂ لتكوين غاز الأمونيا NH₃؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معاً لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في الشكل 5-11.

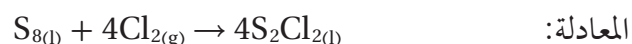
ما عدد جزيئات الأمونيا المتكوّنة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود ستة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاث منها مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجين مادة محددة للتفاعل، في حين يُعد النيتروجين مادة فائضة. لذا من الضروري معرفة المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة؛ لأن كمية المادة الناتجة تعتمد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

✓ **ماذا قرأت؟ توسع** ما عدد جزيئات الهيدروجين التي تلزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في الشكل 5-12؟

حساب الناتج بناءً على المادة المحددة للتفاعل

Calculating the Product when a Reactant is Limiting

كيف يمكنك حساب كمية الناتج عندما تكون إحدى المواد محددة للتفاعل؟ لنأخذ مثالاً على ذلك مركب ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الذي يستخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر الشكل 5-13 كيف تجعل الفلكنة المطاط صالحاً للاستعمالات الكثيرة، حيث يُخضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب



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

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

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 5-13 يكون المطاط الطبيعي ليناً ولزجاً، لذا يعالج بالفلكنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الفلكنة معاً مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الفلكنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها العجلة الظاهرة في الصورة.



مهن في الكيمياء

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

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال

الشائع.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

الكمية الفائضة = كتلة المادة - الكمية التي تفاعلت

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



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

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

b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

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

المعلوم

كتلة الفوسفور = 25.0 g

كتلة الأكسجين = 50.0 g

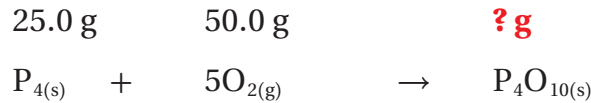
المطلوب

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 لتفاعل مع 1 mol من P_4O_{10} ، فالأكسجين هو المادة الفائضة، ويكون P_4 هو المادة المحددة للتفاعل. لذا تستعمل مولات P_4 لحساب مولات P_4O_{10} الناتجة.

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

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

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

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

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

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.

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

اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

حوّل مولات O_2 الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

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

اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

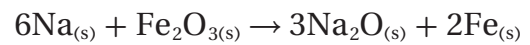
احسب كمية O_2 الفائضة.

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

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

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



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

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

52. تحفيز يستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$ ، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبته ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

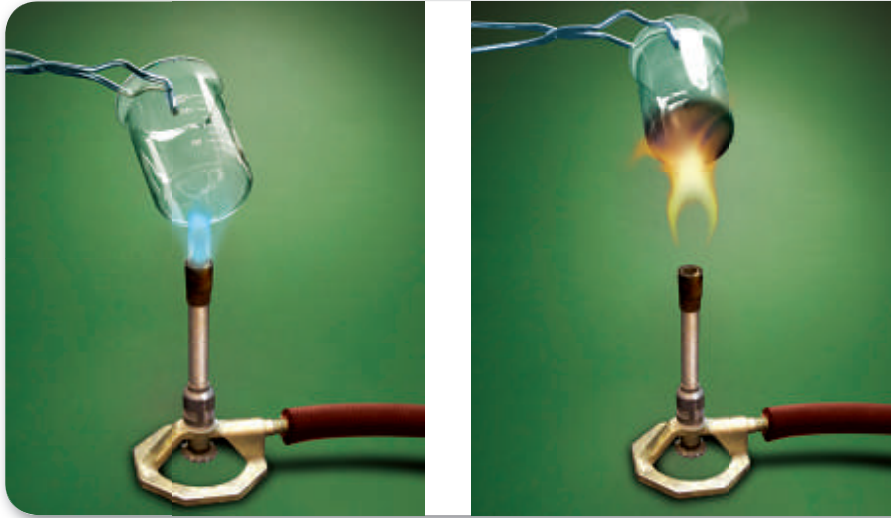
b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.





الشكل 14-5 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 14-5 كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء المزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

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

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

تجربة
عملية

ملاحظة المادة المحددة
للتفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



إساءة استخدام العقاقير
الطبية



التقويم 5-5

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.

53.

الفكرة الرئيسية

صف لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟

54.

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

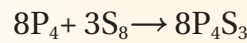
a. احتراق الخشب.

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

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

55.

حلّ استخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.



حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3

b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4 mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المحددة للتفاعل.

c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320 g من P_4S_3





5-6

الأهداف

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

مراجعة المفردات

عملية: سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

المفردات الجديدة

المردود النظري
المردود الفعلي
نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية Percent Yield

الفكرة الرئيسية نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

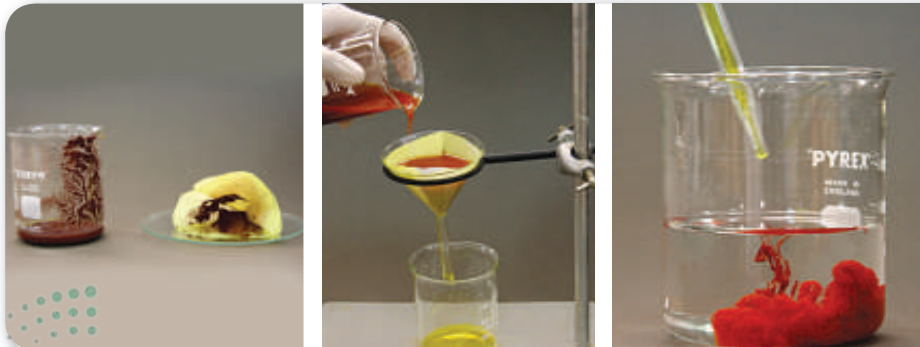
الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعلياً قد لا تحقق هدفاً في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضاً نواتج نظرية وأخرى فعلية.

ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجري في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقاً. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة. ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة- في الحالة السائلة -على سطوح الأوعية أو تبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح الشكل 5-15 قد تترك 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 5-15 تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضاً من المادة المترسبة قد ترك جانباً على ورقة الترشيح، كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

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

نسبة المردود المئوية

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

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

مثال 11-5

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

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

المعطيات

كتلة نترات الفضة = 0.500 g AgNO_3

المردود الفعلي = 0.455 g Ag_2CrO_4

المطلوب

المردود النظري = ؟ g Ag_2CrO_4

المردود المئوي = ؟ % Ag_2CrO_4

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وحدد

المعطيات والمطلوب

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات

AgNO_3 إلى عدد مولات AgNO_3

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات

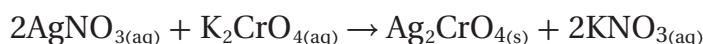
AgNO_3 إلى عدد مولات Ag_2CrO_4

احسب المردود النظري

احسب نسبة المردود المئوية.

0.500 g

؟ g



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

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

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

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

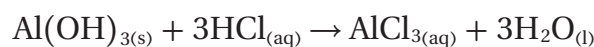


3 تقويم المسألة

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 Ag_2CrO_4 هي ضعف الكتلة المولية لنترات الفضة AgNO_3 تقريباً. ولذلك نسبة عدد مولات نترات الفضة AgNO_3 إلى عدد مولات كرومات الفضة Ag_2CrO_4 في المعادلة هي (2:1). ولذلك يجب أن ينتج 0.500 g من AgNO_3 من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريباً. فالمرودود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المرودود المئوية معقولة.

مسائل تدريبية

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



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

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

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

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

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

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

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

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



مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

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

البيانات والملاحظات

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

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

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

التفكير الناقد

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

نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية

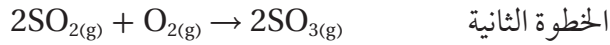
Percent Yield and the Economic Feasibility

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح بالشكل 16-5، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H₂SO₄، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ.

لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك.



إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:



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



الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريباً، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضاً بنسبة عالية إذا 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 تمر خلاله المواد المتفاعلة SO_2 و O_2 فوق عامل محفز عند درجة حرارة (400°C). ولأن التفاعل يصدر مقداراً كبيراً من الحرارة ترتفع درجة الحرارة بالتدريج، وتقل كمية الناتج. ولذلك، عندما تصل درجة الحرارة إلى 600°C تقريباً يتم تبريد المزيج، ومن ثم 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 5-16 الكبريت يتم

استخراج الكبريت من منتجات البترول بواسطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعته تحت الأرض، فيضخ الكبريت السائل إلى السطح.

التقويم 5-6

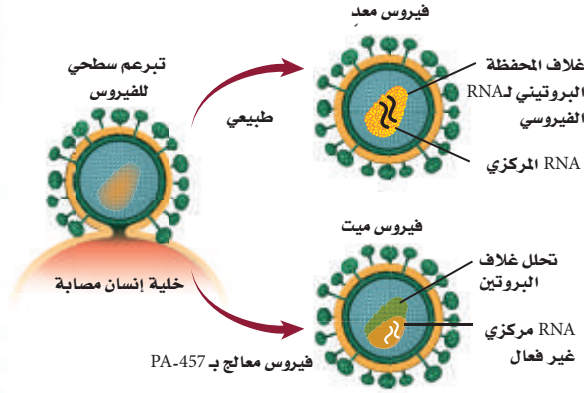
الخلاصة

- المردود النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عملياً من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبراً عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمة في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

59. **الفكرة الرئيسية** حدد أي مما يأتي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟
60. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.
61. وضح كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟
62. طبق إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):
 $2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$
فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟
63. احسب نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين.
 $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

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

مكافحة السلالات المقاومة



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

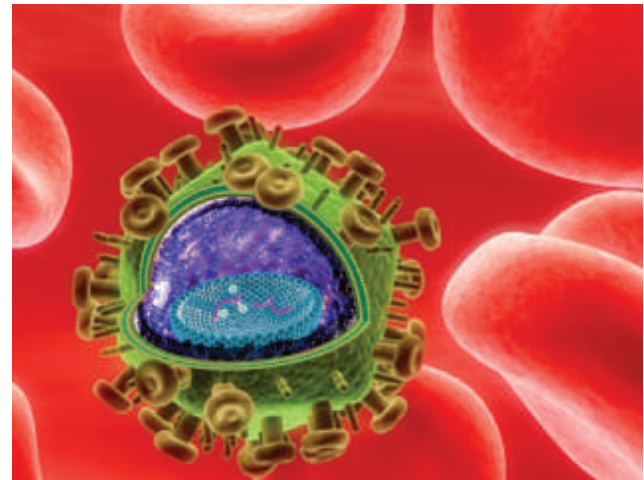
هجوم مفاجئ: يعد هذا الاكتشاف مفاجأة؛ لأنه عكس معظم الأدوية، حيث أن PA-457 يهاجم بناء HIV بدلاً من الإنزيمات التي تساعد HIV على إعادة الإنتاج، كما في الشكل 2، مما يجعل PA-457 واحداً من أوائل سلسلة الأدوية الجديدة لـ HIV المعروفة بمعيقات النضج. إنه العلاج الذي يستطيع منع الفيروس من النضج خلال المراحل الأخيرة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

تقليل سرعة النمو الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أن يهاجم بناء HIV ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم HIV في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجا 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.

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

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

وقد أخضع الباحثون عينات من HIV إلى جرعات قليلة من PA-457، مما يسمح ببقاء بعض الفيروسات حية وتبني مقاومة. ثم تُجمع الفيروسات التي بقيت حية بعد تعرضها لـ PA-457، 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.

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

مختبر الكيمياء 1

تحديد صيغة الأملاح المائية



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

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

المواد والأدوات اللازمة

ميزان	لهب بنزن
ملح $MgSO_4$ المائي (كبريتات الماغنسيوم)	حامل معدني وحلقة
ملعقة	بوتقة ذات غطاء
ولاعة أو علبة كبريت	مثلث خزفي
	ملقط البوتقة



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

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات.
3. أوجد كتلة البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
4. ضع 3 g من $MgSO_4$ المائي في البوتقة، ثم قس كتلتها مع البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
5. دوّن ملاحظاتك حول الملح المائي.
6. ضع المثلث الخزفي فوق حلقة الحامل؛ بحيث يكون فوق لهب بنزن مباشرة، دون أن تشعل اللهب.
7. ضع البوتقة على المثلث بحذر، ثم ضع الغطاء فوقها بحيث يكون مائلاً قليلاً.
8. ابدأ التسخين بلهب خفيف، ثم زد شدة اللهب تدريجياً مدة 10 دقائق ثم أطفئ اللهب.
9. ارفع البوتقة عن اللهب باستعمال الملقط بحذر، وقم برفع الغطاء عنها باستعمال الملقط أيضاً، ودعها تبرد.

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

حلل واستنتج

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

التوسع في الاستقصاء

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



مختبر الكيمياء 2

تحديد النسبة المولية

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

10. كرر الخطوة 9 مرتين.

11. ضع الدورق الذي

يحتوي على النحاس الرطب فوق 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.

حل و استنتج

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

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

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

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

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

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

المواد والأدوات اللازمة

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

احتياطات السلامة

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

خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- قس كتلة كأس سعتها 150 mL نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
- ضع 12 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ في الكأس.
- أضف 50 mL من الماء المقطر إلى $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ في الكأس، وضع الكأس على السخان، ثم حرك المزيج حتى يذوب (لا تدع المزيج يصل إلى درجة الغليان)، ثم ارفع الكأس عن السخان باستخدام الملقط.
- زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
- أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس (II) الساخنة في أثناء التحريك.
- اترك المزيج مدة خمس دقائق.
- استعن بساق التحريك كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 mL، من دون صب فلز النحاس الصلب.

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

5-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسية الصيغة الجزيئية لمركب

ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

المفردات

- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

المفاهيم الرئيسية

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

5-2 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسية الأملاح المائية مركبات

أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات

- الملح المائي

المفاهيم الرئيسية

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

5-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تحدد كمية كل مادة

متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المادة الناتجة.

المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

المفاهيم الرئيسية

- تُفسر 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.



5-4 حسابات المعادلات الكيميائية

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية يتطلب حل

- مسائل الحسابات الكيميائية
- كتابة معادلة كيميائية موزونة.
- 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.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

5-5 المادة المحددة للتفاعل

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية يتوقف التفاعل

- الكيميائي عندما تُستنفذ أيُّ من المواد المتفاعلة تمامًا.
- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستنفذ تمامًا في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.

المفردات

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

5-6 نسبة المردود المئوية

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية نسبة المردود

- 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.

المفردات

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

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



5-2

إتقان المفاهيم

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

إتقان حل المسائل

78. يحتوي الجدول 3-5 على بيانات تجريبية لتحديد صيغة كلوريد الباريوم المائي. أكمل الجدول وحدد صيغته واسمه.

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

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

5-1

إتقان المفاهيم

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

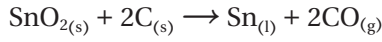
إتقان حل المسائل

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



إتقان حل المسائل

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



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

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

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

92. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول

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

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

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

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

الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة.

فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات

الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟



94. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع

محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي

فلوريد السليكون والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبين كيف

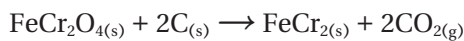
تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

95. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت

FeCr_2O_4 . ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم

من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج

الفيروكروم FeCr_2 .



ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

3-5

إتقان المفاهيم

82. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟

83. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

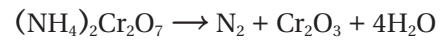
84. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

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

86. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

87. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

88. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.



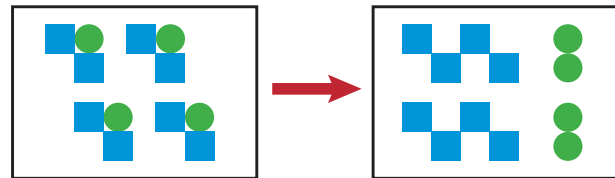
اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

89. يمثل الشكل 5-17 معادلة، وتمثل المربعات العنصر M،

كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل

الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة،

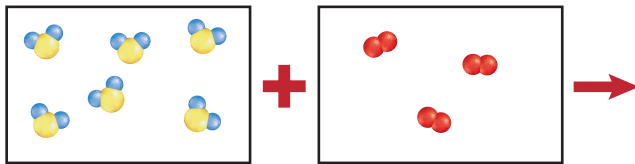
ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 5-17

104. يمثل كل صندوق في الشكل 5-18 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجهما 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 5-18

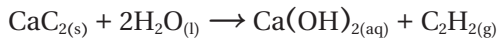
إتقان حل المسائل

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

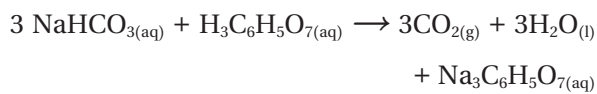


زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من تخمر 750 g من $C_6H_{12}O_6$

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



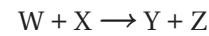
107. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزاً بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم NaHCO_3 وحمض الستريك $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ حسب المعادلات الآتية:



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

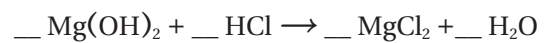
96. تلوث الهواء تتم إزالة الملوّث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات CaSO_4 .

97. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 5-4 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحديد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.



الجدول 5-4 بيانات التفاعل			
عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

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



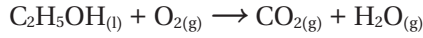
a. زن معادلة التفاعل.
b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات MgCl_2 الناتجة عن هذا التفاعل.

5-4

إتقان المفاهيم

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

113. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

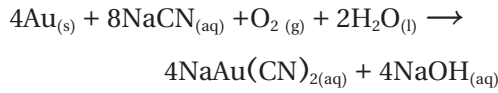


114. بطارية السيارة يُستخدم من بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

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

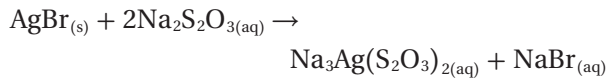
115. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.



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

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

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



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

108. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. 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 CO_2 .

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

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

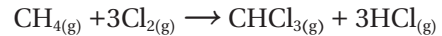
b. حدد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

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

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

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

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



ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g CHCl_3 ؟

112. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم 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 5-5.

الجدول 5-5 بيانات إنتاج الأكسجين

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



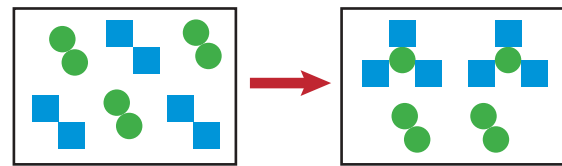
5-5

إتقان المفاهيم

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

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

119. تمثل المربعات في الشكل 5-19 العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 5-19

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

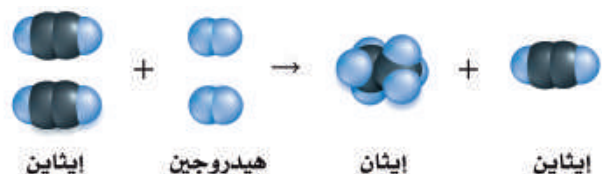
b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وتمثل كل دائرة 1mol N، فما عدد مولات كل من M و N التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

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

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

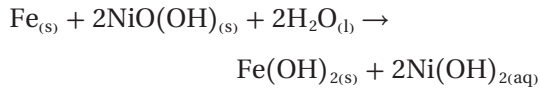
إتقان حل المسائل

120. يوضح الشكل 5-20 التفاعل بين الإيثانين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المحددة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



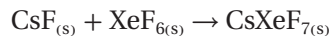
الشكل 5-20

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

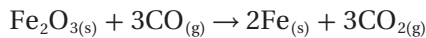


ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8.0 mol $NiO(OH)$ ؟

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

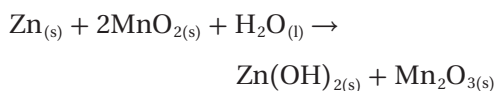


123. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجارياً من تفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد، بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe_2O_3 مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟



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

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



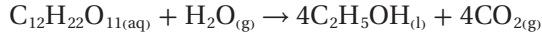
a. ما المادة المحددة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع 30.0 g MnO_2 ؟

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



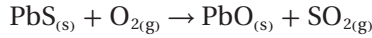
إتقان حل المسائل

134. 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.

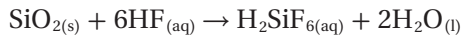
135. يستخلص أكسيد الرصاص (II) بتحميمص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص (II)، في الهواء.



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

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

136. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة الآتية:



إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتاج 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؟

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

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

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

126. يتفاعل الليثيوم تلقائيًا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم، اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

a. المادة المُحددة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

5-6

إتقان المفاهيم

127. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

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

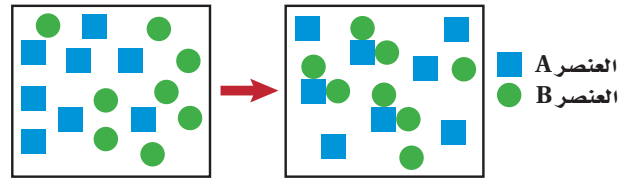
129. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

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

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

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

133. تفحص التفاعل الظاهر في الشكل 5-21. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 5-21



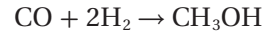
مراجعة عامة

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

التفكير الناقد

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

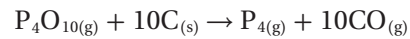
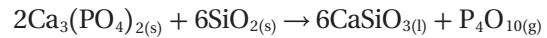
138. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل الجدول 5-6، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 5-6 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

139. الفوسفور P_4 يُحضر تجارياً بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ والرمل SiO_2 ، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:



يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ و 400.0 g من SiO_2 معاً، و حدد نسبة المردود المئوية لـ P_4 ، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g).

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



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

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

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

مسألة تحفيز

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

a. فما الكتلة الذرية لكل من X و Y؟

b. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبين.

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

a. حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسجين.

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

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

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

156. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر الآتية:

a. الفلور c. الألومنيوم

b. التيتانيوم d. الرادون

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

158. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

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

149. طبق أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المحددة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$ وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في الجدول 5-7 على النحو الآتي:

جدول 5-7 بيانات تفاعل Na_3PO_4 مع $Co(NO_3)_2$				
التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4
1	5.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

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

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

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

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

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

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

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

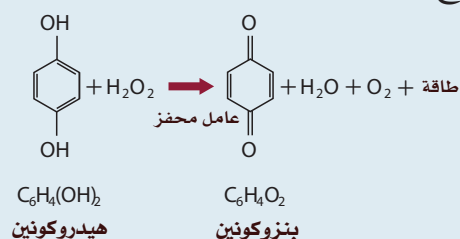
أسئلة المستندات

162. يشتمل الجدول 5-8 على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3, 164, 445 L من الأكسجين، والهيدروجين، وأحادي ميثيل الهيدرازين (الكتلة المولية = 46.07g/mol)، ورابع أكسيد ثنائي النيتروجين (الكتلة المولية = 92.00g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (233 Kg, 727). أكمل الجدول بحساب عدد المولات، والكتلة بالكيلوجرام، وعدد الجزيئات.

الجدول 5-8 بيانات وقود مكوك فضائي

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

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H₂O₂ والهيدروكينون C₆H₄(OH)₂. وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلاً كيميائياً طارداً للحرارة ورذاذاً كيميائياً ساخناً مهيجاً لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة. ويوضح الشكل 5-22 المعادلة الكيميائية غير المتوازنة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 5-22

163. زن المعادلة الظاهرة في الشكل 5-22. وإذا كانت خنفساء تحتزن 100 mg من الهيدروكينون مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأَي المادتين محدّدة للتفاعل؟

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

165. كم mg ينتج من البنزوكينون؟

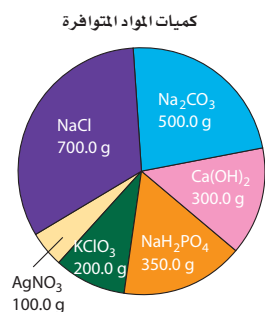


اختبار مقنن

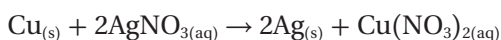
5. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

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

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.



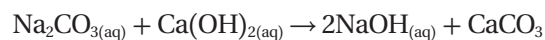
6. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع 100.0 g AgNO₃ تمامًا؟

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

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

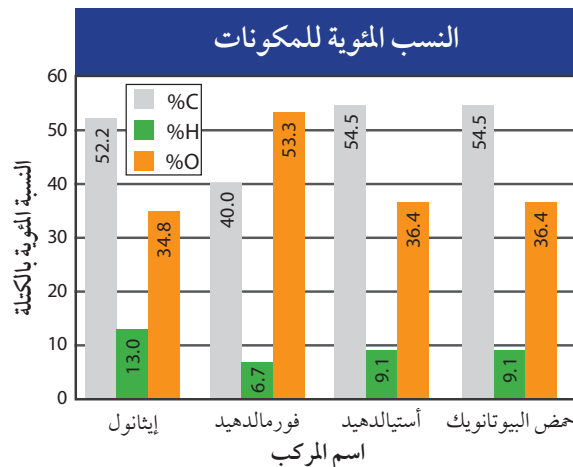


ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة.

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

أسئلة الاختيار من متعدد

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



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

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

2. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟

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

3. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها.

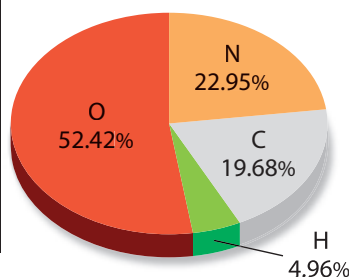
فكم جرامًا يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

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

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 4.

4. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

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



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

a. N_2O_4

b. N_2O_3

c. N_2O

d. N_2O_5

12. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت Co_2TiO_4 III الموجودة

في 7.13 g من المركب؟

a. $2.39 \times 10^1 \text{ mol}$

b. $3.10 \times 10^{-2} \text{ mol}$

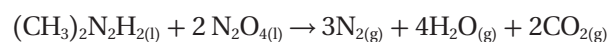
c. $3.22 \times 10^1 \text{ mol}$

d. $4.17 \times 10^{-2} \text{ mol}$

e. $2.28 \times 10^{-2} \text{ mol}$

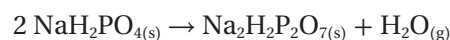
أسئلة الإجابات القصيرة

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



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

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



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

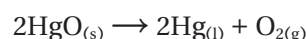
a. 0.000g

b. 130.0 g

c. 94.00 g

d. 480.0 g

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



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

a. 13.2%

b. 56.6%

c. 42.5%

d. 86.8%

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و 11.

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

10. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب N_2O_3 ؟

a. 44.75%

b. 46.7%

c. 28.1%

d. 36.8%



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

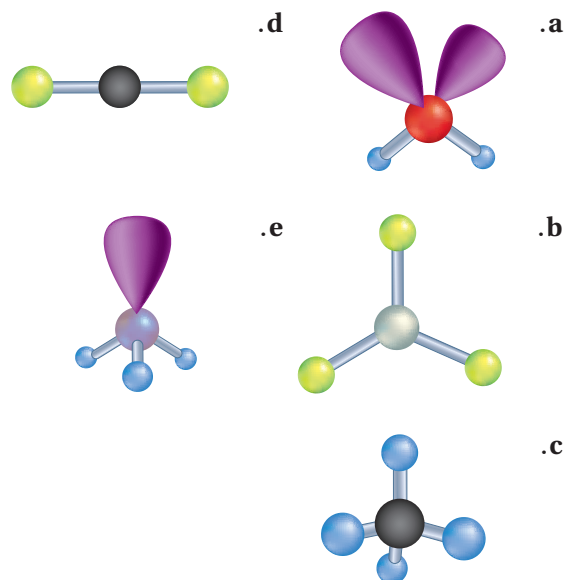
استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 19 و 20.

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

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

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

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 14 إلى 18.



14. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

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

16. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

17. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

18. أي الأشكال يمثل جزيئاً فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2 ؟



حالات المادة States of Matter

6

الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

6-1 الغازات

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًا دائمة الحركة.

6-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية تحدّد القوى بين الجزيئات ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية، حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسية لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

6-4 تغيرات الحالة الفيزيائية

الفكرة الرئيسية تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

حقائق كيميائية

- يحتوي مقياس اليود للحرارة على عدة جرامات من اليود داخل كرة محكمة الإغلاق.
- عندما ترتفع درجة حرارة الجو يتحوّل اليود مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.
- كلما ارتفعت درجة الحرارة أصبح اللون البنفسجي داكنًا أكثر.

بارد في المساء

ساخن في النهار

مقياس اليود للحرارة

نشاطات تمهيدية

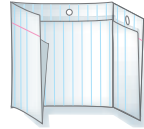
حالات المادة اعمل المطوية
الآتية لتساعدك على تلخيص
المعلومات عن حالات المادة
الثلاث.

المطويات

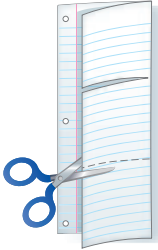
منظمات الأفكار



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



خطوة 2 اطو الورقة لتشكّل
ثلاثة أجزاء متساوية.



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

خطوة 4 سمّ الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي:
غازية، سائلة، صلبة.



استخدم هذه المطوية في القسمين 1-6
3-6، ولخص المعلومات عن حالات المادة الثلاث
كلًا منها تحت العنوان المناسب لها في أثناء قراءتك
لهذين القسمين.

تجربة استهلاكية

كيف تؤثر السوائل المختلفة في سرعة كرة تتحرك
فيها؟

تختلف السوائل في خواصها الفيزيائية؛ من حيث اللون
والكثافة وسرعة الانسياب وغيرها. فمثلاً عصير
المشمش، والعسل، وبعض الزيوت تتميز بأنها سوائل
ثقيلة؛ إذ لا تنساب بسهولة مقارنة بالماء.

خطوات العمل



1. اقرأ تعليمات السلامة في
المختبر.

2. املاً مخبرًا مدرّجًا بـ 100 mL
من الماء.

3. ثبت بمساعدة زميلك مسطرة

رأسياً إزاء المخبر، ثم أسقط كرة زجاجية صغيرة
(أو أي جسم كروي صغير) من النقطة المحددة على
المسطرة فوق سطح الماء. استعن بساعة الإيقاف
لحساب الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى
قاع المخبر. سجل هذا الزمن في جدول البيانات.

4. كرّر الخطوتين 2 و3 مرتين لحساب متوسط الزمن
الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى القاع.

5. كرّر الخطوات السابقة باستخدام سوائل مختلفة، مثل
زيت الطعام.

التحليل

1. قارن بين متوسط زمن سقوط الكرة في السائلين.

2. استنتج العلاقة بين الزمن الذي سجلته في كل مرة،
وبين مدى انسيابية السائل في أثناء سكه.

استقصاء كيف تؤثر درجة حرارة السائل في سرعة الكرة
المتحركة فيه؟ كوّن فرضية، ثم صمّم تجربة للتحقق من
فرضيتك.





6-1

الأهداف

- تستخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
- تصف تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق.
- توضح كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزيئي له.

الغازات Gases

الفكرة الرئيسية

تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكوّن من جسيمات صغيرة جداً دائمة الحركة.

الربط مع الحياة إذا نمت على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك شعرت بالدفع والراحة عندما استخدمت المرتبة التي اكتسبت خصائصها من خصائص جسيمات الهواء التي ضُغِطت في داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic-Molecular Theory

لقد تعلمت سابقاً أن تركيب المادة (نوع الذرات المكونة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان الخصائص الكيميائية للمادة، كما أنها يؤثران في خصائصها الفيزيائية أيضاً. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزئبق، كما هو موضح في الشكل 6-1. وعلى النقيض من ذلك تبدي المواد التي تكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها. فلماذا توجد اختلافات يسيرة بين سلوك الغازات؟ ولماذا تختلف الخصائص الفيزيائية للغازات عن خصائص المواد السائلة والصلبة؟

لقد عرف العلماء مع بداية القرن الثامن عشر كيف يمكن جمع النواتج الغازية عن طريق إحلالها محل الماء، ولكنهم يستطيعون الآن مراقبة كل غاز، وقياس خصائصه على حدة. اقترح الكيميائيان بولتزمان و ماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م - كل منهما على حدة - نموذجاً لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها التي اختبرها بولتزمان و ماكسويل تتكون من جسيمات؛ حيث للأجسام المتحركة طاقة تسمى طاقة حركية. وتصف **نظرية الحركة الجزيئية** سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات حول حجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية؛ الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط
- الضغط الجوي
- البارومتر
- المانومتر
- باسكال
- قانون دالتون للضغوط الجزئية



زئبق



جرافيت



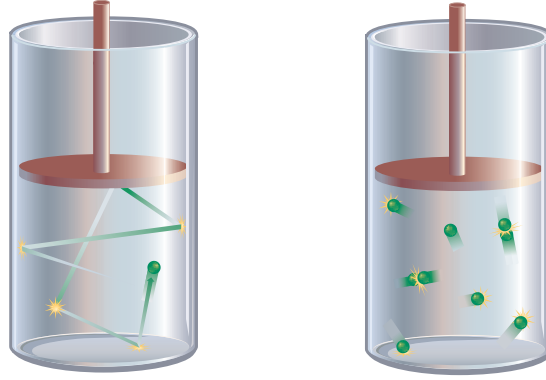
ذهب

الشكل 6-1 يمكن

التمييز بين بعض المواد بمجرد النظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

الشكل 6-2 تنتقل الطاقة الحركية بين جسيمات الغاز في أثناء التصادم المرن فيما بينها.

فسّر الأثر الذي تحدثه جسيمات الغاز بعضها في بعض بفعل التصادمات، وماذا يحدث للجسيمات بعد هذه التصادمات؟



حجم الجسيمات تتكون الغازات من جسيمات ذات أحجام صغيرة جداً مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها. **حركة الجسيمات** إنّ حركة جسيمات الغاز مستمرة وعشوائية، وتحرك في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، كما يبين الشكل 6-2. وتعد التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة. وفي **التصادم المرن** لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

طاقة الجسيمات ينتج عن حركة الجسيمات طاقة حركية يحددها عاملان هما: كتلة الجسيم، وسرعته. ويمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم بالعلاقة الآتية:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث: KE = الطاقة الحركية، m = كتلة الجسيم، v = سرعة الجسيم المتجهة. نجد أن جسيمات عينة من غاز ما لها الكتلة نفسها، إلا أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك تختلف كمية الطاقة الحركية لها. ولذا تستخدم **درجة الحرارة** مقياساً لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة.

تفسير سلوك الغازات Explaining the Behavior of Gases

تساعد نظرية الحركة الجزيئية على تفسير سلوك الغازات؛ إذ تسمح حركة الجسيمات الدائمة مثلاً للغاز أن يتمدد حتى يملأ الوعاء الموجود فيه تماماً، كما يحدث عند ملء كرة بالهواء، أو عند نفخ بالون بالهواء، حيث تنتشر جسيمات الغاز، وتوزع لثملأ الوعاء كله.

كثافة منخفضة نذكر أن الكثافة هي كتلة الجسم في وحدة الحجم، وأن كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 20°C تساوي $(2.95 \times 10^{-3} \text{ g/mL})$ ، وكثافة الذهب الصلب تساوي (19.3 g/mL) . لذا فإن كثافة الذهب تزيد على كثافة الكلور 6500 مرة تقريباً. ولا يعود هذا الفرق الكبير بين الكثافتين إلى الاختلاف بين كتلة ذرات الذهب وجسيمات الكلور فقط، بل على وجود فراغ كبير بين جسيمات الغاز أيضاً، لذلك يكون عدد جسيمات الكلور أقل من عدد ذرات الذهب في الحجم نفسه كما تنص على ذلك نظرية الحركة الجزيئية.

المفردات

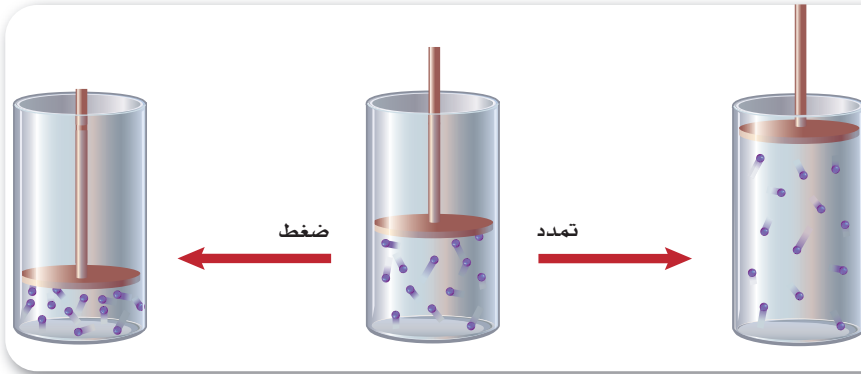
أصل الكلمة

غاز/ (Gas)

يأتي أصلها من الكلمة اللاتينية

chaos، ومعناها فراغ.





الشكل 3-6 إن تمدد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.

اربط بين التغير في حجم الغاز وكثافة جسيماته في كل أسطوانة.

الانضغاط والتمدد إذا عصرت وسادة من البولسترين بالضغط عليها فإن حجمها يقل؛ وذلك لأن المسافة بين الجزيئات كبيرة جداً، فعند الضغط تبدأ الجزيئات بالتقارب، وبالتالي يقل الحجم، وعند التوقف عن الضغط وبفعل الحركة السريعة والعشوائية للجزيئات فإنها تتباعد بعضها عن بعض، وتزداد المسافات وتعود إلى وضعها الأصلي. ويوضح الشكل 3-6 ما يحدث لكثافة الغاز الموجود في وعاء في أثناء انضغاطه وتمدده.

الانتشار والتدفق وفقاً لنظرية الحركة الجزيئية، ونظراً لأن المسافة كبيرة بين الجزيئات، فإن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز تكاد تكون منعدمة. ولهذا تنتشر هذه الجسيمات بسهولة، ويكون المكان الذي ينتشر فيه الغاز في كثير من الأحيان مشغولاً بغاز آخر، وتتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغازات باختلاط بعضها ببعض، حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساوياً.

يصف **الانتشار** حركة تداخل المواد معاً، وقد يكون هذا المصطلح حديثاً، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيهِ في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عال (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي المنزل).

أما التدفق فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير. فما الذي يحدث مثلاً عند ثقب إطار سيارة أو بالون؟ قام توماس جراهام في عام 1846م بإجراء تجربة لقياس معدل سرعة تدفق غازات مختلفة عند درجة الحرارة نفسها، وقد صمم تجربته بحيث تتدفق الغازات إلى مكان لا توجد فيه مادة. وقد اكتشف وجود علاقة عكسية بين معدل سرعة التدفق والكتلة المولية للغاز.

قانون جراهام للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

قانون جراهام:

$$\text{معدل التدفق} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{الكتلة المولية}}}$$

يتناسب معدل انتشار أو تدفق الغاز عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية له.

تعتمد سرعة الانتشار بالدرجة الأولى على كتلة الجسيمات؛ حيث تنتشر الجسيمات الخفيفة أسرع من الثقيلة. ويمكن وصف متوسط الطاقة الحركية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها بالمعادلة $KE = \frac{1}{2} mv^2$. ومع ذلك فإن كتلة جسيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. وحتى يكون للجسيمات الخفيفة متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الثقيلة لا بد أن يكون نفس متوسط سرعاتها المتجهة أكبر. وينطبق قانون جراهام أيضاً على معدل سرعة الانتشار، وهذا منطقي؛ إذ تنتشر الجسيمات الثقيلة أبطأ من الجسيمات الخفيفة عند درجة الحرارة نفسها. يمكنك باستخدام قانون جراهام كتابة نسبة رياضية للمقارنة بين معدل انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

✓ **ماذا قرأت؟** وضع لماذا يعتمد معدل الانتشار على كتلة الجسيمات؟

مثال 1-6

قانون جراهام إذا كانت الكتلة المولية للأمونيا هي 17.0 g/mol والكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين هي 36.5 g/mol ، فاحسب نسبة معدل انتشارهما.

1 تحليل المسألة المعطيات هي الكتل المولية لكل من الأمونيا وكلوريد الهيدروجين. ولإيجاد نسبة معدل انتشارهما استخدم معادلة قانون جراهام للتدفق.

المعطيات

المطلوب

الكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين 36.5 g/mol HCl **نسبة معدل الانتشار = ؟**
الكتلة المولية للأمونيا $17.0 \text{ g/mol} = \text{NH}_3$

2 حساب المطلوب

اكتب نص النسبة المشتق من قانون جراهام

$$\frac{\text{معدل انتشار NH}_3}{\text{معدل انتشار HCl}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ HCl}}{\text{الكتلة المولية لـ NH}_3}}$$

عوّض عن الكتلة المولية لحمض

$36.5 \text{ g/mol} = \text{HCl}$

والكتلة المولية لـ $17.0 \text{ g/mol} = \text{NH}_3$

$$1.47 = \sqrt{\frac{36.5 \text{ g/mol}}{17.0 \text{ g/mol}}}$$

نسبة معدل الانتشار = 1.47

3 تقويم الإجابة

إن النسبة التقريبية 1.5 منطقية؛ حيث إن كتلة الأمونيا هي نصف كتلة كلوريد الهيدروجين. كما أن قيم الكتل المولية تحتوي على ثلاثة أرقام معنوية، وكذلك الإجابة. لاحظ أن وحدات القياس قد ألغيت بعضها بعضاً. وتكتب الإجابة في صورة صحيحة دون أي وحدة قياس.

مسائل تدريبية

- احسب نسبة معدل التدفق لكل من النيتروجين N_2 والنيون Ne .
- احسب نسبة معدل الانتشار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
- تحفيز ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol/min ؟





قوة كبيرة على وحدة المساحة



قوة صغيرة على وحدة المساحة

الشكل 4-6 لأن العلاقة عكسية

بين الضغط والمساحة، فإن الأحذية ذات الكعب العالي تعمل على زيادة الضغط الواقع على السطح؛ لأن مساحة الكعب الملاصقة للأرض صغيرة، بينما تتوزع قوة الضغط في الأحذية ذات النعل المسطح على مساحة أكبر.

استنتاج الموقع الذي يكون فيه الضغط أكبر ما يمكن بين الأرض والحذاء ذي الكعب العالي.

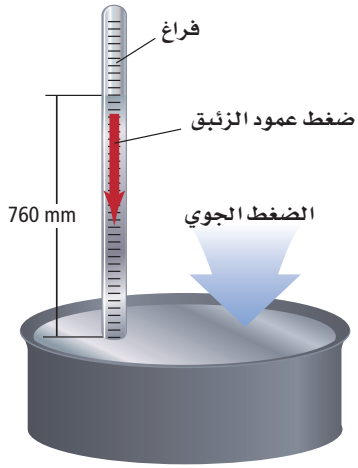
ضغط الغاز Gas Pressure

هل سبق أن شاهدت شخصًا يحاول المشي على الثلج أو الوحل أو على الأسفلت الساخن وهو ينتعل حذاءً له كعب عالٍ؟ من المحتمل أن تكون قد لاحظت غوص الكعب العالي في تلك السطوح اللينة. يوضح الشكل 4-6 سبب غوص قدم من ينتعل كعبًا عاليًا، بينما لا يكون الأمر كذلك لمن ينتعل نعلًا مسطحًا. وفي كلتا الحالتين يعتمد تأثير القوة الضاغطة على السطح اللين في كلتا الحالتين على كتلة الشخص؛ حيث تتوزع القوة الضاغطة على مساحة كبيرة في حالة انتعال حذاء مسطح النعل. ويعرف **الضغط** بأنه القوة الواقعة على وحدة المساحة. ولذلك يكون الضغط الواقع من الحذاء المسطح النعل على السطوح اللينة أقل من ضغط الحذاء ذي الكعب العالي.

تبدل جسيمات الغاز ضغطًا عندما تصطدم بجدران الوعاء المحصورة فيه. ولأن كتلة جسيم الغاز صغيرة فإن الضغط الذي تبدله هذه الكتلة صغير أيضًا. وعلى أي حال فإن الوعاء الذي سعته لتر يمكن أن يستوعب 10^{22} من جسيمات الغاز. وبهذا العدد من الجسيمات المحصورة معًا داخل الوعاء يكون الضغط الناشئ عن اصطدامها بالجدران كبيرًا.

ضغط الهواء يحيط بالكرة الأرضية طبقة الغلاف الجوي التي تمتد مئات الكيلومترات نحو الفضاء. ولما كانت جسيمات الهواء تتحرك في كل اتجاه فإنها تبدل ضغطًا في كل الاتجاهات، وهو ما يعرف **بالضغط الجوي** أو ضغط الهواء. ويتفاوت هذا الضغط من مكان إلى آخر فوق سطح الأرض. ولأن تأثير الجاذبية في سطح الأرض كبير فإن جسيمات الهواء تكون كثيرة وقريبة من سطح الأرض، بينما تقل كلما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل، فيسبب ضغطًا أقل من ضغط الأماكن المنخفضة، حيث يكون تركيز جسيمات الهواء فيها أكبر. ولذلك فإن ضغط الهواء في الأماكن المرتفعة أقل مما هو عند مستوى سطح البحر. ويبلغ الضغط الجوي عند سطح البحر كيلوجرامًا لكل سنتيمتر مربع تقريبًا.

الشكل 5-6 كان تورشلي أول من صمم جهازاً يبين أن للغلاف الجوي ضغطاً.

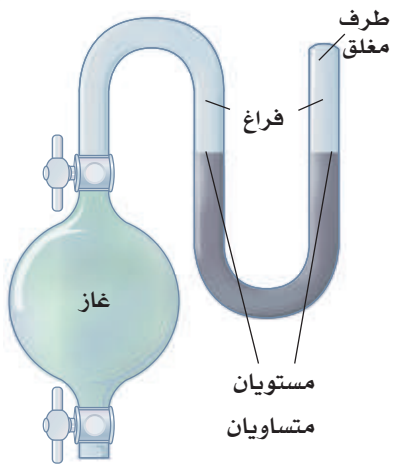


قياس الضغط الجوي لقد كان عالم الفيزياء الإيطالي تورشلي (1608-1647م) أول من أثبت وجود ضغط للهواء؛ فقد لاحظ أن مضخة الماء لا يمكنها أن تضخ الماء إلى ارتفاع يتجاوز عشرة أمتار. وقد افترض أن ارتفاع السائل في أنبوب يختلف باختلاف كثافته. ولاختبار هذه الفرضية صمم تورشلي جهازاً، كما هو موضح في الشكل 5-6، حيث ملأ أنبوباً زجاجياً رفيعاً مغلقاً من أحد طرفيه بالزئبق، وأغلق الطرف المفتوح بإبهامه لكيلا يسمح للهواء بالدخول، ثم نكس الأنبوب فوق حوض مملوء بالزئبق، ولاحظ انخفاض عمود الزئبق في الأنبوب 76 cm تقريباً. وهذا يؤيد فرضية تورشلي؛ لأن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء أربع عشرة مرة تقريباً، وبناءً على تجربة تورشلي يعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الزئبق طوله 76cm.

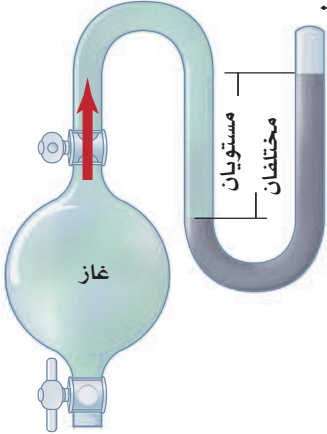
البارومتر يدعى الجهاز الذي صممه تورشلي **البارومتر**، وهو أداة تستخدم لقياس الضغط الجوي. وكما أوضح تورشلي، فإن ارتفاع مستوى الزئبق في البارومتر عند سطح البحر يساوي 760 mm تقريباً. ويحدد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهما الجاذبية الأرضية المؤثرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أسفل، والأخرى القوة المعارضة للجاذبية، واتجاهها إلى أعلى، وتكون بفعل الهواء الضاغط على سطح الزئبق إلى أسفل. ويتغير ضغط الهواء بتغير درجة حرارة ورطوبة الجو.

المانومتر أداة تستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور، ويتكون من دورق متصل بأنبوب على شكل U مملوء بالزئبق، كما هو موضح في الشكل 6-6. وعند فتح الصمام الفاصل بين الدورق والأنبوب تنتشر جسيمات الغاز من الدورق إلى الأنبوب، وتعمل الجسيمات المتدفقة على دفع الزئبق إلى أسفل الأنبوب. ويتم إيجاد ضغط الغاز في الدورق عن طريق حساب الفرق في ارتفاع مستوى الزئبق في طرفي الأنبوب.

وحدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط هي باسكال (Pa) نسبة إلى العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي باسكال (1623-1962م). وقد اشتقت وحدة باسكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة **باسكال** مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط. فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرطال لكل بوصة مربعة (psi)، ويسجل الضغط المقيس باستخدام البارومترات أو المانومترات بالملمترات الزئبقية (mmHg). وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).



يكون مستوى ارتفاع الزئبق هو نفسه في طرفي الأنبوب قبل دخول الغاز.



يصبح مستوي ارتفاع الزئبق غير متساويين في طرفي الأنبوب عند دخول الغاز.

الشكل 6-6 المانومتر جهاز يقيس ضغط الغاز المحصور.

ويصل متوسط ضغط الهواء عند سطح البحر وعند درجة حرارة 0°C إلى (101.3 kPa) . ويسجل ضغط الهواء في العادة بوحدة قياس تعرف بالضغط الجوي (atm)، حيث يساوي 760 mm Hg أو 760 torr أو 101.3 kPa . ويقارن الجدول 1-6 بين وحدات القياس المختلفة للضغط.

الجدول 1-6 مقارنة بين وحدات قياس الضغط		
الوحدة	العدد المساوي لـ 1 atm	العدد المساوي لـ 1 kPa
كيلو باسكال (kPa)	101.3 kPa	—
الضغط الجوي (atm)	—	0.009869 atm
مليمترات زئبق (mm Hg)	760 mm Hg	7.501 mm Hg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل/بوصة مربعة (psi or lb/in ²)	14.7 psi	0.145 psi
بار (bar)	1.01 bar	100 kPa

مختبر تحليل البيانات

عمل الرسوم البيانية واستخدامها.

ما العلاقة بين عمق الغطس وارتفاع مستوى الماء عن سطح البحر؟

يغوص معظم الغطاسين في مواقع تقع عند مستوى سطح البحر أو قريبة منه، إلا أن الغطاسين في ساسكاتشوان وألبرتا وكولومبيا البريطانية (كندا) وكذلك في المناطق الشمالية الغربية من الولايات المتحدة يغوصون في مناطق مرتفعة عن مستوى سطح البحر.

التفكير الناقد

1. قارن استخدم البيانات الواردة في الجدول لعمل رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع.
2. احسب عمق غطسك الحقيقي إذا كان مقياس العمق يشير إلى 18 m ولكنك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علماً بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟

3. حلّ تستخدم جداول الغطس لتحديد زمن الأمان للغطاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. فما أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

البيانات والمشاهدات

يبين الجدول الآتي معامل تصحيح مقياس الضغط للغطس في مناطق مرتفعة عن سطح البحر.

معامل تصحيح الغطس		
الارتفاع (m)	الضغط الجوي (atm)	معامل تصحيح مقياس الضغط (m)
0	1.000	0.0
600	0.930	0.7
1200	0.864	1.4
1800	0.801	2.0
2400	0.743	2.7
3000	0.688	3.2

* أخذت البيانات من Swatzky D 2000. الغوص على المرتفعات، الجزء الأول. مجلة الغطاس يونيو 2000.



قانون دالتون للضغوط الجزئية وجد دالتون Dalton في أثناء دراسته لخصائص الغازات أن لكل غاز في خليط من الغازات ضغطاً خاصاً به. ويوضح الشكل 6-7 قانون دالتون للضغوط الجزئية، وينص على أن الضغط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له. وتعرف نسبة ضغط كل غاز من الضغط الكلي بالضغط الجزئي للغاز. ويعتمد الضغط الجزئي للغاز على عدد مولاته، وحجم الوعاء، ودرجة حرارة خليط الغازات، ولكنه لا يعتمد على نوع الغاز. ويكون الضغط الجزئي لمول واحد من أي غاز عند درجة حرارة وضغط معينين هو نفسه. ويلخص قانون دالتون بالمعادلة الموضحة أدناه:

قانون دالتون للضغوط الجزئية للغازات

P_{total} تمثل مجموع الضغوط (الضغط الكلي)

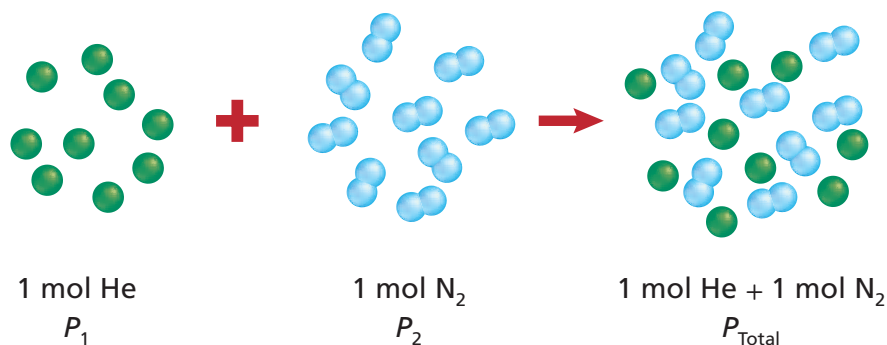
$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

P_1 و P_2 و P_3 تمثل الضغوط الجزئية للغازات وحتى

الضغط الجزئي لآخر غاز في الخليط P_n

لحساب الضغط الكلي لخليط الغازات أضف الضغوط الجزئية إلى كل الغازات معاً.

انظر إلى الشكل 6-7. ماذا يحدث عند وضع 1 mol من الهيليوم مع 1 mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ لأنه لم يحدث تغيير في حجم كل من الغازين وعدد جسيماتها فإن الضغط الكلي يكون مساوياً لمجموع الضغط الجزئي لكل منهما.



الشكل 6-7 عند خلط الغازات، يكون الضغط الكلي للخليط مساوياً لمجموع الضغوط الجزئية للغازات في الخليط.

حدد كيف تقارن بين الضغوط الجزئية لغازي النيتروجين والهيليوم لكمية 1 mol من كل منهما تم ضغطها داخل وعاء مغلق؟

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوناً من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنتروجين N_2 يساوي 0.97 atm، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علماً بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.70 atm وللنتروجين (0.12 atm).

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي للغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية.

المطلوب
 $P_{O_2} = ? \text{ atm}$

المعطيات
 $P_{N_2} = 0.12 \text{ atm}$
 $P_{CO_2} = 0.70 \text{ atm}$
 $P_{\text{total}} = 0.97 \text{ atm}$

2 حساب المطلوب

$$P_{\text{total}} = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2}$$

$$P_{O_2} = P_{\text{total}} - P_{CO_2} - P_{N_2}$$

$$P_{O_2} = 0.97 \text{ atm} - 0.70 \text{ atm} - 0.12 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 0.15 \text{ atm}$$

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

حل لإيجاد P_{O_2}

عوّض بقيم الضغوط الجزئية $P_{N_2} = 0.12 \text{ atm}$ ، P_{CO_2}

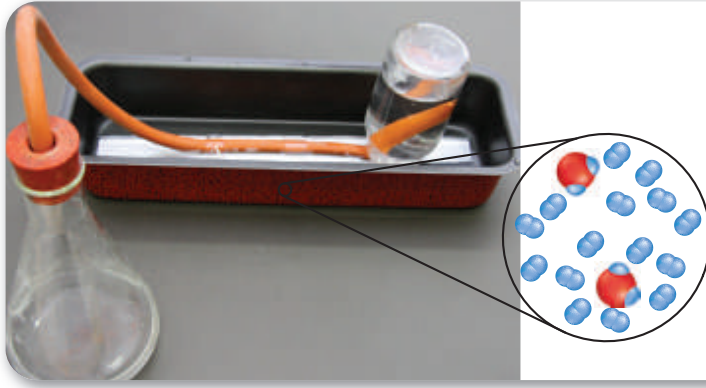
$$P_{\text{total}} = 0.97 \text{ atm}, P_{CO_2} = 0.70 \text{ atm}$$

3 تقويم الإجابة عند إضافة القيمة المحسوبة للضغط الجزئي للأكسجين إلى بقية الضغوط الجزئية يكون الناتج مساوياً للضغط الكلي وهو (0.97) atm.

مسائل تدريبية

- احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علماً بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.
- أوجد الضغط الكلي لخليط غاز مكون من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و 4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa.
- أوجد الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علماً بأن ضغط الغازات الكلي يساوي kPa 30.4 والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5 kPa و 3.7 kPa.
- تحفيز الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين 21% وغاز الأرجون 1% (وهناك كميات ضئيلة من الغازات الأخرى). فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mmHg، فما الضغوط الجزئية لكل من النتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟





الشكل 6-8 يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع الخارصين Zn لإنتاج غاز الهيدروجين الذي يتم جمعه عند درجة حرارة $20^\circ C$.

احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة $20^\circ C$ إذا علمت أن الضغط الكلي لخليط غازي الهيدروجين وبخار الماء هو $100.0 kPa$.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

استخدام قانون دالتون تستخدم الضغوط الجزئية للغازات لتحديد كمية الغاز الناتجة عن التفاعل، حيث يُجمع الغاز الناتج فوق الماء في وعاء ماء منكس، كما هو موضح في الشكل 6-8، فيحل الغاز محل الماء ويكون الغاز الناتج مزيجاً من غازي الهيدروجين وبخار الماء. وبهذا يكون الضغط الكلي داخل الوعاء يساوي مجموع الضغطين الجزئيين لكل من الهيدروجين وبخار الماء.

ترتبط الضغوط الجزئية للغازات عند درجة الحرارة نفسها بتركيز هذه الغازات. فالضغط الجزئي لبخار الماء له قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة. ويمكنك الحصول على هذه القيم بالرجوع إلى المصادر، فعلى سبيل المثال، الضغط الجزئي لبخار الماء عند درجة حرارة $20^\circ C$ هو $(2.3 kPa)$. ويمكنك حساب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين بطرح الضغط الجزئي لبخار الماء من الضغط الكلي. وستعرف لاحقاً أنك إذا عرفت ضغط غاز ما وحجمه ودرجة حرارته استطعت حساب عدد مولاته.

التقويم 6-1

الخلاصة

8. **الفكرة الرئيسية** فسّر سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
 9. **صف** كيف تؤثر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفعه؟
 10. **وضح** كيف يمكن قياس ضغط الغاز؟
 11. **فسّر** لماذا ينكس وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله محل الماء؟
 12. **احسب** الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي $1.20 atm$ والضغط الجزئي لأحدهما هو $0.75 atm$.
 13. **استنتج** ما إذا كان لدرجة الحرارة تأثير في معدل انتشار الغاز، فسّر إجابتك.
- يستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل انتشار غازين.
- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات اعتماداً على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط من الغازات.



6-2

الأهداف

تصف القوى الجزيئية.

تقارن بين القوى الموجودة بين الجزيئات.

مراجعة المفردات

التساهمية القطبية: رابطة تتكون عندما يكون التشارك بالإلكترونات غير متساوٍ.

المفردات الجديدة

قوى التشتت

القوى الثنائية القطبية

الرابطة الهيدروجينية

قوى التجاذب Forces of Attraction

الفكرة الرئيسية تحدّد القوى بين الجزيئات. ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية

القطبية، والروابط الهيدروجينية. حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

الربط مع الحياة تعلم أن الماء من المواد النادرة التي توجد في صورة صلب أو سائل أو غاز في الظروف العادية. وهذه الخاصية الفريدة -بالإضافة إلى الخصائص الأخرى التي أودعها الخالق عز وجل فيه - تجعله منبع هذه الحياة .

القوى بين الجزيئات Intermolecular Forces

لو كان لجسيمات المادة جميعها عند درجة حرارة الغرفة متوسط الطاقة الحركية نفسه، فما سبب وجود مواد غازية وأخرى صلبة أو سائلة؟ تكمن الإجابة عن هذا التساؤل في قوى التجاذب في الجسيمات نفسها، وفيما بينها. وتسمى قوى التجاذب التي تربط بين جسيمات المادة بروابط أيونية وتساهمية وفلزية بقوى الترابط الجزيئية (intramolecular forces). ويعني المقطع intra "داخل"، بينما يعني المقطع molecular "جزيئية"، ويقصد بالجزيئية الذرات والأيونات والجزيئات. ويلخص الجدول 6-2 ما قرأته سابقاً عن قوى الترابط الجزيئية.

لا تمثل قوى الترابط الجزيئية كافة قوى التجاذب بين الجسيمات، بل هناك قوى تجاذب أخرى تسمى القوى بين الجزيئات (intermolecular forces)، وهي قوى بينية تربط بين جسيمات متشابهة، مثل تلك التي بين جزيئات الماء، أو بين جسيمات مختلفة مثل ذرات الكربون في الجرافيت، وجسيمات السليلوز في الورق. سنناقش في هذا الدرس ثلاثة أنواع من القوى بين الجزيئات، هي: قوى التشتت، والثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية. وعلى الرغم من اختلاف هذه القوى في قوتها بعضها عن بعض، إلا أن القوى بين الجزيئات كلها أضعف من قوى الترابط داخل الجزيئات.

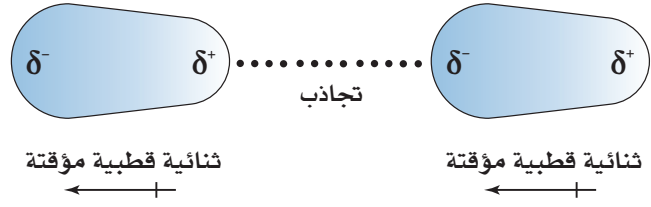
المقارنة بين قوى التجاذب داخل الجزيئات			الجدول 6-2
مثال	أسس التجاذب	النموذج	نوع الرابطة
NaCl	الشحنات السالبة والموجبة.		الأيونية
H ₂	النواة الموجبة والإلكترونات المشتركة.		التساهمية
Fe	الأيونات الفلزية الموجبة والإلكترونات المتحركة.		الفلزية



الشكل 6-9 تتنافر السحب الإلكترونية عند

اقتراب جزيئين أحدهما من الآخر، مكونة ثنائية قطبية مؤقتة؛ حيث تمثل إشارة δ منطقة الشحنة الجزئية على الجزيء.

فسر ماذا تمثل إشارتا δ و δ^- الموجودتان على الثنائية القطبية المؤقتة؟



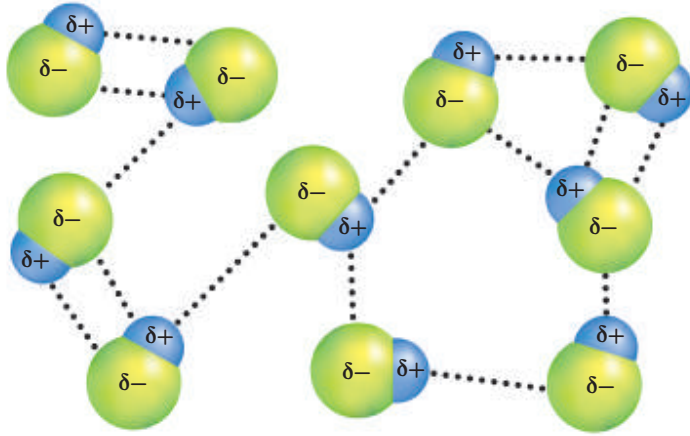
قوى التشتت تذكر أن جزيئات الأكسجين غير قطبية؛ لأن إلكتروناتها موزعة بالتساوي بين ذرتي أكسجين ذات الكهروسالبية المتساوية. ويمكن ضغط جزيئات الأكسجين وتحويلها إلى سائل تحت الظروف المناسبة. وحتى يتكاثف الأكسجين لا بد من قوى تجاذب بين جزيئاته. تسمى قوة الترابط بين جزيئات الأكسجين **قوى التشتت** وهي قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحياناً بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني- الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى.

تذكر أيضاً أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية. وعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر - ولا سيما عند تصادمهما - فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة - ولو لحظة - لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكل كل جزيء ثنائية قطبية مؤقتة. وعند اقتراب ثنائيات الأقطاب المؤقتة بعضها من بعض تنشأ قوى تشتت ضعيفة بين مناطق الشحنات المختلفة لثنائية الأقطاب، كما هو موضح في الشكل 6-9.

ماذا قرأت؟ فسر سبب تكون قوى التشتت.

تنشأ قوى التشتت بين الجسيمات كافة، ولكنها قوى ضعيفة بالنسبة إلى الجسيمات الصغيرة، ويزداد تأثيرها مع ازدياد عدد الإلكترونات. لذلك كلما زاد حجم الجسيم تصبح قوى التشتت أكثر قوة، وبالتالي فإن قوى التشتت بين جزيئات اليود أقوى من قوى التشتت بين جزيئات البروم في مجموعة الهالوجينات.





الشكل 6-10 توجّه الجزيئات القطبية المجاورة نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معاً.

حدّد أنواع القوى الممثلة في الشكل.

وهذا الفرق في قوى التشتت يفسر سبب وجود كل من الفلور والكلور في الحالة الغازية، والبروم سائلاً، واليود صلباً عند درجة حرارة الغرفة .

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين (At) عند درجة حرارة الغرفة، مبيناً سبب ذلك.**

قوى ثنائية القطبية تحتوي الجزيئات القطبية على ثنائية قطبية دائمة، أي أن بعض المناطق في الجزيء القطبي تكون دائماً سالبة جزئياً، وبعضها الآخر يكون موجباً جزئياً، مما يخلق تجاذباً بين هاتين المنطقتين المختلفتين الشحنة، وهذا ما يسمى **ثنائية القطبية** . أما الجزيئات القطبية المجاورة فتوجه نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معاً .

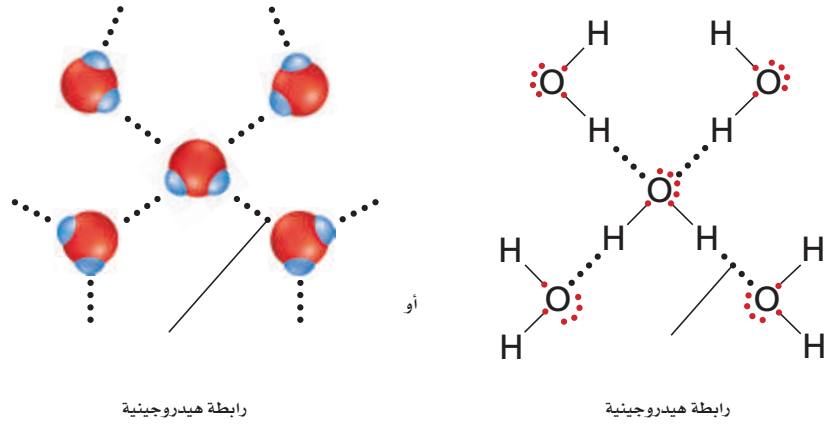
عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين بعضها من بعض تنجذب ذرة الهيدروجين الموجبة جزئياً في الجزيء نحو ذرة الكلور في جزيء آخر، والتي تكون سالبة جزئياً. يوضح الشكل 6-10 تجاذبات متعددة بين جزيئات كلوريد الهيدروجين؛ لأنّ ثنائية القطبية دائمة في هذا الجزيء القطبي، فمن المتوقع أن تكون القوى الثنائية القطبية أقوى من قوى التشتت. ويمكن أن يكون هذا التوقع صحيحاً في الجزيئات القطبية الصغيرة؛ إذ إن لها ثنائية قطبية كبيرة. ومع ذلك فالكثير من الجزيئات القطبية - ومنها جزيئات كلوريد الهيدروجين HCl الموضحة في الشكل 6-10 - تبقى قوى التشتت فيها أكبر من القوى الثنائية القطبية.

✓ **ماذا قرأت؟ قارن بين القوى الثنائية القطبية وقوى التشتت.**

الروابط الهيدروجينية نوع خاص من القوى الثنائية القطبية، وتحدث بين الجزيئات التي تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية كبيرة تحتوي على الأقل على زوج واحد من الإلكترونات غير الرابطة.



الشكل 6-11 الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أقوى من تجاذب الثنائية القطبية؛ وذلك لأن الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين ذات قطبية كبيرة.



وتتغلب عادة الروابط الهيدروجينية على كل من قوى التشتت والقوى الثنائية القطبية. ولكي تتكوّن **الرابطة الهيدروجينية** لا بد للهيدروجين أن يرتبط إما مع ذرة فلور أو أكسجين أو نيتروجين؛ حيث تكون كهروسالبية هذه الذرات كافية لجعل ذرة الهيدروجين ذات شحنة جزئية موجبة، وتكون هذه الذرات في الوقت نفسه صغيرة بقدر كاف يسمح لأزواج الإلكترونات غير الرابطة فيها بالاقتراب من ذرات الهيدروجين. فعلى سبيل المثال، لذرات الهيدروجين في جزيء الماء شحنة جزئية موجبة كبيرة، ولذرة الأكسجين شحنة جزئية سالبة كبيرة، وعند اقتراب جزيئات الماء تنجذب ذرة الهيدروجين في الجزيء نحو زوج الإلكترونات غير الرابط مع ذرة أكسجين في جزيء آخر، كما هو موضح في الشكل 6-11.

تفسر الرابطة الهيدروجينية سبب وجود الماء في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما تكون المركبات المشابهة للماء في كتلتها المولية في الحالة الغازية. انظر إلى البيانات الواردة في الجدول 6-3. من السهل تفسير الفرق بين الماء والميثان؛ فجزيئات الميثان غير قطبية، والقوى الوحيدة التي تربط بين جزيئاتها هي قوى

الجدول 6-3 خواص بعض المركبات الجزيئية			المركب
درجة الغليان (°C)	الكتلة المولية (g/mol)	الشكل الفراغي	
100	18.0		الماء (H ₂ O)
-164	16.0		الميثان (CH ₄)
-33.4	17.0		الأمونيا (NH ₃)

التشتت الضعيفة. أما الفرق بين الماء والأمونيا فغير واضح؛ حيث يمكن لجزيئات هذين المركبين تكوين روابط هيدروجينية. ولأن الأمونيا تكون غازاً عند درجة حرارة الغرفة فذلك يدل على أن قوى الترابط بين جزيئات الأمونيا ليست قوية. ولأن ذرات الأكسجين أكثر كهروسالبية من ذرات النيتروجين فإن الرابطة بين O-H في جزيء الماء أكثر قطبية من الرابطة بين N-H في الأمونيا. ونتيجة لذلك فإن الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أكثر قوة من الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الأمونيا.

التقويم 6-2

الخلاصة

- قوى الترابط داخل الجزيئات أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشتت قوى بين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث قوى ثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

14. **الفكرة الرئيسية** فسر ما الذي يحدد حالة المادة عند درجة حرارة معينة؟

15. **قارن** بين القوى بين الجزيئات والقوى الجزيئية.

16. **قوم** أيّ الجزيئات الآتية يستطيع تكوين روابط هيدروجينية، وأيها يحتوي على قوى التشتت فقط بوصفها قوى بين الجزيئات؟ فسر إجابتك.

a. H_2 b. H_2S c. HCl d. HF

17. **تفسير البيانات** هناك أربع روابط تساهمية أحادية في جزيء الميثان CH_4 ، بينما يوجد 25 رابطة تساهمية أحادية في جزيء الأوكتان C_8H_{18} . كيف يؤثر عدد الروابط في قوى التشتت في كلا المركبين؟ وأي المركبين يكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، وأيها في الحالة السائلة؟





6-3

الأهداف

- تقارن بين ترتيب الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة.
- تصف العوامل التي تؤثر في اللزوجة.
- تفسر العلاقة بين وحدة البناء والشبكة البلورية.

مراجعة المفردات

الشكل الهلالي: سطح السائل المنحني (مقعر أو محدب).

المفردات الجديدة

- اللزوجة
- التوتر السطحي
- عوامل خافضة للتوتر السطحي
- المادة الصلبة المتبلورة
- وحدة البناء
- التأصل
- المواد الصلبة غير المتبلورة

المواد السائلة والمواد الصلبة

Liquids and Solids

الفكرة الرئيسية لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

الربط مع الحياة هل فكرت يوماً لماذا يكون سكب القَطْر (مركز محلول السكر) (Syrup) المحفوظ في الثلاجة صعباً مقارنة بسكب القطر المحفوظ خارجها؟ لعلك تعلم أن تسخين القطر يجعل سكبه سهلاً. ولكن لماذا تساعد زيادة درجة الحرارة على ذلك؟

السوائل Liquids

على الرغم من أن نظرية الحركة الجزيئية قد طُوِّرت لتفسير سلوك الغازات، إلا أنه يمكن تطبيقها أيضاً على السوائل والمواد الصلبة، آخذين في عين الاعتبار قوى الترابط بين جسيماتها، إضافة إلى الطاقة الحركية لجسيماتها.

تعلم مما درست سابقاً أن السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها تحتفظ بحجمها ثابتاً، أي أن جسيماتها تنساب لتتكيف مع شكل الوعاء، ولكن السوائل لا تتمدد لتملأ الوعاء تماماً، كما هو موضح في الشكل 6-12. وبالرجوع إلى نظرية الحركة الجزيئية نجد أن جسيمات السائل لا تبقى في مكان ثابت، حيث تحد قوى التجاذب بين جسيمات السائل من مدى حركتها، فتبقى جسيمات السائل متقاربة، ويوجد بينها مسافات تسمح بانزلاقها فوق بعضها البعض.

الكثافة والضغط تكون السوائل أكثر كثافة من الغازات عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm . وتكون كثافة السوائل أكبر كثيراً من أبخرتها عند الظروف الجوية نفسها. فكثافة الماء السائل مثلاً أكثر 1250 مرة تقريباً من كثافة بخار الماء عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm . ونظراً إلى وجودهما عند درجة الحرارة نفسها، فإن لكل من جسيمات الغاز والسائل متوسط الطاقة الحركية نفسه. ويعود الارتفاع في كثافة السوائل إلى القوى بين الجزيئية التي تربط الجسيمات معاً. وتختلف السوائل عن الغازات في أنها تعد غير قابلة للضغط في كثير من التطبيقات، والتغير في حجمها صغير جداً؛ لأن جسيمات السائل مترابطة



الشكل 6-12 تنساب السوائل لتأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها لا تتمدد كالغازات لتملأ الوعاء. **استنتج** سبب وجود السائل عند المستوى نفسه في كل من الأنابيب المتصلة معاً.

الشكل 13-6 للغازات والسوائل

القدرة على الانتشار والانسحاب وتظهر هذه الصورة انسياب أحد السوائل عبر الآخر.



بإحكام، ويتطلب الأمر ممارسة ضغط هائل عليه لتقليل حجمه مقداراً ضئيلاً جداً. **الميوعة** تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع، بسبب قابليتها للانتشار والانسحاب. يوضح الشكل 13-6 انسياب أحد السوائل عبر سائل آخر. وتنساب السوائل عادة أبطأ من انتشار الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئات في عملية الانسياب، ولهذا تكون السوائل أقل ميوعة من الغازات. ويمكننا توضيح هذا الفرق بالمقارنة بين الماء والغاز الطبيعي. فعند وجود تسرب في أنبوب ماء في الطابق السفلي في منزل مثلاً يبقى الماء في الطابق نفسه ما لم تكن كمية الماء المتسرب تفوق حجم الطابق السفلي كله.

ولو أن الغاز الطبيعي تسرب في الطابق السفلي مثلاً فلن يقتصر وجوده على الطابق السفلي فقط، وإنما سيتنشر في كل أرجاء المنزل. ولأن الغاز الطبيعي بلا رائحة فإن الشركات تضيف إليه رائحة مميزة؛ لكي تحذر الناس، وتمكنهم من معرفة مكان تسرب الغاز، فيتمكن ساكنوا المنزل من إغلاق مصدر الغاز المتسرب، وفتح النوافذ للسماح للغاز بالانتشار، والاتصال بشركة الغاز لإصلاح مكان التسرب.

اللزوجة هي خاصية تلحظها كلما حاولت إخراج العسل من القارورة. **واللزوجة** هي مقياس مقاومة السائل للتدفق والانسحاب؛ حيث تكون جسيمات السائل قريبة بعضها من بعض، حتى أن قوى التجاذب بينها تبطئ من حركتها عندما يتجاوز بعضها بعضاً. ويمكن تحديد لزوجة السائل من خلال نوع القوى بين الجزيئات وحجم الجسيمات وشكلها، إضافة إلى درجة الحرارة.

يجب أن تعرف أنه ليست كل السوائل لزجة؛ فقد اكتشف العلماء عام 1937م ما يعرف بالميوعة الفائقة، حيث برّد العلماء سائل الهيليوم إلى درجة حرارة دون -270.998°C فوجدوا أن خصائصه قد تغيرت؛ إذ فقد سائل الهيليوم لزوجته،

الشكل 14-6 دراسة حالات المادة

لقد أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر عن حالات المادة.

1643 **بعد الميلاد** برهن
اختراع البارومتر على وجود
وزن للهواء.

360 **قبل الميلاد** رفض
الفيلسوف أرسطو نظرية
ديمقريطس، ودعم الاعتقاد
بأن المادة تتكون من نار وهواء
وماء وتراب.

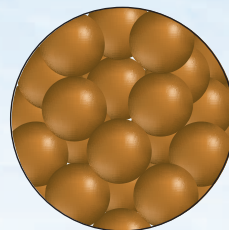
A.D. 1700

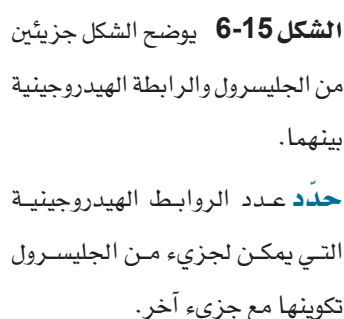
1734 **بعد الميلاد** اقترح
دانيال برنولي أن ضغط الغاز
ناتج عن تصادم جسيمات
الغاز بجدران الوعاء المحصور
داخله.

400 **قبل الميلاد** طور
الفيلسوف ديمقريطس النظرية
القائمة على أن المواد كلها تتكون
من أجزاء صغيرة لا تتجزأ
سمّاها ذرات.

400 B.C.

460 **قبل الميلاد** وضع
الفلاسفة نظرية تنص على
أن المواد تتكون من أربعة
عناصر هي النار والهواء
والماء والتراب.





قوى التجاذب كلما كانت القوى بين الجزيئات في السوائل كبيرة زادت درجة لزوجتها. فمثلاً تعد مادة الجليسرول التي تستخدم في المختبر في تشحيم الأدوات سائلاً لزجاً. ويوضح الشكل 15-6 الصيغ البنائية للرابطة الهيدروجينية التي تجعل الجليسرول مادة لزجة جداً. حيث تستطيع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع ذرات الأكسجين في كل جزيء جليسرول تكوين روابط هيدروجينية مع جزيء جليسرول آخر. وتوضح النقاط الحمراء في الشكل 15-6 أماكن تشكل الروابط الهيدروجينية بين الجسرات.

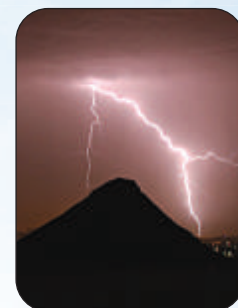
حجم الجسيمات وشكلها يؤثر حجم جسيمات المادة وشكلها في لزوجتها. تذكر أن كتلة الجسيمات وسرعة حركتها تحددان الطاقة الحركية الكلية لها. افترض أن قوى التجاذب بين جسيمات السائل (A) مساوية لقوى التجاذب بين جسيمات السائل (B)، وإذا كانت كتلة جسيمات السائل (A) أكبر من كتلة جسيمات السائل (B)، فيكون السائل (A) أكثر لزوجة من السائل (B)، لذا فإن حركة الجسيمات في السائل (A) تكون على الأرجح أبطأ من حركة جسيمات السائل (B). وتكون لزوجة الجسيمات ذات السلاسل الطويلة في تركيبها - ومنها الزيت المستخدم في الطبخ أو زيت المحركات - أكبر من لزوجة الجسيمات ذات السلاسل القصيرة، على افتراض أن الجسيمات تبذل النوع نفسه من قوى التجاذب. ففي السلاسل الطويلة تكون المسافات بين ذرات الجسيمات المتجاورة قصيرة جداً، وبهذا تكون فرصة حدوث تجاذب بين الذرات أكبر.

1937 اكتشف العلماء الميوعة الفائقة، وهي موائع غير اعتيادية بخصائص لم تُشاهد في المادة العادية.

1808 اقترح جون دالتون أن المادة تتكون من جسيمات صغيرة

1995 الحالة الخامسة للمادة وهي مائع غازي له ميوعة فائقة يعرف بمكثف بوز - أينشتاين نسبة إلى العالمين ستايندرا بوز وألبرت أينشتاين.

1927 استخدم مصطلح البلازما لأول مرة لوصف الحالة الرابعة، وهي موجودة في البرق.

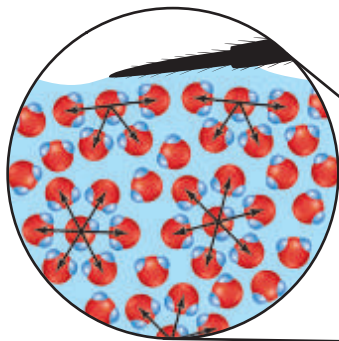


درجة الحرارة تنخفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة، فلا ينتشر زيت الطبخ في المقلاة إلا عند تسخينه، حيث إن زيادة درجة الحرارة تزيد الطاقة الحركية لجسيمات الزيت. وتساعد هذه الطاقة الجسيمات على التغلب على القوى بين الجزيئية التي يرتبط بعضها مع بعض، وتمنعها من الانسياب.

ويعدّ زيت المحرك الذي يقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة فيه مثلاً آخر على تأثير درجة الحرارة في اللزوجة. ولذلك استعمل الناس قديماً مزيجاً مختلفاً من زيت المحرك في الصيف والشتاء، فصُمم زيت يُستخدم في الشتاء ليناسب عند درجات حرارة منخفضة، وآخر في الصيف أكثر لزوجة ليناسب درجات الحرارة المرتفعة جداً أو في المسافات الطويلة. أما في الوقت الحاضر فيتم إضافة مواد خاصة إلى زيت المحرك لتعديل لزوجته حتى يُستخدم المزيج نفسه على مدار السنة. والجسيمات في المواد المضافة عبارة عن كرات مضغوطة ذات لزوجة منخفضة نسبياً عند درجات الحرارة المنخفضة، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فيتحول شكل جسيمات المواد المضافة إلى خيوط طويلة تتشابك مع جسيمات زيت المحرك لترفع لزوجته.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يجب أن يبقى زيت المحرك لزجاً؟**

التوتر السطحي لا يتساوى تأثير القوى بين الجزيئات في جسيمات السائل جميعها، كما يوضح الشكل 16-6؛ فالجسيمات الموجودة وسط السائل تنجذب إلى تلك الموجودة فوقها، وأسفل منها وعلى جانبيها. أما الجسيمات الموجودة على سطح السائل فلا توجد قوة تجاذب من أعلى توازن التي أسفل منها، ولذلك تجذبها محصلة القوة النهائية إلى أسفل، فيحتل السطح أقل مساحة ممكنة، بحيث يبدو كأنه مشدود بإحكام مثل سطح الطبلة. ولزيادة مساحة السطح لا بد للجسيمات الموجودة في الداخل أن تتحرك نحو السطح، وهذا يتطلب طاقة للتغلب على قوى التجاذب التي تربط الجسيمات بعضها ببعض في الداخل. وتُسمى الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين **التوتر السطحي**. وهذه الظاهرة مقياس لمقدار قوة السحب إلى الداخل بواسطة الجسيمات الموجودة داخل السائل.



الشكل 16-6 تُجذب جسيمات الماء الموجودة عند سطحه نحو الداخل؛ حتى تتوازن قوى التجاذب والتنافر بينها.

تعمل القوى بين الجزيئات تحت سطح الماء على إحداث التوتر السطحي.

تسمح ظاهرة التوتر السطحي للعنكبوت بالسير على سطح الماء.

المفردات

الاستخدامات العلمية

والشائعة

القوة

الاستخدام العلمي: الدفع أو السحب المؤثران في الجسم اتجاهًا ومقدارًا. توجد قوة الجاذبية بين أي جسمين لهما كتلة، وتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما.

الاستخدام الشائع: مجموعة من الناس لديهم القدرة على العمل لتحقيق النتائج المطلوبة. زادت قوة العمال في الشركة إنتاجها في العام الماضي.

وعومومًا كلما زادت قوى التجاذب بين الجسيمات زاد التوتر السطحي؛ فللماء توتر سطحي عالٍ؛ بسبب قدرة جسيماته على تكوين روابط هيدروجينية متعددة. وتكون قطرات الماء كروية الشكل؛ لأن مساحة سطح القطرة الكروية أصغر من مساحة سطح أي شكل آخر له الحجم نفسه. والتوتر السطحي الكبير للماء كما هو موضح في الشكل 16-6 هو الذي يساعد العنكبوت على السير والوقوف على سطح ماء البركة.

وهذه القوى التي تمكّن العنكبوت من المكوث على سطح ماء البركة دون أن يغوص هي نفسها التي تجعل انتزاع الأوساخ عن الجلد والملابس باستخدام الماء وحده صعبًا؛ لأن جسيمات الأوساخ لا تستطيع اختراق سطح قطرات الماء. فالماء وحده لا يمكنه انتزاع الأوساخ. ولكن عند استخدام المنظفات والصابون مع الماء يقل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الماء، وعندها ينتشر الماء ويحمل الأوساخ بعيدًا. وتسمى المركبات التي تعمل على خفض التوتر السطحي للماء **عوامل خافضة للتوتر السطحي**.

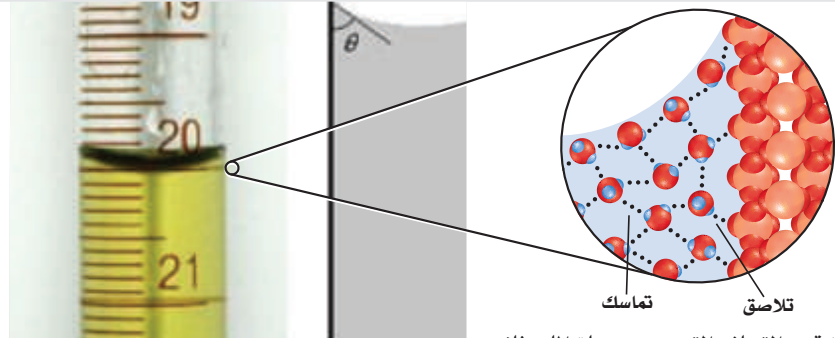
التماسك والتلاصق يمكنك أن تلاحظ أن سطح الماء يكون غير مستو عند وضعه في أوعية ضيقة، كالأنابيب الزجاجية، انظر الشكل 17-6؛ حيث يكون السطح على شكل هلال مقعر ينخفض في منطقة الوسط. ويوضح الشكل 17-6 ما يحدث للماء على مستوى الجزيء. فهناك نوعان مهمان من القوى، هما: التماسك والتلاصق؛ حيث يصف التماسك قوة الترابط بين الجسيمات المتماثلة. أما التلاصق فيصف قوة الترابط بين الجسيمات المختلفة. ولأن قوى التلاصق بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جسيمات الماء، لذا يرتفع الماء على طول الجدران الداخلية للأنابيب الأسطوانية. **الخاصية الشعرية** يرتفع الماء إلى أعلى في الأنبوب الأسطواني إذا كان رفيعًا جدًا. وتسمى هذه الأنابيب الرفيعة الأنابيب الشعرية. كما تسمى حركة ارتفاع الماء داخل هذه الأنابيب الخاصية الشعرية التي تفسّر سبب امتصاص المناديل الورقية لكميات كبيرة من الماء؛ حيث يُسحب الماء داخل الفراغات الضيقة بين ألياف السليلوز الموجودة في المناديل الورقية، باستخدام الخاصية الشعرية، إضافة إلى تكوّن روابط هيدروجينية بين جسيمات الماء وجسيمات السليلوز.

الشكل 17-6 لجسيمات الماء خاصيتها

التماسك والتلاصق.

استنتاج لماذا يكون مستوى الماء مرتفعًا

داخل الأنابيب الشعرية الدقيقة.



إن قوى التجاذب التي بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج تؤثر على جسيمات الماء لتدفعها نحو الأعلى وذلك نتيجة قوى التلاصق. تتجاذب جسيمات الماء بعضها مع بعض - تماسك - وتتجاذب مع جسيمات ثاني أكسيد السليكون في الزجاج - تلاصق.

المواد الصلبة Solids

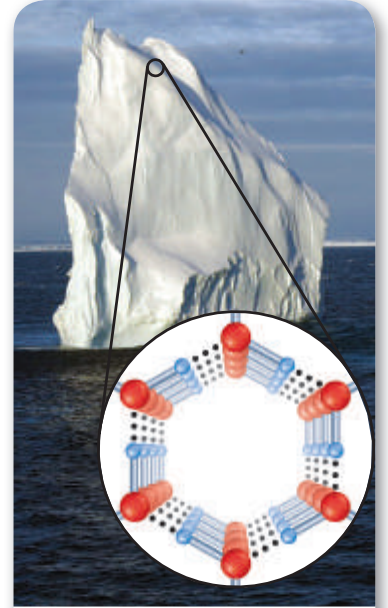
هل تساءلت يوماً عن سبب وجود المواد الصلبة بشكل وحجم محددين؟ حسب نظرية الحركة الجزيئية فإن لمول واحد من جسيمات المادة الصلبة كمية الطاقة الحركية نفسها الموجودة في مول واحد من المادة السائلة أو الغازية عند درجة الحرارة نفسها. وحسب التعريف فإن جسيمات المادة الصلبة يجب أن تكون في حركة ثابتة. ولكي تبقى المادة في الحالة الصلبة عند درجة حرارة معينة لا بد من وجود قوى تجاذب قوية بين جسيماتها، بحيث تكون قادرة على تقييد حركة هذه الجسيمات لتجعلها تهتز إلى الأمام والخلف، مع الاحتفاظ بمكانها الثابت. ولهذا يمكن القول إن هناك نظاماً في حالة الصلابة أكثر منه في حالة السيولة، وبسبب هذا النظام لا تعتبر المادة الصلبة مائعاً بينما يمكن تصنيف السوائل والغازات على أنها موائع.

كثافة المواد الصلبة تكون جسيمات المادة الصلبة عموماً بعضها قريب من بعض أكثر مما هي عليه في المادة السائلة. ولهذا تكون معظم المواد الصلبة أكثر كثافة من معظم السوائل، وعند وجود مادة في الحالة الصلبة والحالة السائلة في الوقت نفسه فإن المادة الصلبة عادة ما تغرق في السائل؛ فالمكعبات الصلبة من البنزين تغرق في البنزين السائل؛ وذلك لأن البنزين الصلب أكثر كثافة من البنزين السائل. وهناك فرق حوالي 10% تقريباً في الكثافة بين المواد في الحالة الصلبة والحالة السائلة. ولأن جسيمات المواد الصلبة متقاربة ومتراصة فإن مقداراً عادياً من الضغط لن يحدث تغييراً في حجمها.

لا يمكنك توقع نسبة كثافة الثلج الصلب إلى الماء السائل معتمداً على ما ورد في حالة البنزين؛ فمكعبات الثلج والجلال الجليدية تطفو فوق الماء؛ لأن حكمة الله اقتضت أن تكون كثافة الماء في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة. ويوضح الشكل 18-6 السبب في هذه الحالة الاستثنائية للماء، فعندما يتجمد الماء يكون كل جزيء ماء أربع روابط هيدروجينية مع أربعة جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقارباً من بعض مما في الماء السائل.

✓ **ماذا قرأت؟** صف حاول أن تصف بكلماتك سبب طفو الثلج فوق الماء؟

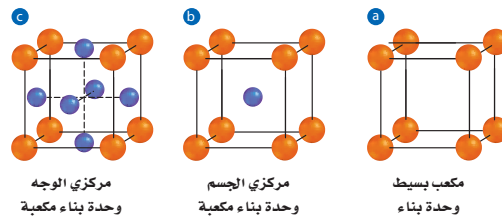
المواد الصلبة البلورية على الرغم من أن كثافة الثلج حالة غير عادية إلا أن جسيمات الثلج متراصة كباقي المواد الصلبة بطريقة يسهل التنبؤ بها. فالمادة الصلبة البلورية مادة ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها مرتبة في شكل هندسي منتظم، ويمكن تمثيل مواقع الجسيمات في البلورة في صورة نقاط ضمن إطار يسمى الشبكة البلورية. وهناك ثلاث طرائق تترتب من خلالها الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب، كما هو موضح في الشكل 19-6.



الشكل 18-6 يطفو جبل الجليد فوق الماء بسبب تكون أربع روابط هيدروجينية مع أربع جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقارباً من بعض مما في الماء السائل.

مهن في الكيمياء

خبير المعادن خبراء المعادن مهندسون يهتمون بكل مراحل تصنيع المعادن، بدءاً من استخراجها والتعقيب عنها وتشكيلها على هيئتها النهائية. ولا بد لخبير المعادن في كل مرحلة من فهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن.



الشكل 19-6 تبين هذه الرسوم ثلاث طرائق لترتيب الجسيمات في الشبكة البلورية، حيث تمثل كل كرة جسيماً. a. تترتب الجسيمات عند زوايا المكعب فقط. b. وجود جسيم في وسط المكعب. c. وجود جسيمات وسط الأوجه الستة للمكعب، لكن لا وجود لأي جسيم وسط المكعب نفسه.



وحدة البناء هي أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، كما في البلورة ككل. وكما درست سابقاً، فوحدة البناء هي نموذج مصغر من البناء الأكبر الكامل، ويمكن النظر إلى وحدة البناء على أنّ شكلها يحدد شكل البلورة كاملة.

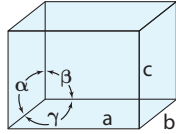
يوضح الجدول 4-6 سبعة تصنيفات للبلورات بناءً على الشكل، وتختلف أشكال البلورات بسبب أوجه أو سطوح وحدات البناء، التي لا تلتقي دائماً في زوايا قائمة. كما أن أطراف تلك السطوح مختلفة في الطول. وقد استخدمت العلامات a, b, c في الجدول؛ لبيان الأطراف، وقد استخدمت العلامات α, β, γ لبيان الزوايا التي تلتقي عندها السطوح معاً.

وحدات البناء

الجدول 4-6



أراجونايت



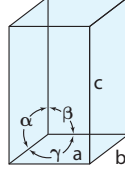
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

متوازي مستطيلات



فيزوفيانايت



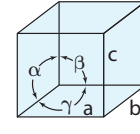
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

رباعي الأوجه



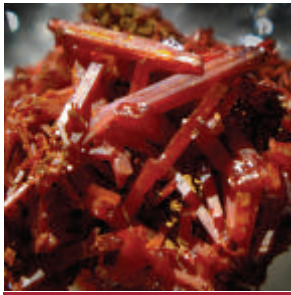
هالايت



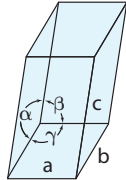
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

مكعب



كروسييت



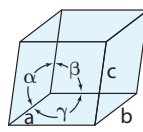
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$

أحادي الميل



زمرد



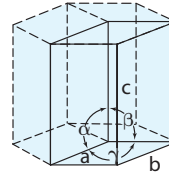
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

معيني



تورمالين



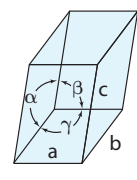
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

سداسي الأوجه



ميكروكلارين



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

ثلاثي الميل

أنواع المواد الصلبة البلورية			الجدول 5-6
النوع	وحدة الجسيمات	خصائص الحالة الصلبة	أمثلة
ذرية	الذرات	ليينة إلى ليينة جداً، درجة انصهار منخفضة، رديئة التوصيل.	عناصر المجموعة 18
الجزيئية	جسيمات	متوسطة اللين، تتفاوت درجات الانصهار بين المنخفضة والمرتفعة نسبياً، رديئة التوصيل.	I_2 , H_2O , NH_3 , CO_2 , $C_{12}H_{22}O_{11}$
التساهمية الشبكية	ترتبط الذرات بروابط تساهمية	صلبة جداً، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل عادة.	الألماس C الكوارتز SiO_2
الأيونية	أيونات	صلبة، هشة، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل.	$NaCl$, KBr , $CaCO_3$
الفلزية	الذرات يحيط بها إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة	ليينة إلى صلبة، درجة انصهار بين المنخفضة والمرتفعة، قابلة للسحب والطرق، ممتازة التوصيل.	جميع العناصر الفلزية

تصنيف المواد الصلبة البلورية تصنف هذه المواد تبعاً لنوع الجسيمات المكونة لها، وكيفية ارتباط هذه الجسيمات بعضها ببعض إلى خمس فئات، هي: الصلبة الذرية، الصلبة الجزيئية، الصلبة التساهمية الشبكية، الصلبة الأيونية، الصلبة الفلزية. ويلخص الجدول 5-6 الخصائص العامة لكل فئة مع إعطاء مثال على كل منها. وتعد الغازات النبيلة عند تجمدها المثال الوحيد على الصلبة الذرية؛ حيث تعكس خواصها قوى التشتت الضعيفة بين ذراتها.

المواد الصلبة الجزيئية ترتبط الجسيمات في هذه المواد إما بقوى التشتت، أو القوى الثنائية القطبية أو الروابط الهيدروجينية. ولا تكون معظم المواد الجزيئية في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة، حتى الماء الذي يستطيع تكوين روابط هيدروجينية قوية يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة. إلا أن بعض المركبات الجزيئية - ومنها السكر - صلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ بسبب كتلتها الجزيئية الكبيرة. تحتوي الجزيئات الكبيرة على الكثير من الروابط الضعيفة التي تجتمع معاً لربط الجزيئات بعضها ببعض، وبسبب عدم احتواء المواد الصلبة الجزيئية على أيونات، تعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية تستطيع ذرات الكربون والسليكون تكوين مواد صلبة تساهمية شبكية؛ بسبب قدرتها على تكوين روابط تساهمية متعددة. ويوضح الشكل 20-6 التركيب التساهمي الشبكي للكوارتز الذي يحتوي على السليكون. ويستطيع الكربون تكوين ثلاثة أنواع من المواد الصلبة التساهمية الشبكية، هي: الألماس والجرافيت والبكمنستر فوليرين. وتسمى ظاهرة وجود عنصر مثل الكربون بثلاثة أشكال في الحالة الفيزيائية نفسها (صلبة أو سائلة أو غازية) **التأصل**.

الشكل 20-6 أكثر أنواع الكوارتز شيوعاً هو البلوري السداسي.



تجربة

نمذجة وحدات بناء البلورة

كيف يمكنك تصميم نماذج فيزيائية توضح تركيب البلورة؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. أحضر مجموعة أطباق من الورق المقوى.
3. استعمل المقص لعمل مكعب من الورق المقوى وثبته بالشريط اللاصق.
4. ارجع إلى الجدول 4-6 واعمل نماذج من الورق المقوى تمثل وحدات بناء البلورات الموضحة فيه.

تحليل النتائج

1. قوِّم أي النماذج له ثلاثة محاور متساوية الطول؟ ما وجه الاختلاف بينها؟
2. حدِّد أي النماذج تتضمن مربعاً ومستطيلاً؟
3. حدِّد أي النماذج له ثلاثة محاور غير متساوية؟
4. استنتج هل البلورات مثالية - في رأيك - أم فيها خلل؟ فسر إجابتك.

المواد الصلبة الأيونية تذكر أن كل أيون في المواد الصلبة الأيونية محاط بأيونات معاكسة له في الشحنة. ويمكن تحديد شكل البلورة وتركيب الشبكة البلورية من خلال نوع هذه الأيونات ونسبة وجودها؛ إذ تعطي قوى التجاذب بين البلورات هذه المركبات الصلابة ودرجات الانصهار العالية. والبلورات الأيونية صلبة، إلا أنها هشّة، فعند طرق البلورة الأيونية تتراح الأيونات الموجبة والسالبة من مواقعها، مما يؤدي إلى تنافر بين الشحنات المتشابهة وإلى تكسر البلورة.

المواد الصلبة الفلزية إن الفلزات الصلبة تتكون من أيونات موجبة محاطة ببحر من الإلكترونات المتحركة. وتتفاوت قوة الروابط الفلزية بين الأيونات الموجبة والإلكترونات من فلز إلى آخر، ويفسر هذا الاختلاف الخصائص الفيزيائية للفلزات. فمثلاً، ينصهر القصدير عند 232°C ، بينما ينصهر النيكل عند 1455°C . وتجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات قابلة للطرق والسحب، وعند تسليط قوة على الفلز تتحرك الإلكترونات لتجعل الأيونات مترابطة في مواقعها الجديدة. كما أن الإلكترونات المتحركة هي السبب أيضاً في جعل الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. وتستخدم الأسلاك الفلزية لتوصيل الكهرباء إلى البيوت، كما هو موضح في الشكل 21-6.

✓ **ماذا قرأت؟** صف خصائص الفلزات التي تستعمل لصناعة المجوهرات.

الشكل 21-6 تستخدم في البيوت والأعمال والمعدات أسلاكاً فلزية لنقل الكهرباء. والفلز المستخدم في العادة هو النحاس، إلا أن بعض الفلزات الأخرى تستخدم في تطبيقات خاصة.





الشكل 6-22 استخدم الناس قديمًا الزجاج غير المتبلور (الزجاج البركاني) لعمل رؤوس السهام والسكاكين؛ لأنه يكون حواف حادة عند كسره. يتكون الزجاج البركاني عندما تبرد الحمم البركانية بسرعة كبيرة.

المواد الصلبة غير المتبلورة يمكن تعريف **المواد الصلبة غير المتبلورة** بأنها المواد التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرّر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات. وتتكون هذه المواد عادة عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، بحيث لا تسمح للبلورات بالتكون. يبين **الشكل 6-22** مواد صلبة غير متبلورة.

يمثل الزجاج والمطاط والكثير من المواد البلاستيكية مواد صلبة غير متبلورة. وقد بيّنت بعض الدراسات الحديثة احتمال وجود تركيب بلّوري للزجاج، فعند استخدام انحراف أشعة X في دراسة الزجاج لم يظهر وجود نمط معين في توزيع الذرات، ولكن عند استخدام النيوترونات بدلاً من أشعة X أمكن تعرّف عدة أنماط منتظمة من وحدات السليكات في بعض المناطق. ويأمل الباحثون في استخدام هذه المعلومات للتحكم في تركيب الزجاج في التطبيقات البصرية وإنتاج الألياف البصرية.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 6-3

الخلاصة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنّف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

- الفكرة الرئيسية** قارن بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.
- صف العوامل المؤثرة في اللزوجة.
- فسّر سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.
- قارن بين وحدة البناء والشبكة البلورية.
- صف الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.
- فسّر سبب تكوين سطح الماء بشكل هلامي في المخبر المدرج.
- استنتج سبب تكون سطح الزئبق في المخبر المدرج على صورة سطح محدب.
- توقع أيّ المواد الصلبة تكون غير متبلورة: المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟
- صمّم من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبل أن يغرق. صمم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.





4-6

الأهداف

- تفسر كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية للمادة.
- تفسر مخطط الحالة الفيزيائية للمادة.

تغيرات الحالة الفيزيائية Phase Changes

الفكرة الرئيسية تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

الربط مع الحياة هل تساءلت يوماً أين تذهب المادة الصلبة الموجودة في ملطف الجو؟ تكون مادة ملطف الجو صلبة، وتعطي رائحة قوية عند فتحها لأول مرة، ومع الأيام تقل المادة الصلبة، وفي النهاية لا يتبقى منها شيء تقريباً، ويكون قد حان وقت وضع قطعة أخرى مكانها. لماذا لم تلاحظ تكون كمية من السائل، كتلك التي تنشأ عن الانصهار؟

تغيرات الحالة الفيزيائية الماصة للطاقة

Phase Changes That Require Energy

توجد معظم المواد في ثلاث حالات؛ اعتماداً على درجة الحرارة والضغط. وتوجد بعض المواد، ومنها الماء، في الحالات الثلاث تحت الظروف الطبيعية. وعند وجود حالتين للمادة ممزوجتين معاً بصورة غير متجانسة يقال إن هناك طورين للمادة. فالماء الثلج عبارة عن خليط غير متجانس من طورين، الماء السائل والثلج الصلب.

وعند إضافة أو انتزاع الطاقة من نظام معين تتغير حالة المادة الفيزيائية إلى حالة أخرى، كما هو ظاهر في الشكل 23-6؛ وذلك لأن حالات الماء - الثلج والسائل وبخار الماء - مألوقة لديك، وقد راقبت تغيراتها، لذا يمكن استخدام الماء مثلاً أساسياً على مناقشة تغيرات حالات المادة.

الانصهار ماذا يحدث لمكعبات الثلج في كوب من الماء؟ عند وضع مكعب ثلج في الماء تكون درجة حرارة الماء أعلى من درجة حرارة الثلج، فتندفق الحرارة من الماء إلى مكعب الثلج. فالحرارة هي انتقال الطاقة من جسم درجة حرارته أعلى إلى جسم درجة حرارته أخفض. ولا تستخدم الطاقة التي يمتصها مكعب الثلج لرفع درجة حرارته عند درجة انصهاره، بل على عكس ذلك فهي تضعف الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الثلج، فعندما تمتص الجسيمات على سطح مكعب الثلج طاقة كافية لتكسير الروابط الهيدروجينية التي تربط جسيمات الماء معاً في مكعبات الثلج عندها تتحرك جسيمات السطح مبتعداً بعضها عن بعض لتدخل في الحالة السائلة. وفي أثناء حركة الجسيمات تتقلص قطعة الثلج، وتستمر العملية حتى تنصهر قطعة الثلج كاملةً. إذا تركت مكعبات الثلج على طاولة فمن أين تأتي الطاقة اللازمة لتنصهر المكعبات؟

مراجعة المفردات

تغير الحالة : هو تغير المادة من حالة إلى أخرى.

المفردات الجديدة

درجة الانصهار

التبخير

التبخير السطحي

ضغط البخار

درجة الغليان

درجة التجمد

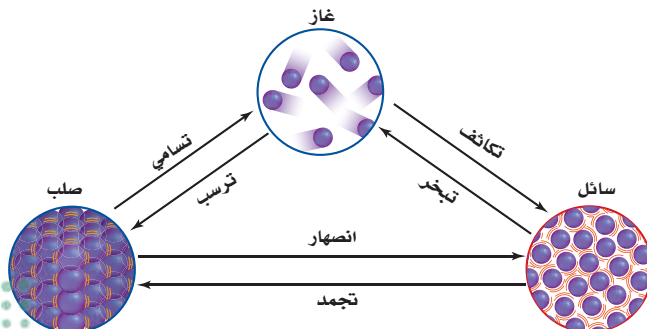
التكاثف

الترسب

مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)

النقطة الثلاثية

النقطة الحرجة



الشكل 23-6 يوضح الشكل التحولات الستة

المحتملة بين حالات المادة.

حدد ما تغيرات الحالة الفيزيائية التي

تحدث بين المواد الصلبة والمواد السائلة؟

الكيمياء في واقع الحياة

التبخّر



التعرق والتبخّر السطحي من طرائق تحكم الجسم في درجة حرارته. فعندما تشعر بالسخونة يبدأ الجسم في إفراز العرق من الغدد العرقية الموجودة على سطح الجلد، وتمتص جسيمات الماء في العرق الحرارة من سطح الجلد وتتبخر، وبذلك يتم امتصاص الحرارة من أجزاء الجسم جميعها إلى الجلد عن طريق الدم.

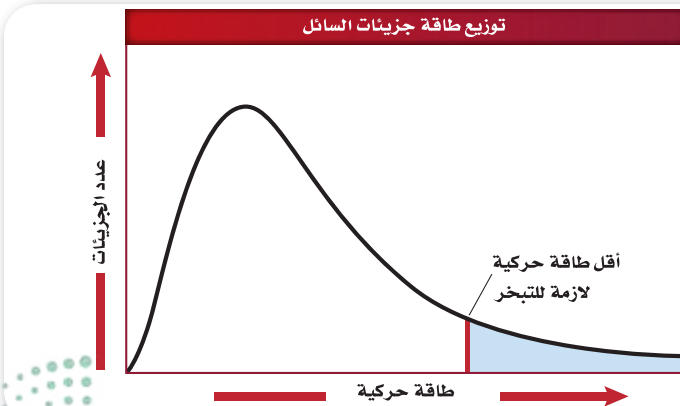
تعتمد كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة على قوة التجاذب بين جسيمات المادة. ولأن الروابط الهيدروجينية الموجودة بين جسيمات الماء قوية فإن كمية الطاقة اللازمة لصهر الثلج تكون عالية نسبيًا. إلا أن الطاقة اللازمة لصهر الثلج أقل كثيرًا من الطاقة اللازمة لصهر كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)؛ حيث إن قوة التجاذب بين الأيونات أكبر كثيرًا من الروابط الهيدروجينية التي في الثلج.

إن درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في الحالة السائلة والصلبة هي من الخصائص الفيزيائية المميزة للكثير من المواد الصلبة. **درجة انصهار** المادة الصلبة المتبلورة هي درجة الحرارة التي تنكسر عندها القوى التي تربط جسيمات الشبكة البلورية ببعضها ببعض، فتتحول المادة إلى الحالة السائلة. من الصعب تحديد درجة الانصهار بشكل دقيق للمواد غير المتبلورة؛ لأنها تنصهر عند درجات حرارة أعلى من درجات انصهارها، وذلك لأن الانصهار لا يتم عند درجة حرارة ثابتة بسبب عشوائية تركيبها، إذ عندما يبدأ الانصهار تستمر درجة الحرارة بالارتفاع لذلك يصعب تحديد نقطة الانصهار.

التبخّر عندما ينصهر مكعب ثلج تبقى درجة حرارة الماء والثلج ثابتة لا تتغير. وعندما يتحول الثلج كله إلى ماء سائل ويكتسب النظام طاقة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، وترتفع درجة حرارة النظام. حيث تكون طاقة بعض جسيمات الماء أعلى من طاقة الجسيمات الأخرى. ويوضح الشكل 24-6 توزيع طاقة الجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C ؛ حيث تدل المنطقة المظللة على الجسيمات التي لها طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين جسيمات السائل.

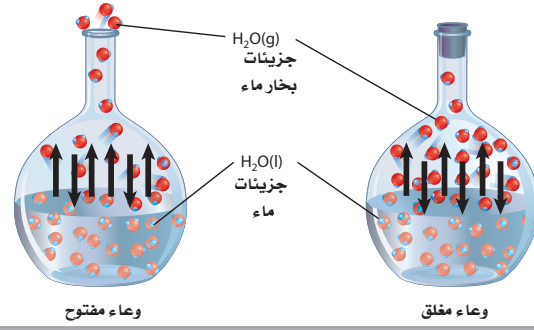
✓ **اختبار الرسم البياني؟** صف ما يحدث للجسيمات في المنطقة المظللة في الشكل 24-6.

عندما تترك الجسيمات السائل فإنها تدخل في الحالة الغازية. وتسمى الحالة الغازية للمواد التي تكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة البخار.



الشكل 24-6 يوضح الرسم البياني التوزيع المثالي للطاقة الحركية للجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C . وتقع أكبر طاقة محتملة للجسيمات على قمة المنحنى. **صف** شكل المنحنى للسائل نفسه عند 30°C .

الشكل 25-6 يحدث التبخر في كلا الوعائين المغلق والمفتوح. تخرج جسيمات الماء المتبخرة من الوعاء المفتوح بينما تبقى في الوعاء المغلق، حيث يتكاثف الماء ويتجمع فوق السائل.



تجربة
عملية

درجات الغليان

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



والتبخر هو العملية التي يتحول من خلالها السائل إلى غاز أو بخار.

وإذا كان التسخين تدريجيًا فإن جسيمات سطح السائل تحاول الإفلات والتحول إلى غاز. تذكر أن الجسيمات عند سطح السائل تكون مرتبطة بعدد أقل من الروابط مقارنة بالجسيمات الموجودة داخل السائل.

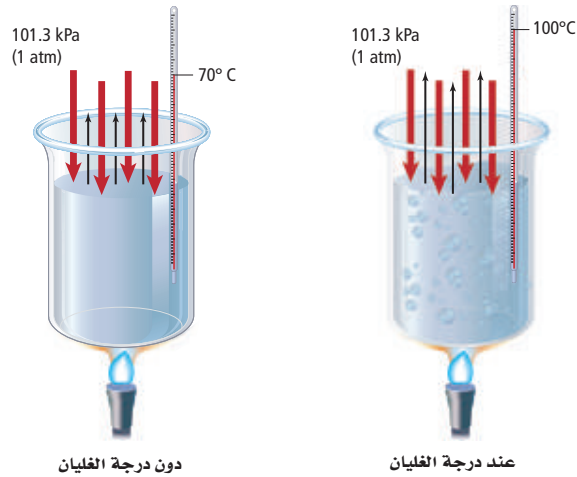
وعندما يحدث التبخر عند سطح السائل فقط تعرف هذه العملية **بالتبخر السطحي**. ويحدث التبخر لجزيئات الماء على السطح حتى في درجات الحرارة المنخفضة؛ لأن بعض الجزيئات تكون لها طاقة كافية للتحويل إلى بخار، ومع زيادة درجة الحرارة يزداد عدد الجسيمات التي تتحول إلى الحالة الغازية.

يوضح الشكل 25-6 مقارنة بين التبخر في وعاء مغلق وآخر مفتوح. فالماء الذي في الوعاء المفتوح تبخر كافة جزيئاته من السطح ويختفي في النهاية. ويعتمد الزمن اللازم لتبخر هذه الجزيئات كافة من السطح على كمية الماء والطاقة المتوافرة. أما الذي يكون في الوعاء المغلق فتكون الحالة مختلفة تمامًا؛ حيث يتجمع بخار الماء فوق سطح السائل، ويولد ضغطًا على سطحه يعرف **بضغط البخار**.

تسمى درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الخارجي أو الضغط الجوي **درجة الغليان**. استخدم الشكل 26-6 لمقارنة ما يحدث للسائل عند درجة غليانه بما يحدث له عند درجات حرارة أقل من درجة غليانه. للجسيمات جميعها عند درجة الغليان طاقة كافية للتبخر، وتتكون فقائيع بخار السائل تحت سطح السائل، ثم ترتفع إلى السطح.

الشكل 26-6 عندما ترتفع درجة الحرارة

تكتسب جسيمات الماء طاقة حركية، فيزداد ضغط البخار (الأسهم السوداء) ولكنه أقل من الضغط الجوي (الأسهم الحمراء). ويصل السائل إلى درجة غليانه عندما يصبح ضغط البخار مساويًا للضغط الجوي. وتكون درجة غليان الماء عند سطح البحر 100°C



دون درجة الغليان

عند درجة الغليان



التسامي هو تحول المادة مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة. فمثلاً، يتسامى كلاً من اليود الصلب وثنائي أكسيد الكربون الصلب (الجليد الجاف) عند درجة حرارة الغرفة. ويستخدم الجليد الجاف الظاهر في الشكل 27-6 للحفاظ على برودة المواد في أثناء الشحن، وبخاصة المواد التي تتلف من انصهار الثلج. وتتسامى كرات العث التي تحتوي على مادة النفثالين أو بيتا ثنائي كلورو البنزين، وكذلك معطرات الجو الصلبة.

تغيرات الحالة الفيزيائية الطاردة للطاقة Phase Changes That Release Energy

هل استيقظت صباح يوم بارد فلاحظت صقيعاً على نافذة منزلك، أو نقاطاً من الندى تغطي زجاج السيارات؟ هل لاحظت قطرات من الماء تتكون على سطح كأس ماء ثلج من الخارج؟ هذه الظواهر مثال على تغيرات الحالة التي تطلق الطاقة إلى محيطها.

التجمد افترض أنك وضعت كأس ماء في مجمد الثلاجة، فخلال عملية التبريد يفقد الماء الحرارة، فتفقد جسيمات الماء طاقتها الحركية، وتقل سرعتها، ويصبح انزلاق بعضها حول بعض أقل. وعندما تُفقد طاقة حركية كافية تُبقي الروابط الهيدروجينية التي بين جسيمات الماء الجسيمات ثابتة في مواقعها ومتجمدة. والتجمد عكس الانصهار. وتعرف **درجة التجمد** بأنها درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب بلوري.

التكاثف عندما تفقد جسيمات بخار الماء الطاقة فإن سرعتها تقل وتصبح قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية بين بعضها مع البعض أكبر. وينتج عن تكون الروابط الهيدروجينية طاقة حرارية، مما يعني تغير حالة البخار إلى الحالة السائلة. وتعرف عملية تحول البخار إلى سائل **بالتكاثف**، وهي عكس عملية التبخر. هناك العديد من العوامل المساهمة في التكاثف، إلا أن عملية التكاثف تتضمن انتقال الطاقة الحرارية. فعلى سبيل المثال، عندما تلامس جسيمات بخار الماء سطحاً بارداً مثل سطح كأس ماء ثلج تنتقل الطاقة الحرارية من جسيمات بخار الماء إلى الكأس الباردة، فتتكاثف هذه الجسيمات على السطح الخارجي للكأس. وتحدث العملية نفسها في أثناء الليل عندما تتكاثف جسيمات بخار الماء الموجودة في الهواء مكونة قطرات الندى على زجاج السيارة وأوراق النباتات أو الأعشاب أو أي سطح بارد.

الربط مع علم الأرض تنتج السحب والضباب والأمطار جميعها عن التكاثف. وتتكون كل هذه الظواهر عندما يمر الهواء المشبع ببخار الماء فوق أرض باردة أو مسطح مائي. ويحتاج تكونها إلى عامل آخر، هو جسيمات صلبة صغيرة جداً معلقة في الهواء تسمى نوى التكاثف. يمكن أن تكون هذه الجسيمات غباراً أو سناجاً أو رذاذاً (aerosols)، ومن ذلك ثاني أكسيد الكبريت أو أكسيد النيتروجين الذي يتكاثف عليه بخار الماء. وقد يستقر الهواء الدافئ في بعض الحالات فوق الهواء البارد، وهو ما يعرف بالانقلاب الحراري. ويبين الشكل 28-6 ضباباً ناتجاً عن هذا الانقلاب.

✓ **ماذا قرأت؟** صف تكاثف بخار الماء في الجو.



الشكل 27-6 تحفظ قطع اللحم مبردة بوساطة الجليد الجاف.

وضّح لماذا يفضل الجليد الجاف على الثلج العادي في تبريد اللحوم ومشتقاتها في أثناء الشحن؟

الشكل 28-6 عادة يصبح الهواء أكثر برودة مع الارتفاع. يحدث انقلاب درجة الحرارة عندما تنعكس الحالة ويصبح الهواء أكثر دفئاً عند المرتفعات وهذا الانقلاب قد يحصر الدخان فوق المدن والضباب في وديان الجبال.



الترسب عندما يلامس بخار الماء سطح نافذة باردة في الشتاء تتكون قطرات صلبة على النافذة تسمى الصقيع. **فالترسب** هو عملية تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة، وهي عكس التسامي، فتتكون رقائق الثلج عندما يتحول بخار الماء الموجود في طبقات الجو العليا إلى بلورات من الثلج الصلب، وتنبعث الطاقة خلال تكونها.

مخطط الحالة الفيزيائية (الطور) Phase Diagram

يتحكم متغيران معاً في حالة المادة، هما: الضغط ودرجة الحرارة. ولهذين المتغيرين تأثيرات عكسية على المادة. حيث تعمل زيادة درجة الحرارة مثلاً على رفع معدل تبخر الماء، بينما تعمل زيادة الضغط على رفع معدل تكاثف البخار. **ومخطط الحالة الفيزيائية (الطور)** رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يوضح حالة المادة تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والضغط. يظهر الشكل 29-6 مخطط الطور للماء، حيث يمكن استخدامه لتخمين حالة الماء عند أي درجة حرارة وضغط. لاحظ وجود ثلاث مناطق تمثل الحالة الفيزيائية: صلب وسائل وغاز، إضافة إلى وجود ثلاثة منحنيات تفصل هذه المناطق بعضها عن بعض. يوجد عند أي نقطة على امتداد خط المنحني حالتان فيزيائيتان معاً للماء. يوضح المنحني الأصفر القصير ظروف الضغط والحرارة التي يوجد عندها بخار وثلج معاً. أما المنحني الأزرق الطويل فيوضح ظروف الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة سائل وبخار معاً، في حين يوضح المنحني الأحمر الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة ثلج وسائل معاً.

تسمى النقطة (A) التي تتقاطع عندها المنحنيات الحمراء والزرقاء والصفراء النقطة الثلاثية للماء. **والنقطة الثلاثية** نقطة على الرسم البياني تمثل درجة الحرارة والضغط؛ حيث يوجد عندها الماء في حالاته الثلاث معاً.

ويمكن للتغيرات الستة كلها أن تحدث عند النقطة الثلاثية: التجمد والانصهار والتبخر والتكاثف والتسامي والترسب. وتعرف النقطة (B) **بالنقطة الحرجة**، وهي النقطة التي تمثل كلاً من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة. وإذا وجد بخار الماء عند درجة الحرارة الحرجة فلا يمكن لزيادة الضغط أن تحول بخار الماء إلى سائل.

الشكل 29-6 يوضح هذا الرسم

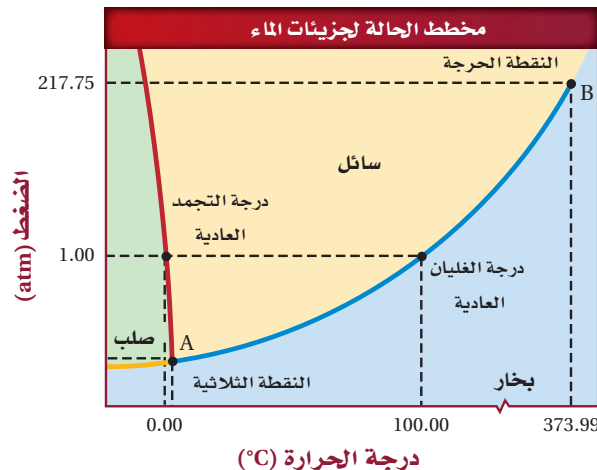
مخطط الطور للماء عند درجات حرارة وضغوط مختلفة.

اختبار الرسم البياني؟

حدد حالة الماء الفيزيائية

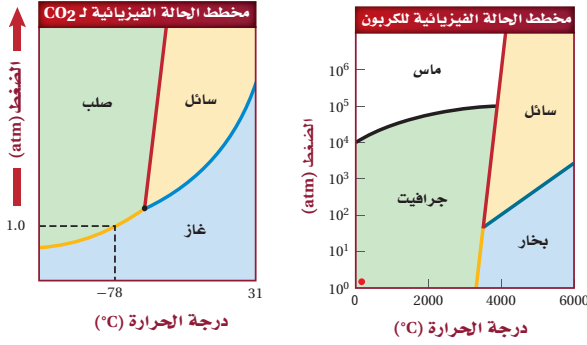
عند درجة حرارة 100.00°C

وضغط (2.00 atm).



اختبار الرسم البياني؟ قارن بين ميل المنحنى الأحمر في

كلا الرسمين البيانيين لكل من الماء وثاني أكسيد الكربون. كيف يختلف تأثير كل من الماء وثاني أكسيد الكربون في التفاعلات بارتفاع الضغط عند المنحنى صلب/ سائل؟



الشكل 6-30 يظهر مخطط الطور معلومات مفيدة، منها: لماذا يتسامى ثاني أكسيد الكربون في الظروف العادية؟ وسبب وجود نوعين من الكربون الصلب.

يختلف مخطط الطور للمواد؛ وذلك بسبب اختلاف درجات تجمدها وجليانها. ومع ذلك يعطي كل مخطط المعلومات نفسها عن الحالة الفيزيائية والنقطة الثلاثية. لذا فإنك ستغير اختيار مدى درجات الحرارة ليعكس الخصائص الفيزيائية للمادة.

يُظهر مخطط الطور معلومات مهمة عن المواد. فعلى سبيل المثال، يوضح مخطط الطور لثاني أكسيد الكربون في الشكل 6-30 سبب تسامي ثاني أكسيد الكربون تحت الظروف العادية. إذا بحثت عن 1.0 atm على منحنى ثاني أكسيد الكربون، وتتبع الخط المنقط للمنحنى الأصفر فستجد أن ثاني أكسيد الكربون يتغير من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية عند 1 atm فقط. وإذا مددت الخط المنقط إلى ما بعد المنحنى الأصفر فسيُظهر الشكل أن ثاني أكسيد الكربون لا يتحول إلى سائل مع زيادة درجة الحرارة، بل يبقى في الحالة الغازية.

يظهر الشكل الأيمن مخطط الطور للكربون. لاحظ احتواء الرسم على متآصلين للكربون في منطقة الحالة الصلبة: الجرافيت وهو الحالة المستقرة للكربون عند درجة الحرارة والضغط العاديين والمحددة بالنقطة الحمراء. والألماس الأكثر استقراراً عند درجات الحرارة والضغط العاليين. والألماس الموجود عند درجة حرارة الغرفة وضغطها يتكوّن في الأصل عند درجة حرارة وضغط عاليين.

تجربة
عملية

نوى التجمد

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



التقويم 6-4

الخلاصة

27. **الفكرة الرئيسية** اشرح كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية؟
28. **فسر** الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمد.
29. **قارن** بين الترسيب والتسامي.
30. **قارن** بين التسامي والتبخّر.
31. **صف** المعلومات التي يوضحها مخطط الطور.
32. **فسر** لماذا تمثل كل من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الطور؟
33. **حدد** الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على الشكل 29-6، عند درجة حرارة 75.00°C وضغط (3.00 atm).

- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معاً كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الطور تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة.



الكيمياء في واقع الحياة

كيمياء الكاكاو



الشكل 2 تتم معالجة الشوكولاتة ببطء، حتى يظهر التركيب البلوري فيها مما يعطي للشوكولاتة المظهر الخاص به.

تتطلب جسيمات الشوكولاتة الأصغر حجماً كمية أكبر من زبد الكاكاو لتغطية سطحها الصلب، ويسمح المزيد من زبد الكاكاو بين الجسيمات الصلبة بانسياب الشوكولاتة.

الملبس السلس إذا احتوت الشوكولاتة على كمية قليلة من زبد الكاكاو بين جسيماتها الصلبة فإنها تصبح لزجة جداً ما يمنع انسيابها في القالب. ولتحسين انسياب الشوكولاتة دون تكبير مساحة السطح يقوم المصنعون بإضافة المزيد من زبد الكاكاو، أو مستحلب الليستين إلى المزيج، وهو مادة دهنية تستخرج من حبوب الصويا، تساعد على إبقاء جسيمات الزبد معلقة بتجانس في الشوكولاتة.

التبلور والخطوة الأخرى المهمة في عملية تصنيع الشوكولاتة هي الرّج. ويتم التحكم خلال هذه العملية في درجة حرارة الشوكولاتة بحرص؛ للتأكد من تكون البلورات المطلوبة. وإذا لم يتم رج الشوكولاتة بصورة مناسبة تتكون بلورات تعطي نوعاً رديئاً من الشوكولاتة. ويؤدي تشكيل الشوكولاتة بصورة بلورات - كما هو ظاهر في الشكل (2) - إلى جعلها أكثر صلابة ولمعاناً، ويسهل قضمها، وتنصهر عند درجة حرارة الجسم.

الشوكولاتة مادة غذائية، موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والمكسيك. وقد نقل هنري كورتر حبوب الكاكاو وطريقة صناعة مشروب الشوكولاتة إلى إسبانيا، بعدما قدم حاكم الأزتيك مونتيوزوما في عام 1519م المشروب المر لحبوب الكاكاو، حيث أصبح مشروب الشوكولاتة من المشروبات المشهورة والغالية. بقيت الشوكولاتة من المنتجات الغذائية الخاصة بالأغنياء حتى منتصف القرن التاسع عشر، عندما أصبح ثمنها في متناول عامة الناس، وقد تحسنت تقنيات معالجتها.

لا تشبه الشوكولاتة المقدمة الآن ما تم تقديمه في قصر مونتيوزوما؛ فقد أعطت تقنيات المعالجة، وكذلك المواد المضافة إلى الشوكولاتة، ما نستمتع به اليوم من سلاسة وحلاوة ولذة.

تنصهر في فمك تتكون الشوكولاتة من مزيج من الكاكاو، وزبد الكاكاو، ومكونات أخرى تشكّل مزيجاً صلباً عند درجة حرارة الغرفة، ولكنه ينصهر في الفم. لماذا؟ يعود ذلك إلى أن أهم مكونات الشوكولاتة هو زبد الكاكاو، وهو دهن ينصهر عند درجة حرارة الجسم.

حجم الجسيمات تُكون الشوكولاتة سائلة في أثناء عملية التحضير، ويغلف زبد الكاكاو المنصهر جسيمات الكاكاو الصلبة، إضافة إلى السكر والحليب. ويجب ألا تكون هذه الجسيمات الصلبة كبيرة وإلا أصبحت الشوكولاتة على هيئة حبيبات في الفم. ويجب أن يكون قطر الجسيمات بصورة عامة ما بين $2.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ و $3.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ تقريباً.

السيطرة على التدفق وكما تلاحظ من الشكل (1) للعدد الكبير من الجسيمات الصغيرة مساحة سطحية أكبر من قطعة واحدة لها الكتلة نفسها.



تزداد مساحة السطح

الشكل 1 على الرغم من أن كتلة الجسيمات متساوية إلا أن زيادة مساحة سطح الجسيمات تسمح بزيادة كمية زبد الكاكاو الذي يغطي الجسيمات، مما يزيد من تدفق الشوكولاتة.

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن معلومات أخرى عن الشوكولاتة، ثم اكتب تقريراً قصيراً.

مختبر الكيمياء

مقارنة معدلات التبخر



8. استخدم الخطوات السابقة لتصميم تجربة لتلاحظ تأثير الحرارة في سرعة التبخر السطحي للإيثانول. سوف يزودك معلمك بعينة من الإيثانول الدافئ.
9. **التنظيف والتخلص من النفايات** نظف أدوات المختبر كما يرشدك معلمك.

حلل واستنتج

1. **صنف** أي السوائل تتبخر بسرعة، وأيها ببطء؟
2. **قوّم** اعتماداً على البيانات، أي السوائل كانت فيها قوى التجاذب بين الجزيئية قوى تشتت؟
3. **فكر** ما العلاقة بين التوتر السطحي وبين شكل نقطة السائل؟ ما قوى التجاذب التي تزيد من التوتر السطحي للسائل؟
4. **قوّم** كحول الأيزوبروبيل الذي استخدمته مزيج من كحول وماء. هل يتبخر الكحول النقي أسرع من خليط الكحول والماء، أم أبطأ منه؟ فسر إجابتك.
5. **قوّم** الأمونيا المنزلية مزيج من الأمونيا والماء. اعتماداً على البيانات التي جمعتها، هل يوجد أمونيا أم ماء أكثر في المزيج؟ فسر إجابتك.
6. **قوّم** كيف يمكن مقارنة سرعة تبخر الإيثانول الساخن مع الإيثانول عند درجة حرارة الغرفة؟
7. **شارك** بياناتك مع زملائك في الصف.
8. **تحليل الخطأ** ما التغيرات التي يمكن إدخالها على الإجراءات السابقة لتجعل التجربة أكثر دقة؟

استقصاء

تصميم تجربة كيف يؤثر اختلاف مساحة السطح في نتائج التجربة؟ صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

الخلفية النظرية: تحدد عدة عوامل سرعة التبخر السطحي لعينة من السائل. ويعد حجم السائل العامل الرئيس؛ حيث تحتاج قطرة واحدة من الماء لكي تتبخر إلى زمن أقل من الزمن اللازم لتبخر لتر من الماء. أما كمية الطاقة المعطاة للعينة فهي عامل آخر.

سؤال: كيف تؤثر القوى بين الجزيئية في سرعة تبخر السوائل؟

المواد والأدوات اللازمة

ماء مقطر	5 قطرات
إيثانول	5 أكواب بلاستيكية صغيرة
أيزوبروبيل الكحول	قلم تخطيط
أسيتون	ورقة شمعية
أمونيا (منزلية)	ساعة إيقاف

احتياطات السلامة



الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدول بيانات لتسجيل البيانات.
3. عنون الأكواب بالرموز A، B، C، D، E؛ حيث (A): ماء مقطر، B: إيثانول، C: أيزوبروبيل الكحول، D: أسيتون، E: أمونيا منزلية).
4. ضع 1 mL من الماء المقطر في الكوب (A) باستخدام قطارة، ثم ضع القطارة بجانب الكوب، وكرر العملية نفسها مع السوائل الأخرى.
5. ضع ورقة شمعية على الطاولة، وحدد عليها خمس نقاط لتضع عليها القطرات التي ستفحصها.
6. أعد ساعة إيقاف، وضع قطرة واحدة من الماء المقطر على المكان المحدد على الورقة الشمعية، ثم احسب الوقت اللازم لتبخر نقطة الماء. وإذا احتاجت النقطة إلى أكثر من 5 دقائق (300 s) فسجل ذلك في جدولك في صورة (< 300 ثانية).
7. كرر الخطوة 6 مع السوائل الأربعة الأخرى.



الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

6-1 الغازات

المفاهيم الرئيسية

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، اعتماداً على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزيئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل سرعة انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جداً دائمة الحركة.

المفردات

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط الجزيئي
- الضغط الجوي
- البارومتر
- المانومتر
- باسكال
- قانون دالتون للضغوط

6-2 قوى التجاذب

المفاهيم الرئيسية

- القوى الجزيئية أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشبث أقوى بين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

الفكرة الرئيسية تحدّد القوى بين الجزيئات - ومنها قوى التشبث، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- قوى التشبث
- القوى الثنائية القطبية
- الرابطة الهيدروجينية

6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

المفاهيم الرئيسية

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد السائلة والصلبة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

الفكرة الرئيسية لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

المفردات

- اللزوجة
- التوتر السطحي
- عوامل خافضة للتوتر
- المواد الصلبة غير السطحي
- المادة الصلبة المتبلورة
- وحدة البناء
- التآصل
- المتبلورة



4-6 تغيرات الحالة الفيزيائية

الفكرة الرئيسية

تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

المفردات

- درجة الانصهار
- التبخر
- التبخر السطحي
- ضغط البخار
- درجة الغليان
- درجة التجمد
- التكاثف
- الترسيب
- مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)
- النقطة الثلاثية
- النقطة الحرجة

المفاهيم الرئيسية

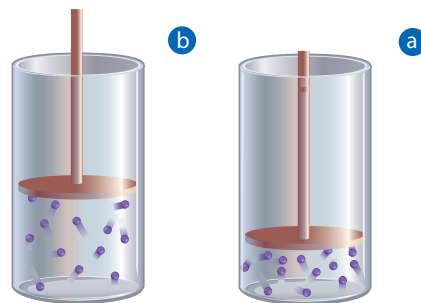
- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الطور تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة الفيزيائية.



6-1

إتقان المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟
35. كيف تتغير الطاقة الحركية للجسيمات تبعاً لدرجات الحرارة؟
36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدد والانضغاط.
37. اذكر افتراضات نظرية الحركة الجزيئية.
38. صف الصفات العامة للغازات.
39. قارن بين الانتشار والتدفق، ثم فسّر العلاقة بين سرعة هذه العمليات والكتلة المولية للغاز.
40. في الشكل 31-6، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 31-6

41. صناعة الخبز فسّر لماذا تختلف تعليقات طريقة عمل الخبز الموجودة على علبة المكونات في المناطق المنخفضة والمرتفعة؟ وهل تتوقع أن يكون الزمن اللازم لعمل الخبز أطول أم أقصر عند الارتفاعات العالية؟

إتقان المسائل

42. ما الكتلة المولية لغاز يتدفق 3 مرات أبطأ من الهيليوم؟
43. ما نسبة سرعة تدفق الكريبتون إلى النيون عند نفس درجة الحرارة والضغط؟
44. احسب الكتلة المولية لغاز سرعة تدفقه أسرع 3 مرات من الأكسجين تحت الظروف نفسها.

45. ما الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في عينة هواء، إذا كان الضغط الكلي لها 1.00 atm والضغط الجزئي للنيتروجين 0.799 atm وللأكسجين 0.20 atm وللغازات الأخرى المتبقية 0.0044 atm؟

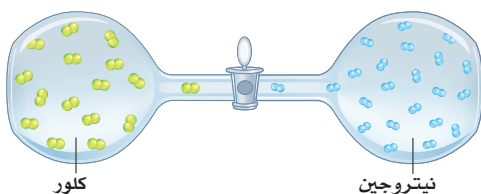
46. ما ضغط الغاز الكلي في دورق مغلق يحتوي على أكسجين له ضغط جزئي يساوي 0.41 atm وبخار ماء له ضغط جزئي يساوي 0.58 atm؟

47. تبلغ قيمة الضغط عند قمة أعلى جبل في العالم، قمة إفرست، 33.6 kPa تقريباً، حول قيمة الضغط إلى وحدة ضغط جوي atm، ثم قارن بين هذا الضغط والضغط عند سطح البحر.

48. ارتفاعات عالية يساوي الضغط الجوي عند قمة أحد جبال المملكة 84.0 kPa تقريباً. ما قيمة الضغط بوحدتي atm و torr؟

49. يساوي الضغط على عمق 76.21 m في المحيط 8.4 atm تقريباً. ما قيمة الضغط بوحدتي kPa و mmHg؟

50. يمثل الشكل 32-6 تجربة؛ إذ يملأ الدورق الأيسر فيها بغاز الكلور، ويملاً الدورق الأيمن بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح الصمام بينهما. افترض أن درجة حرارة النظام ثابتة خلال التجربة.



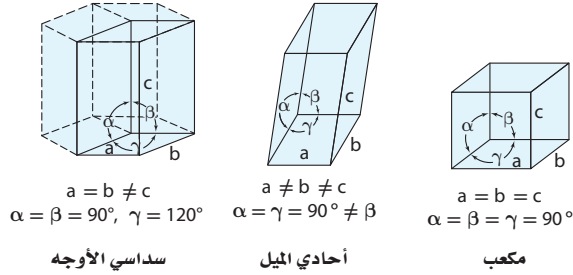
الشكل 32-6

6-2

إتقان المفاهيم

51. وضح الفرق بين القطبية المؤقتة و القطبية الدائمة.
52. لماذا تعد قوى التشتت أضعف من القوى الشائبة القطبية؟

64. استعن بالشكل 33-6 للمقارنة بين البلورات المكعبة والأحادية الميل والسداسية الأوجه.



الشكل 33-6

65. ما الفرق بين المادة الصلبة الشبكية والمادة الصلبة الأيونية؟
 66. فسّر لماذا يمكن ثني الفلزات عند ضربها، بينما تتكسر المواد الأيونية؟
 67. عدّد أنواع المواد المتبلورة التي تعدّ موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.
 68. كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في لزوجة المادة؟
 69. فسّر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أكبر منه للجازولين ذي الجسيمات غير القطبية؟
 70. قارن بين عدد الجسيمات لكل وحدة بناء لكل مما يأتي:

a. المكعب البسيط

b. المكعب المركزي الجسم.

71. توقع أي المواد الصلبة من المرجح أن تكون غير متبلورة: مادة تكونت من تبريد مصهورها عند درجة حرارة الغرفة خلال 4 ساعات، أم مادة تكونت من تبريد مصهورها بسرعة في حوض من الثلج؟
 72. التوصيل الكهربائي أي المواد الصلبة الآتية يمكن أن توصل محاليلها التيار الكهربائي أفضل: السكر أم الملح؟
 73. فسّر لماذا يطفو مكعب الثلج فوق الماء، بينما يغرق مكعب البنزين الصلب في البنزين السائل؟ أي السلوكين طبيعي أكثر؟

53. فسّر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم القوى الثنائية القطبية؟
 54. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئات وقوى التجاذب الجزيئية.
 55. لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية بعضها مع بعض أقوى من تجاذب الجزيئات الكروية غير القطبية التي لها التركيب نفسه؟

إتقان المسائل

56. الجزيئات القطبية استخدم الاختلاف في الكهروسالبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:
 CO.d NO.c HBr.b HF.a
 57. ارسم تجاذبًا ثنائي القطبية بين جزيئين من CO.
 58. أي المواد الآتية تكوّن روابط هيدروجينية؟
 NH₃.d HF.c H₂O₂.b H₂O.a
 59. أي الجسيمات الآتية يكوّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جسيمات منها موضحةً ترابطها معًا بواسطة الروابط الهيدروجينية.
 CO₂.d H₂O₂.c MgCl₂.b NaCl.a

6-3

إتقان المفاهيم

60. ما التوتر السطحي؟ وما الشروط الواجب توافرها لحدوثه؟
 61. فسّر سبب انحناء سطح الماء في المخبر المدرج؟
 62. أي السائلين أكثر لزوجة عند درجة حرارة الغرفة: الماء أم الدبس؟ فسّر إجابتك
 63. فسّر كيف تؤدي قوتان مختلفتان دوريهما في الخاصية الشعرية؟



81. انسخ الشكل 34-6 ثم حدّد عليه منطقة الحالة الصلبة والسائلة والغازية، والنقطة الثلاثية والنقطة الحرجة.

82. لماذا تكون الطاقة التي نحتاج إليها لجلي 10 g من الماء السائل أكبر من الطاقة اللازمة لصهر الكتلة نفسها من الثلج؟

مراجعة عامة

83. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير تصنيف السوائل والغازات من الموائع؟

84. استخدم قوى التجاذب بين الجزيئية لتفسير سبب تواجد الأكسجين في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، بينما يوجد الماء في الحالة السائلة.

85. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا يمكن ضغط الغاز بينما لا يمكن ضغط السائل أو الصلب؟

86. تساوي كثافة الزئبق عند درجة حرارة 25°C وضغط 13.5 g/mL 760 mmHg بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط (1.00 g/mL). فسر هذا الاختلاف، اعتماداً على قوى التجاذب بين الجزيئات ونظرية الحركة الجزيئية.

87. إذا كان هناك وعاءان متماثلان يحويان الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها ولكن الضغط في أحدهما ضعف الضغط في الآخر فما كمية الغاز الموجودة في كل وعاء؟

88. عدّد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئات.

89. عندما تذوب بلورات صلبة من السكر في كوب من الماء يتكون محلول متجانس، بحيث لا يمكن رؤية البلورات. وإذا ترك هذا المحلول عند درجة حرارة الغرفة لعدة أيام فسنلاحظ تكون البلورات في القاع، وعلى جوانب الكوب مرة أخرى. فهل هذا مثال على التجمد؟

إتقان المسائل

74. إذا أعطيت أطوال الأضلاع وقيم زوايا الوجه، فتوقع شكل كل بلورة مما يأتي:

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 3 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$$

$$a = 4 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 100^\circ, \gamma = 90^\circ$$

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$$

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

6-4

إتقان المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسيب؟

76. قارن بين التبخر والغليان.

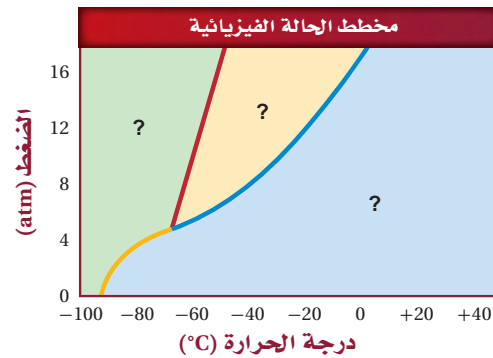
77. ما المقصود بدرجة الانصهار؟

78. فسّر العلاقة بين كل من الضغط الجوي وضغط البخار للسائل ودرجة الغليان.

79. فسّر تكوّن الندى في الصباح البارد.

80. ثلج فسّر سبب تقلص كومة ثلج ببطء، حتى في الأيام التي لا تزيد درجة الحرارة فيها على درجة تجمد الماء.

إتقان المسائل



الشكل 6-34

الجدول 6-6 مخطط الحالة الفيزيائية للأمونيا		
نقاط مختارة	ضغط (atm)	درجة حرارة (°C)
النقطة الثلاثية	0.060	-77.7
النقطة الحرجة	112	132.2
درجة الغليان الطبيعية	1.0	-33.5
درجة التجمد الطبيعية	1.0	-77.7

94. طبق في أثناء تسخين مادة صلبة تبقى درجة حرارتها ثابتة حتى تنصهر كلياً. ماذا يحدث للطاقة الحرارية للنظام خلال الانصهار؟

95. تواصل أي العمليتين تجعلك قادراً على شم العطور من زجاجة مفتوحة وبعيدة عنك: الانتشار أم التدفق؟ فسر إجابتك.

96. استنتج يتضمن عرض مختبري صبَّ بخار البروم ذي اللون الأحمر الغامق في دورق يحتوي على الهواء، ثم يغلق الدورق بإحكام. يتحرك البروم في البداية نحو القاع، وبعد عدة ساعات يتوزع اللون الأحمر بالتساوي في جميع أجزاء الدورق.

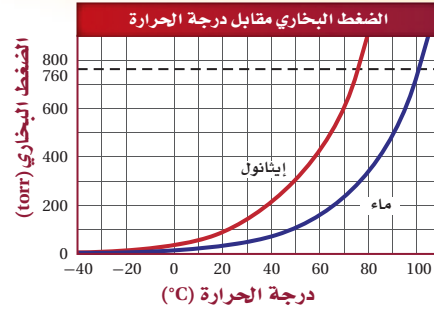
- هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقل من الهواء؟
- هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صبه فوق سائل آخر؟

97. حلل استخدم ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية لتحديد ما إذا كانت الأمونيا NH_3 أم الميثان CH_4 أكثر ذائبية في الماء.

98. قوِّم عدد ثلاث تغيرات تنتج طاقة، وثلاثة أخرى تستهلكها.

99. قوِّم سائل ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج يستخدم في الصناعات الغذائية لانتزاع الكافيين من الشاي والقهوة والمشروبات الغازية، وكذلك في الصناعات الدوائية لتكوين جسيمات دقيقة تستخدم في أنظمة توزيع الدواء. استعن بالشكل 6-36 لتحديد الظروف التي يجب توافرها لتكوين ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

التفكير الناقد



الشكل 6-35

90. تفسير الرسوم البيانية ارجع إلى الشكل 6-35 الذي يوضح ضغط بخار كل من الماء والإيثانول مقابل درجة الحرارة للإجابة عما يأتي:

- ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟
- ما درجة غليان الإيثانول عند درجة حرارة 1 atm؟
- إذا كان الضغط الجوي 0.80 atm، فما درجة الحرارة التي يغلي عندها الماء؟

91. فرضية أي نوع من المواد الصلبة المتبلورة تتوقع أن تتناسب مع الشروط الآتية بأفضل صورة؟

- مادة تنصهر ويعاد تشكيلها عند درجات حرارة منخفضة.
- مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.
- مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة.
- مادة صلبة جداً وغير موصلة للكهرباء.

92. قارن يستخدم ضاغط الهواء الطاقة لضغط جسيمات الهواء معاً، وعندما يترك الهواء ليتمدد تستخدم الطاقة الناتجة في تنظيف السطوح بلطف دون استخدام مواد كاشطة سائلة أو صلبة إضافية. تعمل الأنظمة الهيدروليكية بالصورة نفسها، ولكنها تضغط الموائع لنقل القوة. ما فوائد وعيوب استخدام هذين النوعين من التقنية في رأيك؟

93. رسم بياني استخدم الجدول 6-6 لرسم مخطط الطور للأمونيا.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

106. المسك من المكونات الأساسية في الكثير من العطور والصابون والشامبو، وحتى في الأطعمة، ومنها الشوكولاتة وعرق السوس والحلوى الصلبة. تتكون مركبات المسك المحضرة صناعياً والطبيعية من جسيمات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجسيمات المركبات الأخرى المكونة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكد على إطلاق العطر بصورة بطيئة ومستمرة. اكتب تقريراً عن كيمياء مكونات العطور، مؤكداً على أهمية سرعة الانتشار، بوصفها إحدى صفات العطر.

107. غاز البروبان وقود شائع الاستخدام في مواقد الغاز وتدفئة البيوت، إلا أنه لا يعبأ في حالته الغازية، بل يُسَيَّل ويطلق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد ومساوئ تخزين ونقل البروبان سائلاً لا غازاً.

108. حالات المادة الأخرى ابحث في إحدى الموضوعات الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids). واكتب تقريراً عنها لتعرضه على بقية طلاب الصف.

أسئلة المستندات

اليود يتسامى اليود إذا ترك عند درجة حرارة الغرفة من الصلب إلى الغاز، ولكن إذا سخن بسرعة فإن ما يحدث له يختلف تماماً، ويمكن وصفه كما يأتي:

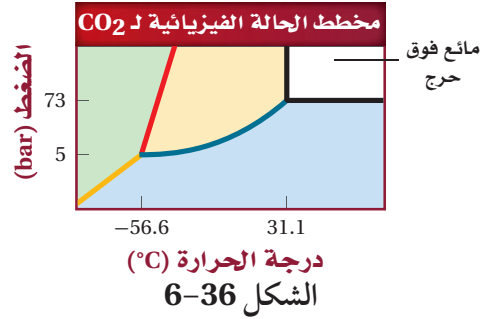
وُضع 1.0 g من اليود في أنبوب محكم الإغلاق، وسُخن على سخان كهربائي، فتكونت طبقة من الغاز الأرجواني في الأسفل، وأصبح اليود سائلاً. وعند إمالة الأنبوب تحرك السائل على طول جانب الأنبوب في مجرى ضيق، وتصلب بسرعة.

109. لماذا يتسامى اليود بسهولة؟ فسر إجابتك باستخدام ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئات.

110. لماذا لا يمكن ملاحظة اليود السائل عند تسخينه في الهواء؟

111. لماذا يجب استخدام أنبوب محكم الإغلاق في هذا الاستقصاء؟

112. استنتج لماذا يتصلب اليود عند إمالة الأنبوب؟



الشكل 6-36

مسألة تحفيز

100. إذا كان لديك محلول يحتوي على 135.2 g KBr ذائبة في 2.3 L ماء، فما حجم المحلول الذي تستخدمه لتحضير محلول حجمه 1.5L وتركيزه 0.1 mol/L من محلول KBr السابق؟ وما درجة غليان المحلول الناتج؟

مراجعة تراكمية

101. صنف المواد الآتية إلى عنصر أو مركب أو مخلوط متجانس أو مخلوط غير متجانس:

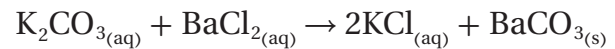
- a. الهواء
- b. الدم
- c. أمونيا
- d. الخردل
- e. الماء المقطر

102. أعطيت محلولين مائيين شفافين صافيين، وقد قيل لك إن أحد المحلولين يحتوي مركباً أيونياً، ويحتوي الثاني على مركب تساهمي. كيف تحدد أيهما أيوني؟ وأيها تساهمي؟

103. أي فروع الكيمياء يدرس المادة وحالاتها؟

- a. الكيمياء الحيوية
- b. الكيمياء الفيزيائية
- c. الكيمياء العضوية
- d. كيمياء المبلمرات

104. ما نوع التفاعل الآتي؟



- a. احتراق
- b. إحلال مزدوج
- c. إحلال بسيط
- d. تحضير

105. من أول كيميائي وضع أول جدول دوري، وكان أوسع استخداماً وأكثر قبولاً؟

- a. ديمتري مندليف
- b. هنري موزلي
- c. جون نيولاندر
- d. لوثر ماير

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما نسبة سرعة انتشار أكسيد النيتروجين NO ورابع

أكسيد النيتروجين N_2O_4 ؟

a. 0.326

b. 0.571

c. 1.751

d. 3.066

2. أي الجمل الآتية لا تتفق مع فرضيات نظرية الحركة

الجزئية؟

a. التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة.

b. جسيمات العينة جميعها لها السرعة نفسها.

c. لا تتجاذب جسيمات الغاز أو يتنافر بعضها مع

بعض بصورة ملحوظة.

d. للغازات جميعها عند درجة حرارة معينة متوسط

الطاقة الحركية نفسها.

3. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربون

والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق

3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكل من Ne و Kr

هو 0.435 atm و 1.613 atm على التوالي، فما الضغط

الجزئي لغاز Ar؟

a. 2.048 atm

b. 1.734 atm

c. 1556 atm

d. 1318 atm

4. أي مما يأتي لا يؤثر في لزوجة السائل؟

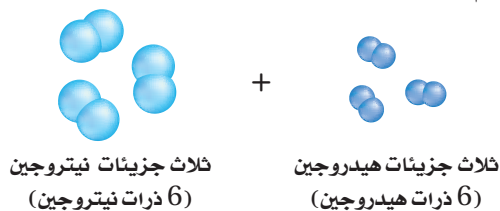
a. قوى التجاذب بين الجزيئات.

b. حجم وشكل الجزيء.

c. درجة حرارة السائل.

d. الخاصية الشعرية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 5.



5. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين كما هو موضح

لتكوين الأمونيا. أي العبارات الآتية صحيحة في هذا

التفاعل؟

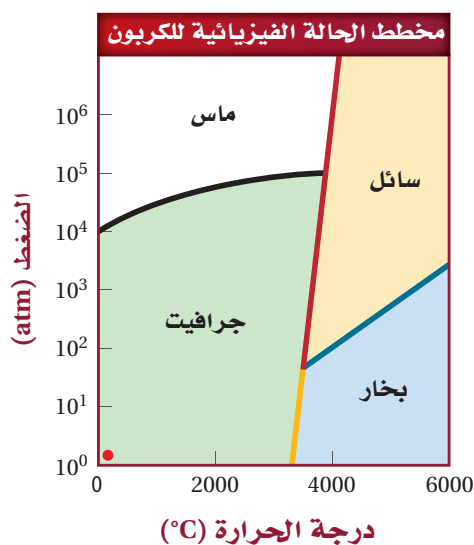
a. يتكوّن 3 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي من جزيء.

b. يتكوّن جزيئي أمونيا ويتبقى جزيئا هيدروجين.

c. يتكوّن 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي جزيء.

d. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزيئا نيتروجين.

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8



6. ما الظروف التي يتكون فيها الألماس؟

a. درجة الحرارة $5000K <$ والضغط $100atm >$

b. درجة الحرارة $6000K <$ والضغط $atm25 >$

c. درجة الحرارة $3500K >$ والضغط $10^5 atm <$

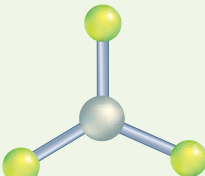
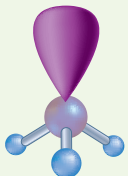
d. درجة الحرارة $4500K >$ والضغط $10atm >$



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 11.

الجدول 6-8 الشكل الهندسي لـ PCl_3 و $AlCl_3$		
المركب	$AlCl_3$	PCl_3
شكل الجزيء		

11. ما أسماء أشكال الجسيمات لكلا المركبين؟ فسر كيف يؤدي ترتيب الذرات في كل مركب إلى اختلاف أشكالها على الرغم من أن لهما الصيغة الكيميائية نفسها؟

7. ما النقطة التي يوجد عندها الكربون بثلاث حالات جرافيت صلب وألماس وكربون سائل؟ موضحًا درجة الحرارة والضغط عندها؟

- a. 4700 K و 10^6 atm
- b. 3000 K و 10^3 atm
- c. 5100 K و 10^5 atm
- d. 3500 K و 80 atm

8. ما الأشكال التي يوجد عليها الكربون عند 6000 K و 10^5 atm

- a. ألماس فقط.
- b. كربون سائل فقط.
- c. ألماس وكربون سائل.
- d. جرافيت وكربون سائل.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 9 و 10

الجدول 6-7 خصائص الرابطة الأحادية		
الرابطة	طاقة الرابطة kJ/mol	طول الرابطة (pm)
H-H	435	74
Br-Br	192	228
C-C	347	154
C-H	393	104
C-N	305	147
C-O	356	143
Cl-Cl	243	199
I-I	151	267
S-S	259	208

9. ارسم العلاقة بين طول الرابطة وطاقة الربط بيانيًا، واضعًا طاقة الربط على المحور السيني.

10. لخص العلاقة بين طاقة الرابطة وطول الرابطة.



الفكرة (النامة) تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

7-1 قوانين الغازات

الفكرة (الرئيسية) إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

7-2 قانون الغاز المثالي

الفكرة (الرئيسية) يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

الفكرة (الرئيسية) عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

حقائق كيميائية

- درجة حرارة الهواء في المنطاد كافية لغلي الماء.
- استخدم العالم جوزيف جاي-لوساك في القرن التاسع عشر منطاد الهواء الساخن في أبحاثه وتجاربه، في حين استخدم العالم جاك شارل منطاد الهيدروجين في تجاربه.
- يحتوي منطاد الهواء الساخن في المتوسط على 2.5 مليون لتر من الغاز.

سلة المنطاد

موقد البروبان

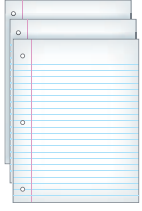


نشاطات تمهيدية

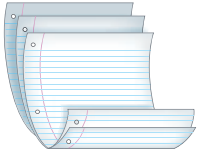
قوانين الغازات عمل
المطويات الآتية لتساعدك
على تنظيم دراسة قوانين
الغاز.

المطويات

منظمات الأفكار



الخطوة 1 أحضر ثلاث
ورقات، وضع بعضها فوق
بعض، ودع حوافها العليا
متباعدة رأسياً بمقدار 2 cm



الخطوة 2 اثن الأطراف
السفلية للأوراق على
أن تكون خمس طيات
متساوية. ثم اضغط على
الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

قوانين الغازات
قانون بويل
قانون شارل
قانون جاي - لوساك
القانون العام
القانون المثالي

الخطوة 3 ثبت المطوية،
كما في الشكل، وعنون
الطيات على النحو الآتي:
قوانين الغاز، بويل،
شارل، جاي-لوساك، القانون العام، قانون
الغاز المثالي.

استخدم هذه المطوية في أثناء
قراءة القسمين 1-7 و 2-7. لخص قوانين
الغازات بكلماتك الخاصة.

تجربة استهلاكية

كيف تؤثر درجة الحرارة في حجم الغاز؟

تعمل شعلة المنطاد - انظر الصفحة اليمنى - على رفع درجة
حرارة الهواء داخله ليبقى محلقاً في الجو.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. انفخ بالوناً ثم اربطه.
3. اسكب ماءً بارداً في دلو إلى منتصفه، ثم أضف إليه قطع
من الثلج.
4. استخدم خيطاً لقياس محيط البالون في درجة حرارة الغرفة.
5. حرك الماء والثلج في الدلو جيداً، حتى تثبت درجة
حرارته، ثم اغمر البالون في الماء والثلج مدة 15 دقيقة.
6. أخرج البالون من الماء، ثم قس محيطه.

التحليل

1. صف ما حدث لحجم البالون عندما غمر في حوض
الماء والثلج.
 2. توقع ما يحدث لحجم البالون لو كان الدلو يحتوي ماءً
ساخناً.
- استقصاء** ماذا يحدث إذا ملأت البالون بالهيليوم بدلاً من
الهواء، وأجريت التجربة مرة أخرى؟





7-1

الأهداف

- تكتب العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز.
- تطبق قوانين الغاز على المسائل التي تتضمن الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار محدد من الغاز.

قوانين الغازات The Gas Laws

الفكرة الرئيسية

إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

الربط مع الحياة ماذا يحدث لغاز في بالون إذا قللت حجمه بالضغط عليه؟ ستشعر بزيادة في المقاومة، وقد تشاهد انتفاخاً في جزء من البالون.

قانون بويل Boyle's Law

ضغط الغاز وحجمه مترابطان. وقد وصف العالم الأيرلندي روبرت بويل (1627-1691م) هذه العلاقة.

كيف يرتبط الضغط مع الحجم؟ لقد صمّم بويل تجربة كالمبينة في الشكل 7-1، ووضح من خلالها أنه إذا كانت كمية الغاز ودرجة الحرارة ثابتتين فإن مضاعفة الضغط الواقع على الغاز يقلل من حجمه إلى النصف. ومن ناحية أخرى فإن تقليل الضغط الواقع على الغاز إلى النصف يضاعف حجم الغاز. وتعرف العلاقة التي يزيد فيها أحد المتغيرين عندما يقل الآخر بعلاقة التناسب العكسي.

ينص **قانون بويل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته. يبين الشكل 7-1 العلاقة العكسية بين الضغط والحجم، حيث يتجه المنحنى إلى أسفل.

مراجعة المفردات

القانون العلمي: يصف علاقة في الطبيعة تدعمها عدة تجارب.

المفردات الجديدة

قانون بويل

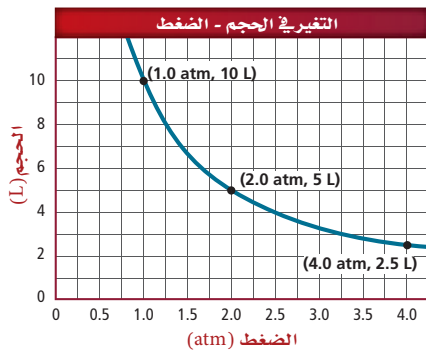
الصفر المطلق

قانون شارل

قانون جاي - لوساك

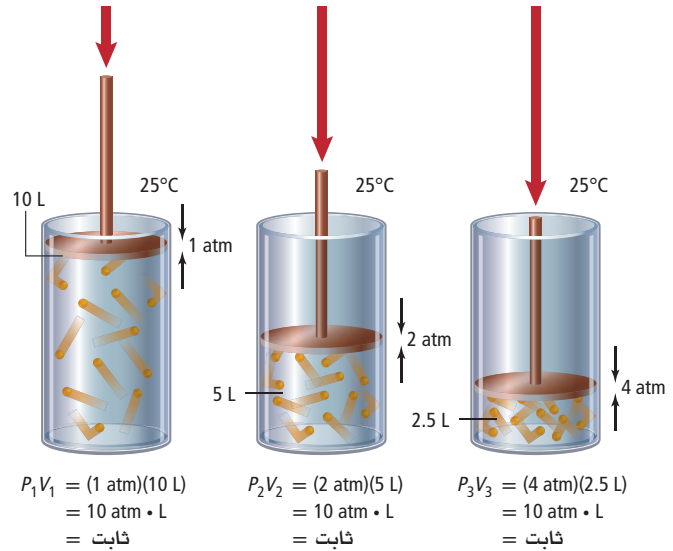
القانون العام للغازات

الشكل 7-1 عندما يزيد الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يقل حجم الغاز داخل الأسطوانة. ويوضح الرسم البياني الآتي العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.



استخدم الرسم البياني طبق

استخدم الرسم لتحديد الحجم، إذا كان مقدار الضغط (2.5atm).



تجربة
عملية

قانون بويل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



لاحظ أن ناتج ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في الشكل 1-7 يساوي 10 atm.L
لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضياً على النحو الآتي:

قانون بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad P: \text{تمثل الضغط، } V: \text{تمثل الحجم}$$

حاصل ضرب ضغط كمية محددة من الغاز في حجمها عند ثبوت درجة حرارتها يساوي كمية ثابتة.

يمثل كل من P_1 و V_1 الضغط والحجم الابتدائيين، في حين يمثل كل من P_2 و V_2 الضغط والحجم الجديدين، فإذا علمت ثلاثة من المتغيرات الموجودة في المعادلة أمكنك معرفة قيمة المتغير الرابع.

مثال 7-1

قانون بويل ينفخ غواص وهو على عمق 10m تحت الماء فقاعة هواء حجمها 0.75 L، وعندما ارتفعت فقاعة الهواء إلى السطح تغير ضغطها من 2.25 atm إلى 1.03 atm، ما حجم فقاعة الهواء عند السطح؟

1 تحليل المسألة

بالاعتماد على قانون بويل، بنقصان الضغط على فقاعة الهواء يزداد حجمها، لذا يجب ضرب الحجم الابتدائي لها في نسبة ضغط أكبر من 1.

المطلوب

$$V_2 = ? \text{ L}$$

المعطيات

$$V_1 = 0.75 \text{ L}$$

$$P_1 = 2.25 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1.03 \text{ atm}$$

2 حساب المطلوب استخدم قانون بويل لإيجاد قيمة V_2 واحسب الحجم الجديد.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ضع نص قانون بويل

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

جد قيمة

$$V_2 = 0.75 \text{ L} \left(\frac{2.25 \text{ atm}}{1.03 \text{ atm}} \right)$$

$$V_1 = 0.75 \text{ L}, P_1 = 2.25 \text{ atm}, P_2 = 1.03 \text{ atm} \text{ عوض}$$

$$V_2 = 0.75 \text{ L} \left(\frac{2.25 \text{ atm}}{1.03 \text{ atm}} \right) = 1.6 \text{ L}$$

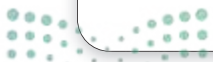
اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

3 تقويم الإجابة قل الضغط بمقدار النصف تقريباً، لذا فإن الحجم سيزيد إلى الضعف، ويعبر عن الإجابة بوحدة اللتر، وهي وحدة قياس الحجم، وتحتوي الإجابة على رقمين معنويين، وهذا صحيح.

مسائل تدريبية

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

- إذا كان حجم غاز عند ضغط 99.0 kPa هو 300.0 mL، وأصبح الضغط 188 kPa فما الحجم الجديد؟
- إذا كان ضغط عينة من غاز الهيليوم في إناء حجمه 1.00 L هو 0.988 atm فما مقدار ضغط هذه العينة إذا نُقلت إلى وعاء حجمه 2.00 L؟
- تحفيز إذا كان مقدار حجم غاز محصور تحت مكبس أسطوانة 145.7 L، وضغطه 1.08 atm، فما حجمه الجديد عندما يزداد الضغط بمقدار 25%؟



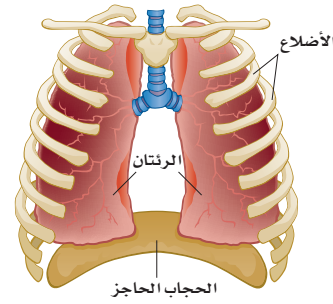
مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

ما علاقة قانون بويل بالتنفس؟ أنت تتنفس 20 مرة في الدقيقة، وتستبدل بغاز ثاني أكسيد الكربون غاز الأكسجين لتحافظ على حياتك. فكيف يتغير الضغط والحجم في رئتيك في أثناء تنفسك؟

التحليل

يسمح النسيج الإسفنجي المرن الذي تتكون منه الرئتان بتمدد الرئتين وانقباضهما؛ لتستجيب لحركة الحجاب الحاجز، وهو العضلة القوية الموجودة أسفلهما. فعندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أسفل يزداد حجم الرئتين، وبذلك نتمكن من الشهيق، كما يتقلص حجم الرئتين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أعلى، وبذلك نتمكن من الزفير.



التفكير الناقد

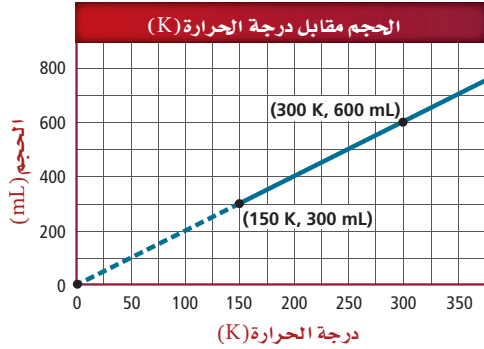
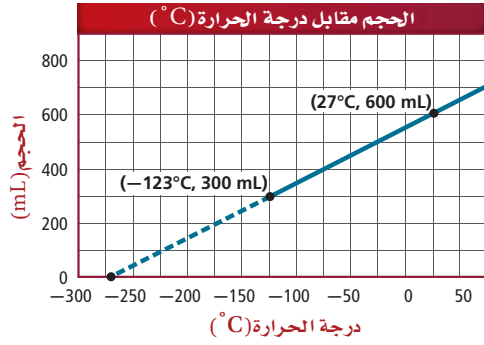
1. طبق قانون بويل لتفسير السبب الذي يجعل الهواء يدخل إلى الرئتين عند الشهيق ويخرج منها عند الزفير.
2. وضح ما يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض الإنسان لضربة على البطن، ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل لتفسير إجابتك.
3. استنتج تفقد بعض أجزاء الرئتين مرونتها وتتضخم، وينتج عن ذلك مرض انتفاخ الرئتين. كيف تستدل من قانون بويل على أن هذا الأمر يؤثر في عملية التنفس؟
4. فسّر السبب في تعليم الغواصين المبتدئين الذين يحملون جهاز التنفس تحت الماء عدم حبس أنفاسهم في أثناء صعودهم من المياه العميقة.

قانون شارل Charles's Law

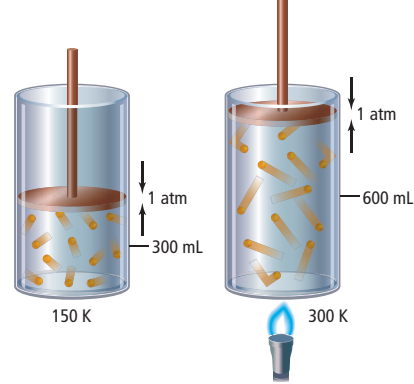
لاحظت في التجربة الاستهلاكية أن محيط البالون قد قل بعد غمره في الماء والثلج. لماذا حدث ذلك؟ كما أنك تلاحظ أن كرة القدم تظهر غير منتفخة جيداً إذا تركتها في مكان بارد فترة من الوقت، في حين تراها منتفخة جيداً إذا تركت في مكان مشمس. فلماذا يختلف مظهر الكرة؟ يمكن الإجابة عن هذه الأسئلة من خلال تطبيق قانون شارل.

كيف يرتبط الحجم مع درجة الحرارة؟ درس جاك شارل (1746-1823م) الفيزيائي الفرنسي العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة، حيث لاحظ أن كلاً من درجة حرارة وحجم عينة من الغاز يزداد عندما يبقى كل من كمية العينة والضغط ثابتين. يمكن تفسير هذه الخاصية بناءً على نظرية الحركة الجزيئية: فعندما تزداد درجة الحرارة تتحرك جسيمات الغاز وتصطدم أسرع بجدار الإناء الذي توجد فيه وبقوة أكبر. ولأن الضغط يعتمد على عدد ووقوع اصطدامات جسيمات الغاز بجدار الإناء فإن هذا يؤدي إلى زيادة الضغط، وحتى يبقى الضغط ثابتاً لا بد أن يزداد الحجم؛ إذ تحتاج الجسيمات إلى الانتقال إلى مسافات أبعد قبل أن تصطدم بالجدار، مما يقلل من عدد اصطدامات الجسيمات بجدار الإناء. توضح الأسطوانات في الشكل 2-7 كيف يتغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه.





الشكل 2-7 عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، فتدفع الجسيمات المكبس إلى أعلى. يوضح الرسم البياني الآتي علاقة الحجم بدرجة الحرارة السيليزية ودرجة الحرارة المطلقة.



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{300 \text{ mL}}{150 \text{ K}} = 2 \text{ mL/K} = \text{ثابت}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{600 \text{ mL}}{300 \text{ K}} = 2 \text{ mL/K} = \text{ثابت}$$

وعلى عكس الشكل 1-7 إذ يؤثر في المكبس ضغط خارجي بالإضافة إلى الضغط الجوي، فقد بقي المكبس في الشكل 2-7 حر الحركة. وهذا يعني قيام الغاز الموجود في الأسطوانة برفع المكبس إلى أن يتساوى الضغط الواقع عليه مع الضغط الجوي.

وكما تلاحظ يزداد حجم الغاز المحصور عند 1 atm بزيادة درجة الحرارة في الأسطوانة، لذا تكون المسافة التي يتحركها المكبس مقياساً لزيادة حجم الغاز عندما يسخن.

رسم العلاقة بين درجة الحرارة والحجم يوضح الشكل 2-7 أيضاً العلاقة بين درجة الحرارة والحجم لمقدار محدد من الغاز تحت تأثير ضغط ثابت؛ حيث إن منحنى درجة الحرارة مع الحجم خطّ مستقيم، فيمكنك توقع درجة الحرارة التي يصبح الحجم عندها 0 L، وذلك بمدّ الخط إلى درجات حرارة أدنى من الدرجات التي تم قياسها.

في الرسم البياني الأول، درجة الحرارة التي يكون عندها الحجم 0 L تساوي -273°C ، لذا فهذه العلاقة خطية، لكنها ليست تناسباً مباشراً. فمثلاً يمكنك ملاحظة عدم مرور الخط المستقيم بنقطة الأصل، كما أن مضاعفة درجة الحرارة من 25°C إلى 50°C لا تؤدي إلى مضاعفة الحجم.

يبين الرسم البياني في الشكل 2-7 أن العلاقة بين درجة الحرارة المقيسة بالكلفن (K) والحجم علاقة طردية والتناسب مباشر؛ إذ تقابل درجة الحرارة 0 K حجماً مقداره 0 mL، وعند مضاعفة درجة الحرارة يتضاعف الحجم. ويعرف الصفر على تدريج كلفن بالـ **الصفر المطلق**، وهو يمثل أقل قيمة ممكنة لدرجة الحرارة التي تكون عندها طاقة الذرات أقل ما يمكن.

✓ **اختبار الرسم البياني** فسر لماذا يوضح الرسم البياني الثاني في الشكل 2-7 تناسباً طردياً مباشراً، في حين لا يوضح الرسم البياني الأول ذلك.



استخدام قانون شارل ينص **قانون شارل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط، ويمكن التعبير عن قانون شارل بالعلاقة الرياضية الآتية:

قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V تمثل الحجم
T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حاصل قسمة حجم كمية محددة من الغاز على درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت ضغطه يساوي كمية ثابتة.

تتمثل V_1, T_1 في المعادلة أعلاه درجة الحرارة والحجم الابتدائيين، في حين تمثل V_2, T_2 درجة الحرارة والحجم الجديدين، كما في قانون بويل، فإذا عرفت ثلاث متغيرات أمكنك حساب المتغير الرابع.

وعند استخدام قانون شارل يجب التعبير عن درجة الحرارة بالكلفن. وكما قرأت سابقاً، عليك إضافة 273 إلى درجة الحرارة السيليزية لتحويل درجة الحرارة من التدرج السيليزي إلى التدرج بالكلفن:

$$T_K = 273 + T_C$$

مثال 2-7

قانون شارل إذا كان حجم بالون هيليوم 2.32 L داخل سيارة مغلقة، عند درجة حرارة 40.0°C ، فإذا وقفت السيارة في ساحة البيت في يوم حار وارتفعت درجة الحرارة داخلها إلى 75.0°C ، فما الحجم الجديد للبالون إذا بقي الضغط ثابتاً؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون شارل على أن حجم مقدار محدد من الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته إذا بقي الضغط ثابتاً. لذا يزداد حجم البالون، ويجب ضرب الحجم الابتدائي في نسبة درجة حرارة أكبر من واحد.

المطلوب

$$V_2 = ? \text{ L}$$

المعطيات

$$T_1 = 40.0^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 2.32 \text{ L}$$

$$T_2 = 75.0^\circ\text{C}$$

2 حساب المطلوب

حوّل درجة الحرارة السيليزية إلى الكلفن.

استخدم معامل التحويل

$$T_1 = 40.0^\circ\text{C} \text{ عوض بقيمة}$$

$$T_2 = 75.0^\circ\text{C} \text{ عوض بقيمة}$$

$$T_K = 273 + T_C$$

$$T_1 = 273 + 40.0^\circ\text{C} = 313.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 75.0^\circ\text{C} = 348.0 \text{ K}$$



استخدم قانون شارل لإيجاد V_2 ، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أُعيد ترتيبها.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

اكتب نص قانون شارل

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

جد قيمة V_2

$$V_2 = 2.32 \text{ L} \left(\frac{348.0 \text{ K}}{313.0 \text{ K}} \right)$$

$$V_1 = 2.32 \text{ L}, T_1 = 313.0 \text{ K}, T_2 = 348.0 \text{ K}$$

$$V_2 = 2.32 \text{ L} \left(\frac{348.0 \text{ K}}{313.0 \text{ K}} \right) = 2.58 \text{ L}$$

اضرب واقسم الوحدات والأرقام

3 تقويم الإجابة

كانت الزيادة في درجة الحرارة بالكلفن صغيرة نسبيًا، لذا ستكون الزيادة في الحجم صغيرة أيضًا، وستستخدم وحدة (L) في الإجابة، وهي وحدة الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

4. ما الحجم الذي يشغله الغاز في البالون الموجود على اليسار عند درجة 250 K؟
5. شغل غاز عند درجة حرارة 89°C حجمًا مقداره (0.67 L). عند أي درجة حرارة سيليزية سيزيد الحجم ليصل إلى 1.12 L؟
6. إذا انخفضت درجة الحرارة السيليزية لعينة من الغاز حجمها 3.0 L من 80.0°C إلى 30.0°C فما الحجم الجديد للغاز؟
7. تحفيز يشغل غاز حجمًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة (350 K). ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45%؟



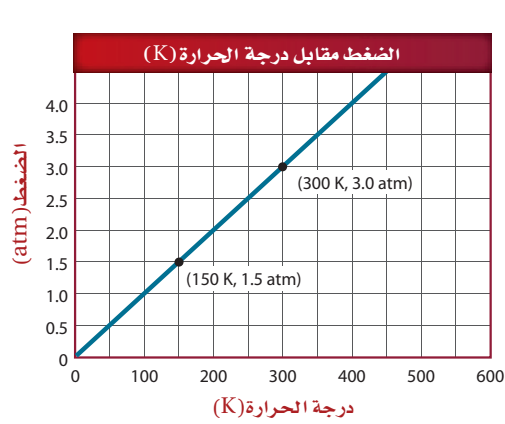
قانون جاي - لوساك Gay– Lussac's Law

لاحظت في التجربة الاستهلاكية تطبيقات على قانون شارل، فعند تغير درجة الحرارة يتغير حجم البالون، ولكن ماذا يمكن أن يحدث لو كان البالون صلبًا ثابتًا؟ وإذا كان حجمه ثابتًا فهل هناك علاقة بين درجة الحرارة والضغط؟ يمكن الإجابة عن هذا السؤال من خلال قانون جاي - لوساك.

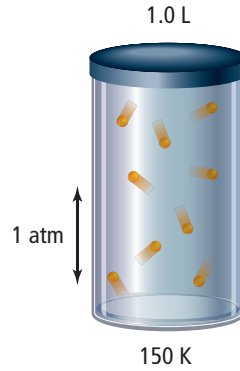
كيف ترتبط درجة الحرارة مع ضغط الغاز؟ ينتج الضغط عن اصطدام جسيمات الغاز بجدران الوعاء؛ فكلما ارتفعت درجات الحرارة زاد عدد الاصطدامات وطاقتها. لذا تؤدي زيادة الحرارة إلى زيادة الضغط إذا لم يتغير الحجم.



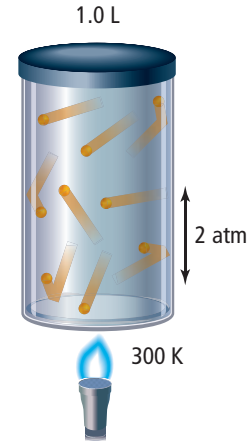
الشكل 3-7 عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، مما يؤدي إلى زيادة اصطداماتها بجدار الإناء وزيادة قوتها. ولأن حجم الأسطوانة ثابت فإن ضغط الغاز يزداد.



استخدم الرسم البياني قارن بين الرسوم
البيانية في الشكلين 2-7 و 3-7.



$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5 \text{ atm}}{150 \text{ K}} = 0.01 \text{ atm/K} = \text{ثابت}$$



$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0 \text{ atm}}{300 \text{ K}} = 0.01 \text{ atm/K} = \text{ثابت}$$

وقد وجد جاي لوساك (1778-1850م) أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طردياً مع الضغط، كما هو موضح في الشكل 3-7. وينص قانون جاي لوساك على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن له، عند ثبوت الحجم. ويمكن التعبير عنه رياضياً كما يأتي:

قانون جاي لوساك

P تمثل الضغط

T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدد من الغاز ذي حجم ثابت يساوي مقداراً ثابتاً.

وكما هو الحال في قانوني بويل وشارل، فإذا عرفت ثلاثة متغيرات أمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن (K) أينما استخدمت في معادلات قوانين الغاز.

الكيمياء في واقع الحياة قانون جاي-لوساك



أواني الضغط لوعاء الضغط غطاء محكم الإغلاق، وحجمه ثابت. وعند تسخينه يزداد الضغط في الإناء، ويزيادة الضغط تستمر درجة الحرارة في الارتفاع، فيتم بذلك طهو الطعام بسرعة أكبر.



قانون جاي- لوساك إذا كان ضغط غاز الأكسجين داخل الأسطوانة 5.00 atm عند درجة 25.0 °C، ووضعت الأسطوانة في خيمة على قمة جبل إفرست، حيث تكون درجة الحرارة 10.0 °C - فما الضغط الجديد داخل الأسطوانة؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون جاي- لوساك على أنه إذا انخفضت درجة حرارة الغاز المحصور فإن ضغطه ينخفض إذا بقي حجمه ثابتاً. لذلك يقل الضغط في أسطوانة الأكسجين. يجب ضرب مقدار الضغط الابتدائي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

المعطيات

$$P_1 = 5.00 \text{ atm}$$

$$T_1 = 25.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = -10.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

المطلوب

$$P_2 = ? \text{ atm}$$

2 حساب المطلوب

حول درجات الحرارة السيليزية إلى كلفن

$$T_K = 273 + T_C$$

استخدم معامل التحويل

$$T_1 = 273 + 25.0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298.0 \text{ K}$$

$$T_1 = 25.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 273 + (-10.0 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 263.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 10.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

استخدم قانون جاي لوساك؛ لإيجاد قيمة P_2 ، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

اكتب نص قانون جاي لوساك

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

لإيجاد قيمة P_2

$$P_2 = 5.00 \text{ atm} \left(\frac{263.0 \text{ K}}{298.0 \text{ K}} \right)$$

$$P_1 = 5.00 \text{ atm}, T_1 = 298.0 \text{ K}, T_2 = 263.0 \text{ K}$$

$$P_2 = 5.00 \text{ atm} \left(\frac{263.0 \text{ K}}{298.0 \text{ K}} \right) = 4.41 \text{ atm}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها.

3 تقويم الإجابة

تقل درجة الحرارة المطلقة، لذا يقل الضغط. وحدة الضغط atm، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

افترض أن الحجم و كمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

8. إذا كان ضغط إطار سيارة 1.88 atm عند درجة حرارة 25 °C، فكم يكون الضغط إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 37.0 °C؟

9. يوجد غاز هيليوم في أسطوانة حجمها 2L، تحت تأثير ضغط جوي مقداره 1.12 atm، فإذا أصبح ضغط الغاز 2.56 atm، عند درجة حرارة 36.5 °C، فما قيمة درجة حرارة الغاز الابتدائية؟

10. تحفيز إذا كان ضغط عينة من الغاز يساوي 30.7 KPa عند درجة حرارة 00.0 °C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعينة حتى يتضاعف ضغطها؟





الشكل 4-7 تمتلك المملكة العربية السعودية ما يزيد عن 10 محطات رصد جوي والتي يُستخدم فيها بالون الطقس كما في الشكل المجاور والذي تتم تعبئته بالهيليوم أو الهيدروجين. ويحمل بالون الطقس على متنه أجهزة تسمى (راديو سوند) ترسل بيانات تتعلق بدرجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة في طبقات الجو العليا، إضافة لذلك، يُساعد متابعة العلماء في معرفة سرعة واتجاه الرياح على تلك الارتفاعات.

القانون العام للغازات The General Gas Law

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم في العديد من التطبيقات العملية للغازات، كما في بالون الطقس في الشكل 4-7. كما يمكن جمع قانون بويل وقانون شارل وقانون جاي-لوساك في قانون واحد يطلق عليه **القانون العام للغازات**، وهو يحدد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محددة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسياً مع الحجم، وطردياً مع درجة الحرارة. ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضياً على النحو الآتي:

القانون العام للغازات

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

P = تمثل الضغط، V = تمثل الحجم
 T = تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حيث حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسوماً على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدد من الغاز يساوي مقداراً ثابتاً.

مهن في الكيمياء

الأرصاد الجوية العلاقات التي تربط الضغط ودرجة الحرارة مع الحجم تساعد علماء الأرصاد الجوية على فهم حالة الطقس والتنبؤ بها. فمثلاً، تنتج الرياح والجيئات الهوائية عن تغير الضغط الذي يسببه التسخين الشمسي غير المنتظم للغلاف الجوي المحيط بسطح الأرض.

استخدام القانون العام للغازات يساعدك القانون العام للغازات على حل المسائل التي تتضمن أكثر من متغير واحد، كما يقدم لك طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى دون تذكر معادلاتها، يمكننا القانون العام للغازات من اشتقاق القوانين الأخرى من خلال تذكر المتغير الثابت في كل حالة.

مثلاً إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة بينما تغير الضغط والحجم فإن $T_2 = T_1$. وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستجد أن المعادلة أصبحت $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ، والتي ينبغي أن تستنتج أنها قانون بويل.

✓ **ماذا قرأت؟ اشتق** قانون شارل، وقانون جاي-لوساك من القانون العام للغازات.

القانون العام للغازات إذا كان حجم كمية من غاز ما تحت ضغط 110 KPa ، ودرجة حرارة 30.0°C يساوي 2.00 L ، وارتفعت درجة الحرارة إلى 80.0°C ، وزاد الضغط وأصبح 440 KPa ، فما مقدار الحجم الجديد؟

1 تحليل المسألة

تغير كل من درجة الحرارة والضغط؛ لذلك يجب أن تستخدم القانون العام للغازات. لقد زاد الضغط أربع مرات، لكن درجة الحرارة لم تتضاعف بنفس هذا المقدار، لذلك فإن الحجم الجديد سيكون أقل من الحجم الابتدائي.

المطلوب

$$V_2 = ? \text{ L}$$

المعطيات

$$\begin{array}{ll} P_1 = 110 \text{ kPa} & P_2 = 440 \text{ kPa} \\ T_1 = 30.0^\circ\text{C} & T_2 = 80.0^\circ\text{C} \\ & V_1 = 2.00 \text{ L} \end{array}$$

2 حل المطلوب

حوّل درجات الحرارة من السيليزية إلى كلفن.

$$T_K = 273 + T_C$$

طبق معامل التحويل

$$T_1 = 273 + 30.0^\circ\text{C} = 303.0 \text{ K}$$

$$T_1 = 30.0^\circ\text{C} \text{ عوض}$$

$$T_2 = 273 + 80.0^\circ\text{C} = 353.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 80.0^\circ\text{C} \text{ عوض}$$

استخدم قانون الغازات العام، لتجد قيمة V_2 ثم عوض القيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

اكتب القانون العام للغازات

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

حل لإيجاد V_2

$$V_2 = 2.00 \text{ L} \left(\frac{110 \text{ kPa}}{440 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{353.0 \text{ K}}{303.0 \text{ K}} \right)$$

$$\text{عوض } P_1 = 110 \text{ kPa}, P_2 = 440 \text{ kPa}, T_1 = 303.0 \text{ K},$$

$$T_2 = 353.0 \text{ K}$$

$$V_2 = 2.00 \text{ L} \left(\frac{110 \text{ kPa}}{440 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{353.0 \text{ K}}{303.0 \text{ K}} \right) = 0.58 \text{ L}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

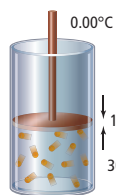
3 تقويم الإجابة

تغير الضغط بشكل أكبر من درجة الحرارة، لذا فقد قل الحجم. الوحدة هي (L)، وهي حدة قياس الحجم، وهناك رقمان معنويان.

مسائل تدريبية

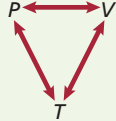
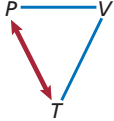
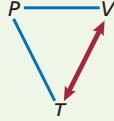
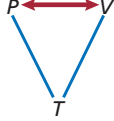
افترض أن كمية الغاز ثابتة في المسائل الآتية:

11. تحدث عينة من الهواء في حقنة ضغطاً مقداره 1.02 atm، عند 22.0°C، ووضعت هذه الحقنة في حمام ماء يغلي (درجة حرارة 100.0°C) وازداد الضغط إلى 1.23 atm بدفع مكبس الحقنة إلى الخارج، مما أدى إلى زيادة الحجم إلى 0.224 mL فكم كان الحجم الابتدائي؟



12. يحتوي بالون على 146.0 mL من الغاز المحصور تحت ضغط مقداره 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0°C فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0°C فكم يكون حجم الغاز في البالون؟

13. تحفيز إذا زادت درجة الحرارة في الأسطوانة الموجودة على يسارك لتصل إلى 30.0°C ، وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل يتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

قوانين الغازات				الجدول 7-1
القانون العام	جاي لوساك	شارل	بويل	القانون
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$	الصيغة
كمية الغاز	كمية الغاز والحجم	كمية الغاز والضغط	كمية الغاز ودرجة الحرارة	ما الثابت؟
				رسم تخطيطي

مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات لا بد أنك لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي- لوساك قد سبق تطوير التدرج بالكلفن (K)، على الرغم من أن قانونيهما تطلبا استخدام درجة الحرارة بالكلفن (K). حيث استخدم العلماء في القرن 17 وبدايات القرن 18 مقاييس حرارة مختلفة. فعلى سبيل المثال استخدم تدرج ريومر في فرنسا حتى في العصر نفسه الذي عاش فيه شارل تقريباً. وباستخدام هذا التدرج أو أي تدرج لا يعتمد على الصفر المطلق تصبح المعادلة التي تعبر عن قانون شارل أكثر تعقيداً؛ فهي تحتاج إلى ثابتين إضافة إلى الحجم V ودرجة الحرارة T. وقد بسّط التدرج بالكلفن الأمور، ونتجت قوانين الغازات المستخدمة الآن. عرفت الآن كيف تؤثر متغيرات الضغط والحرارة والحجم في عينة من الغاز. ويمكنك أيضاً استخدام قوانين الغازات التي تم تلخيصها في الجدول 7-1 إذا كانت كمية الغاز ثابتة، لكن ماذا يحدث إذا تغيرت كمية الغاز؟ هذا ما ستدرسه لاحقاً.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 7-1

الخلاصة

14. **الفكرة الرئيسية** وضح العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز.
 15. اشرح أي المتغيرات الثلاثة، التي تؤثر في كمية ثابتة من الغاز، تتناسب تناسباً طردياً، وأيها تتناسب عكسياً؟
 16. **حلل** أطلق بالون طقس إلى الغلاف الجوي، وأنت تعرف كلاً من حجمه الابتدائي ودرجة حرارته وضغط الهواء فيه. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحساب الحجم النهائي للبالون عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ وأي القوانين تستخدم لحساب الحجم؟
 17. **استنتج** لماذا تُضغط الغازات التي تستخدم في المستشفيات، ومنها الأكسجين؟ ولماذا يجب حمايتها من ارتفاع درجات الحرارة؟ وماذا يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟
 18. **احسب** يحتوي إناء بلاستيكي صلب على 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط جوي مقداره 660 torr، ودرجة حرارة 22.0°C، ما مقدار الضغط الذي يحدثه الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 44.6°C؟
 19. **صمّم** خريطة مفاهيمية توضح فيها العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل، وشارل، وجاي- لوساك.
- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار محدد من الغاز يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.
 - ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط.
 - ينص قانون جاي- لوساك على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبوت الحجم.
 - يربط القانون العام للغازات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.



7-2

الأهداف

- تربط عدد الجسيمات بالحجم مستخدماً مبدأ أفوجادرو.
- تربط كمية الغاز بضغطه ودرجة حرارته وحجمه مستخدماً قانون الغاز المثالي.
- تقارن بين خصائص الغاز الحقيقي والغاز المثالي.

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

الفكرة الرئيسية يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات وكل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

الربط مع الحياة تعلم أن إضافة الهواء إلى إطار السيارة يزيد من ضغط الهواء في الإطار، ولكن هل تعلم أن قيمة الضغط المحددة للإطار هي قيمة الضغط في الإطار عندما يكون بارداً؟ فعندما تتحرك إطارات السيارات على الطريق يعمل الاحتكاك على رفع درجة الحرارة، فيزيد الضغط.

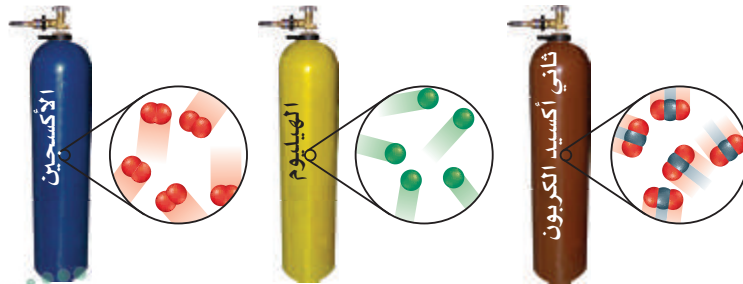
مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle

تختلف حجوم جسيمات الغازات، ومع ذلك تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغاز في أي عينة تكون متباعدة كثيراً جداً، بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلاً جداً على الحجم الذي يشغله الغاز. فمثلاً يشغل 1000 جسيم من غاز الكربون الكبيرة نسبياً الحجم نفسه لـ 1000 جسيم من غاز الهيليوم الأصغر حجماً عند نفس درجة الحرارة والضغط. وكان أفوجادرو في عام 1811م أول من قدم هذه الفكرة. وينص **مبدأ أفوجادرو** على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط. ويبين الشكل 5-7 حجوماً متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجم وعدد المولات درست سابقاً أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات. والحجم المولاري لغاز هو الحجم الذي يشغله 1 mol منه عند الظروف المعيارية (standard temperature and pressure) ويرمز لها بالرمز STP $(0.0^\circ\text{C}) (1 \text{ atm})$.

وتعرف درجة الحرارة 0.0°C والضغط الجوي 1 atm بدرجة الحرارة والضغط المعياريين. هذا وقد بين أفوجادرو أن 1 mol من أي غاز يشغل حجماً مقداره 22.4 L، لذا يمكنك استعمال 22.4 L/mol بوصفه معامل تحويل عندما يكون الغاز في الظروف المعيارية. فإذا رغبت مثلاً في معرفة عدد المولات في عينة من غاز حجمها 3.72 L، في الظروف المعيارية، فيتعين عليك استخدام الحجم المولاري لتحويل وحدات الحجم إلى مولات.

$$3.72 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}} = 0.166 \text{ mol}$$



الشكل 5-7 أسطوانات غاز متساوية في الحجم تحت تأثير ضغط ودرجة حرارة متساويين، تحتوي كميات متساوية من الغاز بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه كل منها.

استنتاج لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والمواد الصلبة؟

الحجم المولاري المكون الرئيس للغاز الطبيعي المستخدم في المنازل لأغراض التدفئة والطهو هو الميثان CH_4 . احسب حجم 2.00 Kg من غاز الميثان في الظروف المعيارية STP.

1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات من خلال قسمة كتلة العينة (m) على الكتلة المولية M. ولأن الغاز تحت الظروف المعيارية (STP)، لذا يمكنك استخدام الحجم المولاري لتحويل عدد المولات إلى حجم.

المعطيات

$$V = ? \text{ L}$$

$$m = 2.00 \text{ kg}$$

$$T = 0.00^\circ \text{C}$$

$$P = 1.00 \text{ atm}$$

2 حساب المطلوب

حدّد الكتلة المولية للميثان

$$M = 1 \text{ C atom} \left(\frac{12.01 \text{ amu}}{1 \text{ C atom}} \right) + 4 \text{ H atoms} \left(\frac{1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}} \right)$$

$$= 12.01 \text{ amu} + 4.04 \text{ amu} = 16.05 \text{ amu} = 16.05 \text{ g/mol}$$

حدد الكتلة المولية

عبر عن الكتلة الجزيئية باستخدام

g/mol لتصل إلى الكتلة المولية.

حدّد عدد مولات الميثان

$$2.00 \text{ kg} \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) = 2.00 \times 10^3 \text{ g}$$

حوّل الكتلة المولية من وحدة Kg إلى g

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3 \text{ g}}{16.05 \text{ g/mol}} = 125 \text{ mol}$$

اقسم على الكتلة المولية لإيجاد عدد المولات.

استخدم الحجم المولاري لتحديد حجم الميثان في الظروف المعيارية STP.

$$V = 125 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 2.80 \times 10^3 \text{ L}$$

استخدم الحجم المولاري 22.4 L/mol

للتحويل من المولات إلى الحجم.

3 تقويم الإجابة

مقدار الميثان الموجود أكبر من 1 mol؛ لذا يجب أن تتوقع حجماً كبيراً، وهذا يتفق مع الإجابة. الوحدة هي (L)، وهي وحدة قياس الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

20. ما حجم الوعاء اللازم لاحتواء 0.0459 mol من غاز النيتروجين N_2 في الظروف المعيارية STP؟
21. ما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات، الموجودة في بالون حجمه 1.0 L في الظروف المعيارية STP؟
22. ما الحيز (mL)، الذي يشغله غاز الهيدروجين الذي كتلته 0.00922 g في الظروف المعيارية STP؟
23. ما الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416 g من غاز الكربون في الظروف المعيارية STP؟
24. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 4.5 Kg من غاز الإيثيلين C_2H_4 في الظروف المعيارية STP؟
25. تحفيز إناء بلاستيكي مرن يحتوي 0.86 g من غاز الهيليوم بحجم (19.2 L). فإذا أخرج 0.205 g من غاز الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما الحجم الجديد؟





الشكل 6-7 يبين حجم ودرجة حرارة هذا الإطار ثابتاً في أثناء إضافة الهواء، ولكن كلما ازدادت كمية الهواء ازداد الضغط.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 2-7	قيم R
قيمة R	وحدات R
0.0821	$\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
8.314	$\frac{\text{L} \cdot \text{kPa}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
62.4	$\frac{\text{L} \cdot \text{mmHg}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

التحول بين وحدات الضغط
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1.01325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa}$

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكن جمع كل من مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشارل وجاي-لوساك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. تعطي هذه الصيغة نتائج أفضل للغازات التي تنطبق عليها افتراضات نظرية الحركة الجزيئية، التي تعرف بالغازات المثالية. إن أحجام جسيمات الغازات صغيرة جداً، وبينها فراغات كبيرة لدرجة أن قوى التجاذب أو التنافر فيما بينها تصبح أقل ما يمكن.

من القانون العام للغازات إلى قانون الغازات المثالي يربط القانون العام للغازات بين متغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة لمقدار محدد من الغاز.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

وتبقى علاقة الضغط والحجم ودرجة الحرارة دائماً نفسها لعينة محددة من الغاز. ويمكن إعادة كتابة العلاقة الممثلة في القانون العام للغازات على النحو الآتي:

$$\frac{PV}{T} = \text{مقداراً ثابتاً}$$

يوضح الشكل 6-7 أن زيادة مقدار الغاز الموجود في العينة يؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كانت درجة الحرارة والحجم ثابتين، كما أن الحجم يزداد عند إضافة المزيد من جسيمات الغاز. ونحن نعرف أن كلا من الحجم والضغط يتناسبان تناسباً طردياً مع عدد المولات (n)، لذا يمكن وضع عدد المولات (n) في معادلة القانون العام للغازات، كما يأتي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابتاً}$$

ولقد حددت التجارب التي استخدمت فيها قيم معروفة لكل من n، P، T، V قيمة هذا الثابت، والذي يعرف ب**ثابت الغاز المثالي**، ويرمز له بالرمز R. فإذا كان الضغط مقيساً بوحدة atm فإن قيمة R هي 0.0821 L.atm /mol.K.

لاحظ أن وحدة R تجمع ببساطة وحدات المتغيرات الأربع. وبين الجدول 2-7 القيم الرقمية لـ R بوحدات مختلفة للضغط.

✓ **ماذا قرأت؟ فسر لماذا** أضيف عدد المولات (n) إلى المقام في المعادلة أعلاه؟ عند التعويض عن R في المعادلة أعلاه، وعند إعادة ترتيب المتغيرات تنتج الصيغة الأكثر شيوعاً لقانون الغاز المثالي؛ حيث يصف **قانون الغاز المثالي** السلوك الفيزيائي للغاز المثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز المتوافرة.

قانون الغاز المثالي

$$P = \text{الضغط.}$$

$$V = \text{الحجم.}$$

$$n = \text{عدد المولات.}$$

$$R = \text{ثابت الغاز المثالي.}$$

$$T = \text{درجة الحرارة بوحدات كلفن.}$$

$$PV = nRT$$

إن حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسوماً على كمية معينة من الغاز عند درجة حرارة ثابتة يساوي مقداراً ثابتاً

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا NH_3 الموجودة في وعاء حجمه 3.0 L عند $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ وضغط (1.5 atm).

1 تحليل المسألة

أعطيت الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استخدم قانون الغاز المثالي، واختر قيمة الثابت R بالاعتماد على وحدة الضغط في السؤال. لاحظ أن قيم الضغط ودرجة الحرارة قريبة من الظروف المعيارية، لكن الحجم أصغر كثيراً من 22.4 L، فعليك أن تتوقع أن الإجابة أقل كثيراً من مول واحد.

المطلوب
 $n = ? \text{ mol}$

المعطيات

$$V = 3.0 \text{ L}$$

$$T = 3.00 \times 10^2 \text{ K}$$

$$P = 1.50 \text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

2 حساب المطلوب

استخدم قانون الغاز المثالي، ثم عوض بالقيم المعروفة لإيجاد قيمه (n)

$$PV = nRT$$

اكتب قانون الغاز المثالي

$$n = \frac{PV}{RT}$$

حل لإيجاد n

$$n = \frac{(1.50 \text{ atm})(3.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(3.00 \times 10^2 \text{ K})}$$

$$V = 3.0 \text{ L}, T = 3.00 \times 10^2 \text{ K}, P = 1.50 \text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$$

$$n = \frac{(1.50 \text{ atm})(3.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(3.00 \times 10^2 \text{ K})} = 0.18 \text{ mol}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

3 تقويم الإجابة

تتفق الإجابة مع توقع أن عدد المولات أقل كثيراً من 1 mol، وحدة الإجابة mol، وتحتوي رقمين معنويين.

مسائل تدريبية

26. ما درجة حرارة 2.49 mol من الغاز بوحدة سيلزيوس ($^{\circ}\text{C}$)، والموجود في إناء سعته 1.00 L، وتحت ضغط مقداره 143 kPa؟

27. احسب حجم 0.323 mol من غاز ما عند درجة حرارة 256 K وضغط جوي مقداره 0.90 atm؟

28. ما مقدار ضغط 0.108 mol، بوحدة الضغط الجوي (atm) - لعينة من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C ، إذا كان حجمها 0.050 L؟

29. إذا كان ضغط غاز حجمه 0.044 L يساوي 3.81 atm عند درجة حرارة 25.0°C ، فما عدد مولات الغاز؟

30. تحفيز غاز مثالي حجمه 3.0 L، فإذا تضاعف عدد مولاته ودرجة حرارته وبقي الضغط ثابتاً، فما حجمه الجديد؟



المفردات

أصل الكلمة

المول Mole

جاءت من الكلمة الألمانية Mol، وهي اختصار Molekulargewicht، وتعني الوزن الجزيئي.

قانون الغاز المثالي - الكتلة المولية والكثافة

The Ideal Gas Law – Molar Mass and Density

يمكن أن يستخدم قانون الغاز المثالي في إيجاد أي قيمة من قيم المتغيرات الأربعة P, V, T, n ، إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معروفة. كما يمكن إعادة ترتيب المعادلة $PV = nRT$ لحساب الكتلة المولية والكثافة لعينة من الغاز.

الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية لعينة غاز يجب أن يكون كلاً من الكتلة ودرجة الحرارة والضغط وحجم الغاز معروفاً. تذكر ما تعلمته سابقاً، حيث إن عدد مولات الغاز (n) تساوي الكتلة (m) بوحدة الجرام مقسومة على الكتلة المولية (M). لذلك يمكن التعويض عن n بمقدار m/M .

$$PV = nRT \quad n = \frac{m}{M} \quad \text{بالتعويض} \quad PV = \frac{mRT}{M}$$

ويمكنك إعادة ترتيب المعادلة لتصبح على النحو الآتي:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

الكثافة وقانون الغاز المثالي تذكر أن كثافة أي مادة (D) تساوي كتلتها (m) في وحدة الحجم (V)، وبعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية يمكن التعويض عن (m/V) بالقيمة D .

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{m}{V} \quad \text{بالتعويض} \quad M = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد الكثافة لتصبح على النحو التالي:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

لماذا تحتاج إلى معرفة كثافة الغاز؟ فكر في طرائق إطفاء الحريق. تعتمد إحدى طرائق إطفاء الحريق على منع غاز الأكسجين من الوصول للمادة المحترقة من خلال تغطية الحريق بغاز آخر لا يحترق ولا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في الشكل 7-7. لذا يجب أن تكون كثافة هذا الغاز أكبر من كثافة الأكسجين ليحل محله.

الشكل 7-7 لإطفاء الحريق تحتاج إلى إبعاد الوقود أو الأكسجين أو الحرارة عن مصدر الحريق. تحتوي طفاية الحريق على ثاني أكسيد الكربون الذي يحل محل الأكسجين، لكنه لا يشتعل، وله تأثير مبرّد نتيجة تمدده السريع بمجرد إطلاقه.

اشرح لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل الأكسجين؟



تجربة

إعداد نموذج لطفاية حريق

لماذا يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون لإطفاء الحريق؟

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. قس درجة الحرارة باستخدام مقياس الحرارة، والضغط الجوي باستخدام البارومتر، ثم سجل البيانات التي حصلت عليها.

3. لف قطعة من ورق الألومنيوم أبعادها $23 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ على أسطوانة ارتفاعها 30 cm ونصف قطرها 6 cm تقريباً ثم ألصق أطراف ورق الألومنيوم.

4. استخدم أعواد الثقاب لإشعال الشمعة. تحذير: اسكب الماء فوق أعواد الثقاب قبل رميها، وابتعد عن مصادر اللهب.

5. ضع 30 g من صودا الخبز NaHCO_3 في كأس كبيرة، وأضف إليها 40 mL من الخل CH_3COOH تركيزه (5%).

6. ضع الأسطوانة الملفوفة بورق الألومنيوم بسرعة فوق لهب الشمعة بزاوية مقدارها (45°) .

تحذير: لا تجعل نهاية طرف الأسطوانة يلامس الشمعة المشتعلة.

7. وبينما يستمر التفاعل في الكأس في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، مرر الغاز بحذر شديد، وليس السائل في الأسطوانة. سجل ملاحظاتك.



التحليل

1. طبق احسب الحجم المولاري لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي.
2. احسب كثافة كل من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين بوحدة g/L عند درجة حرارة الغرفة. تذكر أن عليك حساب الكتلة المولية لكل غاز حتى تتمكن من حساب كثافة كل غاز.
3. فسر هل تدعم ملاحظاتك وحساباتك استخدام ثاني أكسيد الكربون في مكافحة الحرائق؟ ولماذا؟

الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي Real Gas Versus Ideal Gas

ماذا يعني مصطلح الغاز المثالي؟ تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقاً. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدوماً، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزاً، ولا توجد قوى تجاذب بينها، ولا تتجاذب مع جدران الوعاء الموجودة فيه، ولا تتنافر معه. وتتحرك هذه الجسيمات حركة عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى يصطدم بعضها ببعض أو بجدار الوعاء الذي يحتويها، وهذه التصادمات مرنة، مما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير. ويتبع الغاز المثالي قوانين الغاز تحت كل الظروف من الضغط ودرجة الحرارة. ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيراً، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تماماً. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستخدام قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.

ماذا قرأت؟ فسر العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.



استراتيجية حل المسائل

اشتقاق قوانين الغازات إذا أتقنت الاستراتيجيات الآتية، فإن عليك تذكر قانون الغاز المثالي فقط. خذ مثلاً، الكمية الثابتة من الغاز الموجودة تحت ضغط ثابت. استخدم قانون شارل لحل المسائل التي تتضمن الحجم ودرجة الحرارة.

1. استخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة الغاز عند درجة حرارة وحجم مختلفين (الكميات التي لا تتغير تظهر باللون الأحمر).

2. اعزل الحجم ودرجة الحرارة، وهما القيمتان اللتان تتغيران في الجهة نفسها من المعادلة.

3. ولأن كلاً من P, R, n ثابت تحت هذه الظروف، فإنه يمكنك جعل كل من الحجم ودرجة الحرارة متساويين لاشتقاق قانون شارل.

$$\begin{array}{ccc} PV_1 = nRT_1 & & PV_2 = nRT_2 \\ \downarrow & & \downarrow \\ \frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P} & & \frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P} \\ \downarrow & & \downarrow \\ \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \end{array}$$

تطبيق الاستراتيجية

اشتق قانون بويل وجاي-لوساك والقانون العام للغازات استناداً إلى القاعدة أعلاه.

أقصى ضغط ودرجة حرارة متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستخدام مع الغاز الحقيقي؟ تحيد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. ويسلك غاز النيتروجين في الخزان الظاهر في الشكل 7-8 سلوك الغاز الحقيقي. وعند انخفاض درجات حرارة غاز النيتروجين تنخفض طاقة جسيماته الحركية، وهذا يعني أن قوى التجاذب بين هذه الجسيمات قوية، مما يجعلها تؤثر في سلوكها. وعندما تنخفض درجة الحرارة بقدر كاف يتكاثف الغاز الحقيقي مكوناً سائلاً. ويسلك غاز البروبان في الخزان الظاهر في الشكل 7-8 أيضاً سلوك الغاز الحقيقي. وتعمل زيادة الضغط على الغاز على إجبار جسيماته على الاقتراب بعضها من بعض، حتى يصبح من غير الممكن إهمال الحجم الذي تشغله الجسيمات. وتتحول الغازات الحقيقية - ومنها البروبان - إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.

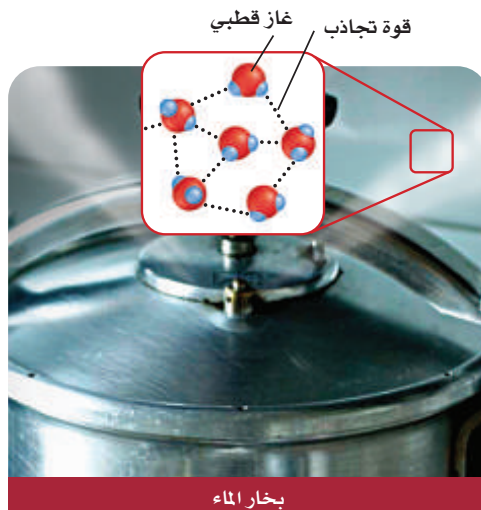
الشكل 7-8 لا يتبع الغاز الحقيقي قانون الغاز المثالي عند قيم الضغط ودرجات الحرارة كلها.



يتحول غاز النيتروجين إلى سائل عند درجة حرارة (-196°C) ويستطيع العلماء حفظ العينات البيولوجية ومنها أنسجة الجسم. عند هذه الدرجة لإجراء البحوث والإجراءات الطبية الأخرى.



يمكن تخزين كمية من البروبان السائل أكبر 270 مرة منها في الحالة الغازية في الحجم نفسه. وتستخدم أسطوانات صغيرة من البروبان السائل وقوداً للطهي في المنازل.



الشكل 7-9 التجاذب بين جسيمات الغاز غير القطبي ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قوياً.

القطبية وحجم الجسيمات تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلاً يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتنجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بقوى تجاذب كهروستاتيكية، كما في الشكل 7-9، لذا، لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان C_4H_{10} حيزاً أكبر من الحيز الذي يشغله عدد مماثل من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهيليوم He. ولهذا السبب تميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

التقويم 7-2

الخلاصة

31. **الفترة الرئيسية** فسر لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟
32. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.
33. حلّ كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مستخدماً نظرية الحركة الجزيئية؟
34. توقع الظروف التي يحتمل أن يختلف عندها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟
35. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعاً للمتغيرات في قانون الغاز المثالي.
36. احسب كتلة غاز البروبان C_3H_8 الموجود في دورق حجمه 2.0 L عند ضغط جوي مقداره 1.00 atm ودرجة حرارة $15.0^\circ C$.
37. ارسم رسماً بيانياً واستخدمه لخفض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1psi (14.7psi=1.0 atm) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار $6^\circ C$ ، ارسم رسماً بيانياً يوضح التغير في الضغط داخل الإطار، عندما تتغير درجات الحرارة من $20^\circ C$ إلى $20^\circ C$ - (افترض أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة $20.0^\circ C$).

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن أيضاً استخدامه لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معروفة.
- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكاً مغايراً لسلوك الغاز المثالي.



7-3

الأهداف

- تحدد النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والنتيجة مستخدماً المعاملات الموجودة في المعادلة الكيميائية.
- تطبق قوانين الغازات لحساب كميات الغازات المتفاعلة والنتيجة في التفاعل الكيميائي.

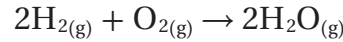
الحسابات المتعلقة بالغازات Gas Stoichiometry

الفكرة الرئيسية عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى عدد المولات والحجوم النسبية للغازات.

الربط مع الحياة لكي تقوم بصناعة الكيك من المهم أن تضيف المقادير بنسب صحيحة. وبطريقة مشابهة فإن نسباً صحيحة من المتفاعلات تلزم في التفاعل الكيميائي للحصول على النتائج المطلوبة.

الحسابات الكيميائية للتفاعلات المتضمنة للغازات Stoichiometry of Reactions Involving Gases

تطبق قوانين الغازات في حساب المتفاعلات أو النواتج الغازية في التفاعلات الكيميائية. تذكر أن المعاملات في التفاعلات الكيميائية تمثل عدد مولات المواد المشاركة في التفاعل. على سبيل المثال يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج بخار الماء.

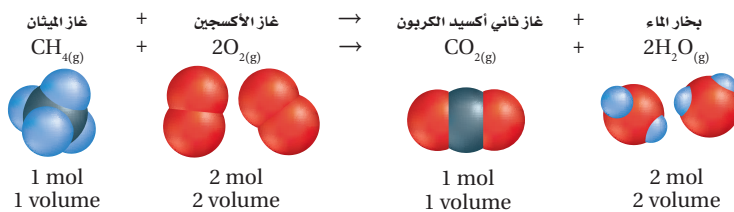


تخبرك المعادلة الكيميائية الموزونة بالنسب المولية للمواد في التفاعل؛ فمثلاً تبين معادلة التفاعل أعلاه أن 2 mol من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج 2 mol من بخار الماء.

كما ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة عند نفس درجة الحرارة والضغط لها عدد الجسيمات نفسه، وهكذا فإن معاملات المواد الغازية في المعادلة الكيميائية الموزونة لا تمثل عدد المولات فقط، وإنما تمثل الحجوم النسبية أيضاً. لهذا فإن 2 L من غاز الهيدروجين ستتفاعل مع 1 L من غاز الأكسجين لإنتاج 2 L من بخار الماء.

الحسابات الكيميائية: حساب الحجم Stoichiometry and Volume–Volume Problems

لإيجاد حجم غاز متفاعل أو ناتج في التفاعل الكيميائي يجب عليك معرفة المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل وحجم غاز آخر مشارك في التفاعل على الأقل. افحص التفاعل في الشكل 7-10، والذي يوضح احتراق غاز الميثان، وهذا التفاعل مألوف لك؛ إذ يحدث كلما أشعلت موقد بنزن.



الشكل 7-10 توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة العلاقة بين أعداد مولات المواد المتفاعلة والنتيجة والعلاقة بين حجوم أي من الغازات المتفاعلة أو الناتجة. بناءً على هذه المعاملات، يمكن استخدام النسبة الحجمية لأي زوج من الغازات المتفاعلة.

ولأنّ المعاملات تمثل النسب الحجمية للغازات المشاركة في التفاعل فإنه يمكنك أن تحدد أنه يلزم 2 L من غاز الأكسجين لتتفاعل تمامًا مع 1 L من غاز الميثان. كما أنّ الاحتراق الكامل لـ 1 L من الميثان سوف ينتج 1 L من ثاني أكسيد الكربون و 2 L من بخار الماء.

لاحظ أنه لم يتم تحديد أي من الظروف مثل الضغط ودرجة الحرارة. فلا حاجة إليها في الحسابات الكيميائية؛ وذلك لأنه بعد الخلط سيكون كلا الغازين في نفس درجة الحرارة والضغط. ويمكن أن تتغير درجة الحرارة في أثناء التفاعل، لكن التغير في درجة الحرارة يؤثر في كل الغازات الموجودة في التفاعل بنفس الطريقة. لذا فإنك لا تحتاج لأخذ حالتي الضغط ودرجة الحرارة بعين الاعتبار.

مثال 7-7

مسائل حساب الحجم ما حجم غاز الأكسجين اللازم لاحتراق 4.0 L من غاز البروبان C_3H_8 حرًا كاملاً. افترض أن الضغط ودرجة الحرارة ثابتان.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت حجم الغاز المتفاعل في المعادلة الكيميائية. تذكر أن المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تزودك بالنسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.

المعطيات	المطلوب
$V_{C_3H_8} = 4.00 \text{ L}$	$V_{O_2} = ? \text{ L}$

2 حساب المطلوب

استخدم المعادلة الموزونة لاحتراق C_3H_8 ، ثم جد النسبة الحجمية لكل من C_3H_8 و O_2 ، ثم جد حجم غاز O_2

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$	اكتب المعادلة الموزونة
$\frac{5 \text{ volume } O_2}{1 \text{ volume } C_3H_8}$	جد النسبة الحجمية لـ O_2 ، C_3H_8
$V_{O_2} = (4.00 \text{ L } C_3H_8) \times \frac{5 \text{ volume } O_2}{1 \text{ volume } C_3H_8}$	اضرب حجم C_3H_8 المعروف بالنسبة الحجمية لإيجاد حجم O_2
$= 20.0 \text{ L } O_2$	

3 تقويم الإجابة

توضح المعاملات في معادلة تفاعل الاحتراق أنّ حجم غاز O_2 المستخدم في التفاعل أكبر كثيرًا من حجم C_3H_8 ، وهذا يتوافق مع الإجابة التي تم حسابها. وحدة الإجابة هي (L)، وهو وحدة حجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريجية

38. كم لترًا من غاز البروبان C_3H_8 يلزم لكي تحترق حرًا كاملاً مع 34.0 L من غاز الأكسجين؟
39. ما حجم غاز الهيدروجين اللازم للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأكسجين لإنتاج الماء؟
40. ما حجم غاز الأكسجين اللازم لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان CH_4 حرًا كاملاً؟
41. تحفيز يتفاعل غازا النيتروجين والأكسجين لإنتاج غاز أكسيد ثاني النيتروجين N_2O . ما حجم غاز O_2 اللازم لإنتاج 34 L من غاز N_2O ؟

الكيمياء في واقع الحياة

استخدام الحسابات الكيميائية



الأفران تلزم نسب صحيحة من الغازات في كثير من التفاعلات الكيميائية. ورغم أن كثيرًا من أفران صناعة الفخار يتم تغذيتها بغاز الميثان فإن مزيجًا محددًا من البروبان والهواء يمكن أن يستخدم وقودًا في هذه الأفران إن لم يتوافر الميثان.

الشكل 11-7 تعد الأمونيا مادة أساسية لإنتاج الأسمدة الغنية بالنيتروجين. ويؤدي وجود النيتروجين في التربة بمستوى ملائم إلى تحسين المحصول الزراعي.



الحسابات الكيميائية: حسابات الحجم – الكتلة Stoichiometry and Volume – Mass Problems

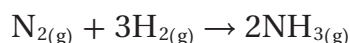
[الرابط مع علم الأحياء](#) يمكنك تطبيق ما تعلمته عن الحسابات الكيميائية على إنتاج

الأمونيا NH_3 من غاز النيتروجين N_2 . فمصانع الأسمدة تستخدم الأمونيا لصناعة الأسمدة الغنية بالنيتروجين؛ فالنيتروجين عنصر مهم لنمو النباتات. ويعد تثبيت النباتات لنيتروجين الجو في التربة، وتحليل المواد العضوية، ومخلفات الحيوانات، من المصادر الطبيعية للنيتروجين في التربة. هذه المصادر لا توفر ما يكفي من النيتروجين لسد حاجة المزارع. يوضح الشكل 11-7 مزارعاً يسمد الأرض بسماد غني بالنيتروجين، وهذا يجعل المزارع قادراً – بإذن الله – على إنتاج كميات أكثر من المحصول.

يوضح المثال 7-8 كيف يمكن استخدام غاز النيتروجين في إنتاج مقدار محدود من الأمونيا. تذكر عند حل هذا المثال أن المعادلة الكيميائية الموزونة تبين أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات فقط، وليس كتلتها. لذا يجب أن يتم تحويل كل الكتل المعطاة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها جزءاً من النسبة. تذكر أيضاً أن وحدة درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن.

مثال 7-8

حسابات الحجم- الكتلة تحضر الأمونيا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين وفق المعادلة:



إذا تفاعل 5.00 L من غاز النيتروجين تماماً مع غاز الهيدروجين عند ضغط جوي 3.00 atm ودرجة حرارة 298 K، فما كمية الأمونيا (g) التي تنتج عن التفاعل؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الحجم والضغط، ودرجة الحرارة لعينة من الغاز، كما أن النسبة الحجمية والمولية للغازات المتفاعلة والناجمة معطاة من خلال معاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات باستخدام قانون الغاز المثالي، ومن ثم حساب الكتلة باستخدام الكتلة المولية.

المطلوب
 $m_{NH_3} = ? g$

المعطيات

$V_{N_2} = 5.00 L$

$P = 3.00 atm$

$T = 298 K$

2 حساب المطلوب

حدد عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن أن تنتج عن 5.00 L من غاز النيتروجين.

جد النسبة الحجمية لـ N_2 و NH_3 مستخدمًا المعادلة الموزونة

$$5.00 \text{ L } N_2 \left(\frac{2 \text{ vol } NH_3}{1 \text{ vol } N_2} \right) = 10.0 \text{ L } NH_3$$

قم بضرب الحجم المعروف من N_2 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم NH_3

استخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد قيمة n. ومن ثم احسب عدد مولات NH_3

$$PV = nRT$$

اكتب نص قانون الغاز المثالي

$$n = \frac{PV}{RT}$$

جد قيمة n

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(298 \text{ K})}$$

عوض $V = 5.00 \text{ L}$, $P = 3.0 \text{ atm}$, $T = 298 \text{ K}$

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(298 \text{ K})} = 1.23 \text{ mol } NH_3$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$M = \left(\frac{1 \text{ N atom} \times 14.01 \text{ amu}}{1 \text{ N atom}} \right) + \left(\frac{3 \text{ H atoms} \times 1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}} \right)$$

$$= 17.04 \text{ amu}$$

جد الكتلة المولية لـ NH_3

عبر عن الكتلة المولية بوحدة g/mol

$$M = 17.04 \text{ g/mol}$$

حول مولات الأمونيا إلى جرامات الأمونيا

$$1.23 \text{ mol } NH_3 \times \frac{17.04 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 21.0 \text{ g } NH_3$$

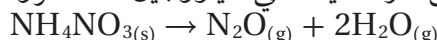
استخدم الكتلة المولية معاملاً للتحويل

3 تقويم الإجابة

لتفحص إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند (STP)، ثم الحجم المولي والنسبة المولية بين N_2 ، NH_3 ؛ لتحديد عدد مولات NH_3 الناتجة. وحدة الإجابة هي الجرام، وهي وحدة قياس الكتلة، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

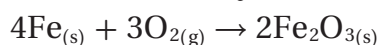
مسائل تدريبية

42. نترات الأمونيوم مكون شائع في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل التالي لحساب كتلة نترات الأمونيوم الصلبة التي يجب أن تستخدم للحصول على 0.100 L من غاز أكسيد ثنائي النيتروجين عند الظروف المعيارية (STP).



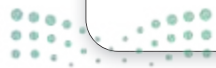
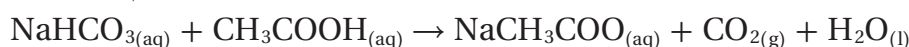
43. عند تسخين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ لتحلل لتكون أكسيد الكالسيوم CaO الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 . ما عدد لترات ثاني أكسيد الكربون التي تتكون عند STP إذا تحلل 2.38 Kg من كربونات الكالسيوم تمامًا؟

44. عندما يصدأ الحديد يكون قد تفاعل مع الأكسجين ليكون أكسيد الحديد (III)



احسب حجم غاز الأكسجين عند STP اللازم ليتفاعل مع 52.0 g من الحديد تمامًا.

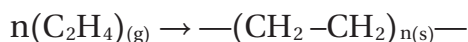
45. تحفيز أضيفت كمية فائضة من حمض الأسيتيك إلى 28g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة حرارة $25^\circ C$ ، وضغط 1 atm وفي أثناء التفاعل برد الغاز بحيث أصبحت درجة حرارته ($20^\circ C$). ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج؟



الشكل 12-7 لصناعة منتج ما
بفاعلية كهذه المنتجات البلاستيكية،
من الضروري إجابة الأسئلة الآتية:
ما مقدار المتفاعلات التي يجب
شراؤها؟ ما مقدار النواتج؟



تعتمد العمليات الصناعية على الحسابات الكيميائية التي درستها في الأمثلة السابقة؛ فغاز الإيثين C_2H_4 مثلاً، والذي يدعى أيضاً الإثيلين، هو المادة الخام لصناعة مبلمر البولي إيثيلين. ينتج البولي إيثيلين عندما تتحد مجموعة كبيرة من الوحدات الأساسية (جزيئات الإيثين $-CH_2-CH_2-$) في صورة نمط متكرر في سلاسل. وتستخدم هذه المبلمرات في صناعة الكثير من مستلزمات الحياة اليومية، كما يبين الشكل 12-7. والمعادلة التالية توضح الصيغة العامة لتفاعل البلمرة، حيث تمثل n عدد الوحدات المتكررة.



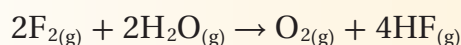
لو كنت مهندساً في مصنع لصناعة البولي إيثيلين فإنك ستحتاج لمعرفة بعض خصائص غاز الإثيلين، ومعرفة تفاعلات البلمرة أيضاً، وستساعدك المعلومات المتعلقة بقوانين الغازات على حساب كتلة وحجم المادة الخام اللازمة تحت درجات حرارة وضغط مختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إيثيلين.

التقويم 7-3

الخلاصة

- تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

46. **الفكرة الرئيسية** فسر عندما يتفاعل غاز الفلور مع بخار الماء يحدث التفاعل الآتي:



- فإذا بدأ التفاعل بـ 2 L من غاز الفلور فما حجم بخار الماء (L) اللازم للتفاعل مع غاز الفلور؟ وما حجم غاز الأكسجين وغاز فلوريد الهيدروجين الناتجين؟
47. **حلل** هل يتناسب حجم الغاز تناسباً طردياً أو عكسياً مع عدد مولات الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين؟ فسر إجابتك.
48. **احسب** يشغل 1 mol من الغاز حجماً مقداره 22.4 L عند الظروف المعيارية (STP)، احسب درجة الحرارة والضغط اللازمين لإدخال 2 mol من الغاز في حجم 22.4 L.
49. **فسر البيانات** يتفاعل غاز الإيثين C_2H_4 مع غاز الأكسجين ليكونا غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل، ثم جد النسبة المولية للمواد الموجودة على كل جهة من المعادلة.

الصحة والضغط

تعيش حياتك اليومية وتعمل وتلعب في الهواء حيث يكون الضغط 1atm تقريباً، ونسبة الأكسجين 21%، فهل تساءلت يوماً: ماذا يمكن أن يحدث لو كان الضغط ونسبة الأكسجين في الهواء أكثر؟ هل كنت ستتعاوى من المرض أو الجروح بسرعة؟ هذه الأسئلة هي جوهر العلاج بالأكسجين المضغوط.

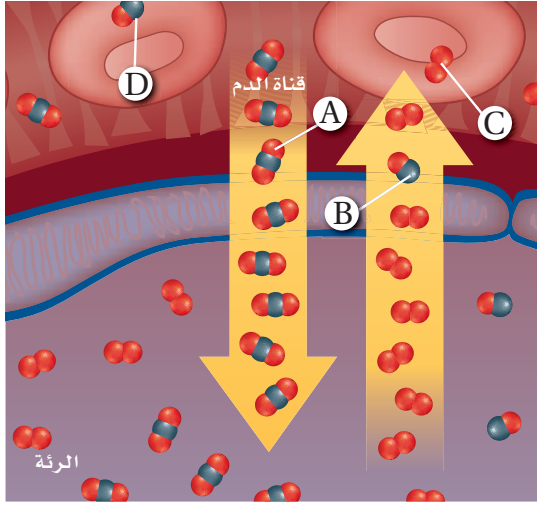
العلاج بالأكسجين المضغوط Hyperbaric medicine

إن كلمة (hyper) تعني عاليًا أو زائدًا. و(bar) هي وحدة الضغط، وتساوي 100 KPa، وهذا تقريباً الضغط الجوي الطبيعي. لهذا فإن المصطلح hyperbaric يشير إلى ضغط أعلى من الضغط الطبيعي. يتعرض المرضى الذين يعالجون بالأكسجين المضغوط لضغط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

ضغط الأكسجين يرتبط ارتفاع الضغط غالباً مع ارتفاع تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المرضى. ويشير العلاج بالأكسجين المضغوط (HBOT) إلى علاج بوساطة أكسجين تركيزه 100%. وبين الشكل 1 غرفة المعالجة بالأكسجين المضغوط؛ حيث يمكن أن يصل الضغط في هذه الغرفة إلى خمسة أو ستة أضعاف الضغط العادي. وتستخدم HBOT في معالجة الكثير من الحالات، ومنها الحروق والدوار والجروح التي لا تلتئم بسرعة والالتهاب وبعض الأمراض المعدية.



الشكل 1 يستلقي المريض في غرفة العلاج في أثناء (HBOT)، ويتحكم الفني في الضغط ونسبة الأكسجين.



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين وجهاز الدوران.

التسمم بغاز أول أكسيد الكربون استخدم الشكل 2 لمعرفة كيف يساعد (HBOT) على علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون.

التبادل الطبيعي للغاز ينتقل غاز O_2 من الرئتين إلى الدم، ويرتبط مع هيموجلوبين الدم في خلايا الدم الحمراء، فيتحرك ثاني أكسيد الكربون CO_2 كما يظهر عند الموضع A.

تبادل الغاز غير الطبيعي إذا دخل أول أكسيد الكربون إلى الدم كما يوضحه الرمز B، عوضاً عن الأكسجين فإنه يرتبط مع الهيموجلوبين، وتبدأ خلايا الجسم تموت نتيجة حرمانها من الأكسجين.

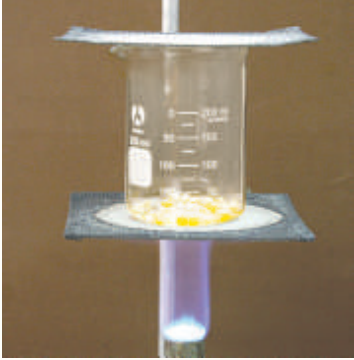
الأكسجين في بلازما الدم بالإضافة إلى الأكسجين الذي يحمله الهيموجلوبين يذوب الأكسجين في بلازما الدم كما هو مبين في C. وتساعد المعالجة بالأكسجين (HBOT) على زيادة تركيز الأكسجين المذاب إلى المقدار الذي يحافظ على الجسم سليماً.

التخلص من أول أكسيد الكربون يساعد الأكسجين المضغوط على التخلص من أول أكسيد الكربون المرتبط مع الهيموجلوبين، كما هو موضح في D.

الكتابة في الكيمياء أعد كتيب معلومات حول استخدام (HBOT) لعلاج الجروح التي لا تلتئم بسرعة.

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الفشار



الخلفية النظرية عندما يكون ضغط بخار الماء داخل حبات الذرة المجففة (الفشار) كبيراً بشكل كافٍ، تتحول الحبات إلى فشار وتطلق بخار ماء. ويمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الضغط في هذه الحبات عند انفجارها.

سؤال ما مقدار الضغط اللازم لنفث حبات الفشار؟

المواد والأدوات

حبات ذرة (18-20)	مخبار مدرج 10 mL
زيت نباتي 1.5 mL	كأس زجاجية 250 mL
شبكة تسخين مربعة 2	ماسك كأس
موقد بنزن	ميزان
حامل حلقة	ماء مقطر
حلقة حديدية صغيرة	ورق تنشيف

احتياطات السلامة

خطوات العمل

12. قس الكتلة النهائية للكأس والزيت والفشار.
13. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص من حبات الذرة والزيت باتباع تعليمات معلمك. نظّف الأدوات المخبرية وضعها في أماكنها.
14. احسب حجم حبات الذرة بالتر، وذلك من خلال إيجاد الفرق بين حجم الماء المقطر في المخبار قبل إضافة الذرة وبعده.
15. احسب الكتلة الكلية لبخار الماء المنطلق مستخدماً قياسات كتل الكأس والزيت وحبات الذرة قبل النفث وبعده.
16. حوّل استخدم الكتلة المولية للماء؛ لإيجاد عدد مولات الماء المتحررة.
17. استخدام الصيغ اعتبر أن درجة حرارة الزيت المغلي 225°C هي درجة حرارة الغاز، واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
18. قارن بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
19. استنتج لماذا لم تنفث حبات الذرة جميعها؟
20. تحليل الخطأ حدّد مصادر الخطأ في هذه التجربة، واقترح طريقة لتصحيحها.

الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لفرقة أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدولاً لتسجيل البيانات.
3. ضع 5 mL تقريباً من الماء المقطر في مخبار مدرج، وسجل حجمه.
4. ضع 18-20 حبة فشار في المخبار المدرج مع الماء، وحرّك المخبار المدرج بلطف؛ لتجبر فقاعات الهواء على الخروج، ثم سجل حجم الماء وحبات الذرة معاً.
5. أخرج الحبات من المخبار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات الجافة مع 1.0 - 1.5 mL من الزيت النباتي في كأس زجاجية.
7. قس الكتلة الكلية للكأس والزيت وحبات الذرة.
8. ركب الجهاز، كما يظهر في الصورة.
9. سخن الكأس بهدوء باستخدام الموقد، وحرّك الموقد إلى الأمام والخلف لتسخين الزيت بالتساوي.
10. لاحظ التغيرات في حبات الذرة في أثناء التسخين، ثم أطفئ الموقد عندما تتفرقع حبات الذرة.
11. استخدم ماسك الكأس لإبعاد الكأس عن الحلقة، واتركه حتى يبرد تماماً.

الفكرة العامة تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

7-1 قوانين الغازات

المفاهيم الرئيسية

• ينص قانون بويل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

• ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

• ينص قانون جاي-لوساك على أن ضغط كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

• يربط القانون العام للغازات كلاً من درجة الحرارة والضغط والحجم في معادلة واحدة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

الفكرة الرئيسية

إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

المفردات

- قانون بويل
- الصفر المطلق
- قانون شارل
- قانون جاي-لوساك
- القانون العام للغازات

7-2 قانون الغاز المثالي

المفاهيم الرئيسية

• ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.

• يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.

$$PV = nRT$$

• يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن استخدامه أيضاً لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت كتلته المولية معروفة.

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{MP}{RT}$$

• تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكاً مغايراً لسلوك الغاز المثالي.

الفكرة الرئيسية

يربط قانون الغاز المثالي عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

المفردات

- مبدأ أفوجادرو
- الحجم المولاري
- ثابت الغاز المثالي (R)
- قانون الغاز المثالي

7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

المفاهيم الرئيسية

• تحدد المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.

• يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناجمة عن التفاعل.

الفكرة الرئيسية

عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.



7-1

إتقان المفاهيم

50. اذكر نصوص قوانين بويل، وشارل، وجاي-لوساك والقانون العام للغازات، واكتب معادلاتها.

51. إذا تناسب متغيران تناسبًا عكسيًا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

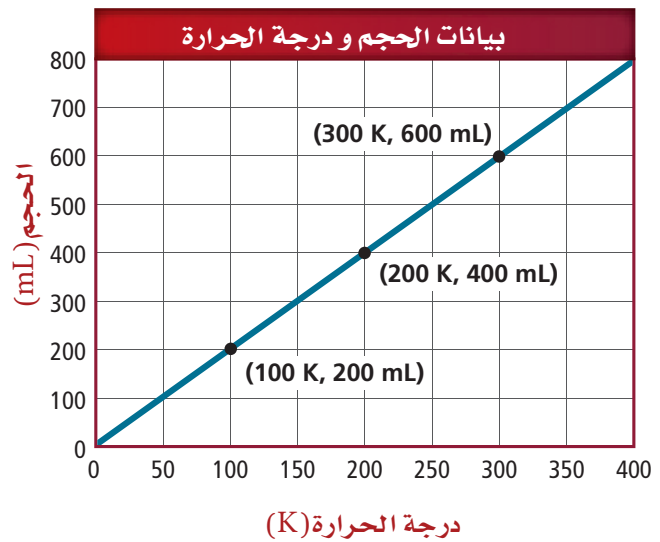
52. إذا تناسب متغيران تناسبًا طرديًا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

53. ما الظروف المعيارية المستخدمة في حسابات الغازات؟

54. حدّد وحدات الضغط والحجم ودرجة الحرارة الأكثر استعمالاً.

إتقان المسائل

55. استعمل قانون شارل لتحديد صحة بيانات الشكل 7-13.



الشكل 7-13

56. بالونات الطقس أطلق بالون طقس، وكان حجمه 5.0×10^4 L عندما كان ضغطه 0.995 atm، ودرجة حرارة المحيط 32.0°C ، وبعد إطلاقه ارتفع إلى علو كان الضغط عنده 0.720 atm ودرجة الحرارة -12.0°C . احسب حجم البالون عند هذا الارتفاع.

57. استعمل قوانين بويل وشارل وجاي-لوساك لحساب القيم المفقودة في كل مما يأتي:

a. $V_1 = 2.0 \text{ L}$, $P_1 = 0.82 \text{ atm}$, $V_2 = 1.0 \text{ L}$, $P_2 = ?$

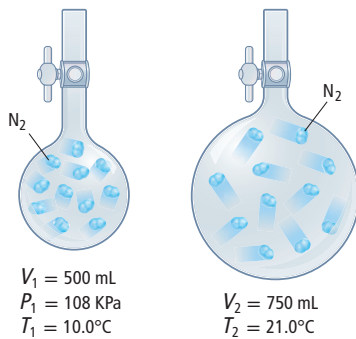
b. $V_1 = 250 \text{ mL}$, $T_1 = ?$, $V_2 = 400 \text{ mL}$, $T_2 = 298 \text{ K}$

c. $V_1 = 0.55 \text{ L}$, $P_1 = 740 \text{ mm Hg}$, $V_2 = 0.80 \text{ L}$, $P_2 = ?$

58. بالونات الهواء الساخن إذا كان حجم عينة من الهواء 2.5 L عند درجة حرارة 22.0°C ، فكم يصبح حجم هذه العينة إذا نقلت إلى بالون هواء ساخن، حيث تبلغ درجة الحرارة 43.0°C ؟ افترض أن الضغط ثابت داخل البالون.

59. ما ضغط حجم ثابت من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 30.0°C ، إذا كان ضغط غاز الهيدروجين 1.11 atm عند درجة حرارة مقدارها 15.0°C ؟

60. نقلت كمية من غاز النيتروجين من وعاء صغير إلى وعاء أكبر منه، كما هو مبين في الشكل 7-14. ما مقدار ضغط غاز النيتروجين في الوعاء الثاني؟



الشكل 7-14

7-2

إتقان المفاهيم

61. اذكر نص مبدأ أفوجادرو.

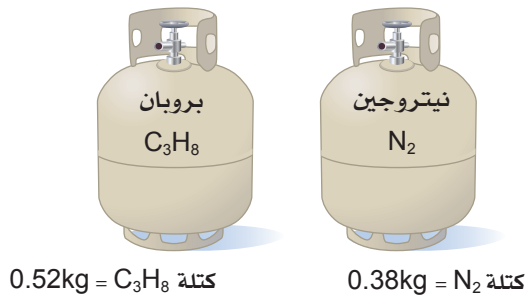
62. اذكر نص قانون الغاز المثالي.



72. حدّد كثافة غاز الكلور عند درجة 22.0°C وضغط جوي (1.00 atm) .

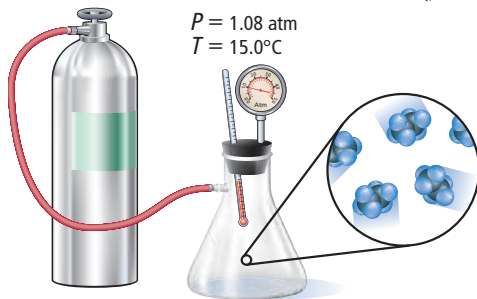
73. أي الغازات في الشكل 15-7 يشغل الحجم الأكبر في الظروف المعيارية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا احتوى كل من الوعائين في الشكل 15-7 على 4.0L من الغاز فما مقدار الضغط في كل منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.



الشكل 15-7

75. ملئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في الشكل 16-7. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 16-7

76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين N_2 ، ضغطها 5.30 atm في وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C ؟

77. ما الكتلة المولية لغاز كتلته 4g وحجمه 2L تعرّض لضغطٍ مقداره 2atm وارتفعت درجة حرارته 25°C ؟

78. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L ، عند درجة حرارة 35.0°C ، وضغط جوي مقداره 3.1 atm ؟

63. ما حجم 1mol من الغاز في الظروف المعيارية؟ وما حجم 2mol من الغاز في الظروف المعيارية؟

64. ما المقصود بالغاز المثالي؟ ولماذا لا يوجد مثل هذا الغاز في الطبيعة؟

65. ما الشرطان اللذان لا يمكن أن يكون سلوك الغاز عندهما مثاليًا؟

66. ما وحدات الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسر ذلك.

إتقان المسائل

67. غاز المنازل يستعمل غاز البروبان C_3H_8 في المنازل لأغراض الطهي والتدفئة.

a. احسب حجم 0.540 mol من البروبان في الظروف المعيارية.

b. فكر في حجم هذه الكمية ومقدار البروبان الموجود فيها، ثم فسر لماذا يتحول غاز البروبان إلى سائل قبل نقله؟

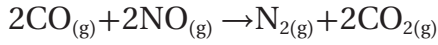
68. مهن في الكيمياء قاس كيميائي أقل ضغط يمكن الوصول إليه في المختبر فكان $1.0 \times 10^{-15}\text{ mm Hg}$ ، ما عدد جسيمات غاز حجمه 1.00 L ودرجة حرارته 22.0°C عند هذا الضغط؟

69. احسب عدد مولات O_2 الموجودة في وعاء مغلق حجمه 2.00 L ودرجة حرارته 25.0°C ، إذا كان ضغطه (3.50 atm) . ما عدد المولات الموجودة في الوعاء إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 49.0°C وبقي الضغط ثابتًا؟

70. العطور يوجد مركب جيرانيول في زيت الورد المستخدم في صناعة العطور. ما الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L ، عند درجة حرارة 260.0°C ، وضغط جوي مقداره 0.140 atm ؟

71. جد حجم 42 g من غاز أول أكسيد الكربون في الظروف المعيارية STP.

87. ادرس التفاعل المبين أدناه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



a. ما نسبة حجم أول أكسيد الكربون إلى حجم ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الكيميائية الموزونة.

b. إذا تفاعل 42.7 g CO تمامًا عند STP فما حجم غاز النيتروجين الناتج؟

88. عندما يحترق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لإنتاج بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة تساوي 350°C وضغط جوي 0.990 atm فما كتلة بخار الماء الناتجة؟

89. عند تسخين كلورات البوتاسيوم الصلبة KClO_3 فإنها تتحلل لتنتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين. فإذا تحلل 20.8 g من كلورات البوتاسيوم، فما عدد لترات غاز الأكسجين التي ستنتج في الظروف المعيارية STP؟

مراجعة عامة

90. تلفاز احسب الضغط داخل أنبوب الصورة في التلفاز، إذا كان حجمه 3.50L، ويحتوي على 2.00×10^{-5} g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي (22.0°C).

91. احسب عدد اللترات التي يمكن أن تشغلها كتلة مقدارها 8.80 g من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة عند:

a. STP

b. 3.00 atm و 160°C

c. 288 K و 118 Kpa

92. إذا احترق 2.33 L من غاز البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط جوي 67.2 Kpa احتراقًا تامًا في كمية فائضة من الأكسجين، فما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج؟

79. تشارك غازان قبل التفاعل في وعاء عند درجة حرارة 200 K، وبعد التفاعل بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة 400 K، فإذا كان كل من V و P ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

7-3

إتقان المفاهيم

80. لماذا يعد من الضروري موازنة المعادلة قبل استخدامها في تحديد أحجام الغازات المتضمنة في التفاعل؟

81. ليس من الضروري أخذ درجة الحرارة والضغط بعين الاعتبار عند استخدام المعادلة الموزونة لتحديد الحجم النسبي للغاز. لماذا؟

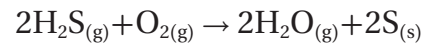
82. فسر لماذا لا تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة أعداد المولات فقط، وإنما أيضًا الحجوم النسبية للغازات؟

83. هل تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة الحجوم النسبية للسوائل والمواد الصلبة؟ فسر إجابتك.

إتقان المسائل

84. إنتاج الأمونيا تتكون الأمونيا من تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين. ما عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن إنتاجها من 13.7 L من غاز الهيدروجين عند 93.0°C وضغط مقداره 40.0 kPa؟

85. عينة من غاز كبريتيد الهيدروجين حجمها 6.5 L، تمت معالجتها مع محفز لتسريع التفاعل الآتي:



فإذا تفاعل H_2S تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة مقدارها 290 K فما كتلة (g) بخار الماء الناتج.

86. ما عدد لترات غاز النيتروجين وغاز الأكسجين اللازمة لإنتاج 15.4 L من أكسيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط جوي 2.0 atm؟



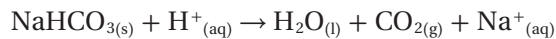
98. حلل عندما يتفكك النيتروجين $C_3H_5N_3O_9$ فإنه يتحلل إلى الغازات الآتية: CO_2 ، N_2 ، NO ، H_2O . ما حجم مزيج الغازات الناتجة عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة $2678^\circ C$ إذا تفكك 239 g من النيتروجين؟

99. طبق ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي (R) في المعادلة $\frac{cm^3 \cdot Pa}{K \cdot mol}$ ؟

100. استنتج هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقل من قيمة الضغط الحقيقي الذي تحدته عينة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسر إجابتك.

مسألة تحفيز

101. الخبز يستخدم أحد الخبازين صودا الخبز لنفخ الكعك، وتحلل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقاً للتفاعلين الآتين:



احسب حجم CO_2 المتكون لكل جرام من $NaHCO_3$ في كلا التفاعلين. افترض أن التفاعل يحدث عند $210^\circ C$ وضغط جوي مقداره 0.985 atm

مراجعة تراكمية

102. حول كل كتلة مما يأتي إلى ما يكافئها بـ Kg:

a. 247 g c. 7.23 mg

b. 53 mg d. 975 mg

103. أي جسيمات الغازات الآتية لها أعلى متوسط سرعة، وأيها لها أقل متوسط سرعة؟

a. أول أكسيد الكربون عند $90^\circ C$

b. ثالث فلوريد النيتروجين عند $30^\circ C$

c. الميثان عند $90^\circ C$

d. أول أكسيد الكربون عند $30^\circ C$

93. التنفس يتنفس الإنسان 0.50 L من الهواء تقريباً خلال التنفس الطبيعي. افترض أن ذلك يتم في الظروف الطبيعية STP.

a. ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة جبل إفرست إذا كانت درجة الحرارة $-60^\circ C$ ، والضغط 253 mm Hg؟

b. يحتوي الهواء الطبيعي على 21% أكسجين، فإذا كان يحتوي على 14% من الأكسجين فوق قمة إفرست، فما حجم الهواء الذي يحتاج إليه الإنسان لتزويد الجسم بالمقدار نفسه من الأكسجين؟

94. يمتزق غاز الميثان CH_4 كاملاً عند تفاعله مع غاز الأكسجين ليكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
b. اكتب النسبة الحجمية بين الميثان والماء في هذا التفاعل.

التفكير الناقد

95. طبق يجب أن يكون حجم بالون من الهيليوم 3.8 L على الأقل ليرتفع في الهواء، وعند إضافة 0.1 mol من الهيليوم إلى البالون الفارغ أصبح حجمه (2.8 L). ما عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع؟ افترض أن كلا من T، P ثابتان.

96. احسب يستخدم مصنع للألعاب تترافلورو إيثان $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة عالية لملء القوالب البلاستيكية.

a. ما كثافة $C_2H_2F_4$ بوحدة g/L في الظروف المعيارية STP؟

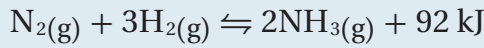
b. أوجد عدد الجزيئات في لتر من $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة $220^\circ C$ و 1 atm ضغط جوي.

97. حلل يزن مكعب صلب من الجليد الجاف 0.75 Kg (CO_2) تقريباً، فما حجم غاز CO_2 في الظروف المعيارية عندما يتسامي المكعب كلياً؟

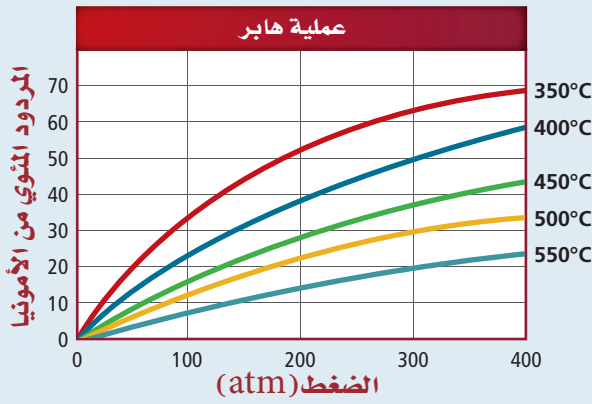


أسئلة المستندات

عملية هابر تستخدم الأمونيا NH_3 في عملية صناعة الأسمدة والمبردات والأصبغ والبلاستيك. وعملية هابر طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتمثل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المنعكس:



يوضح الشكل 7-17 أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.



الشكل 7-17

110. فسر كيف تتأثر نسبة المردود المثوبة للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟

111. تتم عملية هابر عند ضغط مقداره 200 atm، ودرجة حرارة 450°C ، حيث أثبتت هذه الظروف إمكانية إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا خلال زمن قصير.

a. ما أثر إجراء التفاعل عند ضغط أعلى من 200 atm، عند درجة حرارة الوعاء الذي يتم فيه التفاعل؟
b. ترى، كيف يؤثر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى 450°C على الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا؟

104. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة فيما يأتي:

a. اليود d. الكربتون

b. البورون e. الكالسيوم

c. الكروم f. الكاديوم

105. اذكر عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة، ثم اكتب البناء الإلكتروني النقطي لكل عنصر من العناصر الآتية:

B .d kr .a

Br .e Sr .b

Se .f P .c

106. إذا أعطيت محلولين شفافين عديمي اللون، وكان أحدهما يحتوي مركبًا أيونيًا، والآخر مركبًا تساهميًا، فكيف يمكنك تحديد أي المحلولين أيوني، وأيهما تساهمي؟

107. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل تفاعل من التفاعلات الآتية:

a. إذلال الزنك مكان الفضة في محلول كلوريد الفضة.

b. تفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

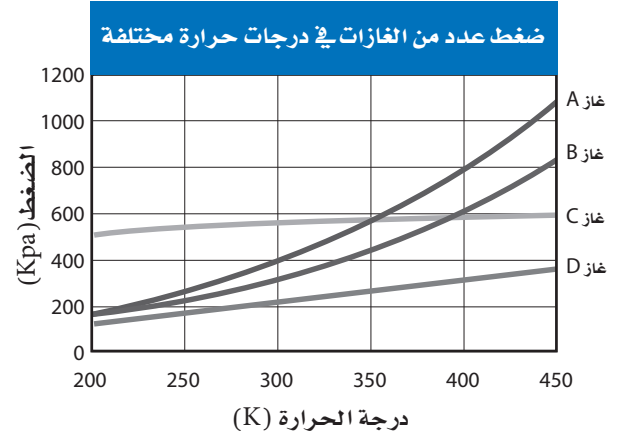
108. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم بالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقق حتى عام 1999 م. اكتب تصوراتك عن الرحلة، وصف كيف يتحكم تغير درجة حرارة البالون في ارتفاع البالون؟

109. جهاز التنفس تحت الماء ابحث في أثر منظمات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يستخدمها الغواصون، وشرحه.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 ، 2 :



1. أي مما يأتي يوضحه الرسم البياني أعلاه:

- a. عندما تزداد درجة الحرارة يقل الضغط.
- b. عندما يزيد الضغط يقل الحجم.
- c. عندما تزيد درجة الحرارة يقل عدد المولات.
- d. عندما يقل الضغط تقل درجة الحرارة.

2. أي الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟

- a. الغاز A
- b. الغاز B
- c. الغاز C
- d. الغاز D

3. يستخدم حمض الهيدروفلوريك HF في صناعة الأدوات

الإلكترونية، وهو يتفاعل مع سليكات الكالسيوم $CaSiO_3$ ، الذي يعدّ أحد مكونات الزجاج. ما الخاصية التي تحول دون نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في أوعية زجاجية؟

- a. خاصية كيميائية
- b. خاصية فيزيائية كمية
- c. خاصية فيزيائية نوعية
- d. خاصية كمية

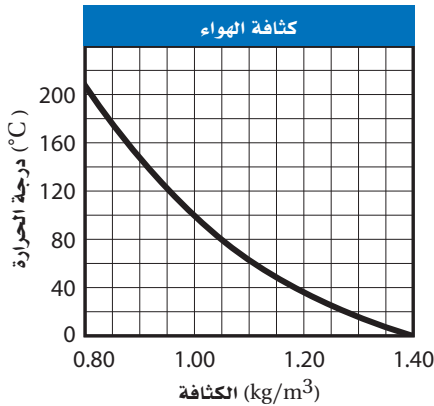
4. يعد هيدروكسيد الصوديوم NaOH قاعدة قوية، تستخدم في فتح مصارف الصرف الصحي. ما نسب مكونات هيدروكسيد الصوديوم؟

- a. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H
- b. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H
- c. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H
- d. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

5. ملئ منطاد صغير وهو على سطح الأرض بـ 5.66×10^6 L من غاز الهيليوم He، وكان الضغط داخل المنطاد 1.10 atm ، عند درجة حرارة 25°C ، فإذا بقي الضغط داخل المنطاد ثابتاً، فكم يكون حجمه عند ارتفاع 2300 m حيث درجة الحرارة 12°C ؟

- a. 2.72×10^6 L
- b. 5.40×10^6 L
- c. 5.66×10^6 L
- d. 5.92×10^6 L

6. يوضح الرسم البياني نتائج تجربة تم فيها تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما المتغير المستقل في هذه التجربة؟



- a. الكثافة
- b. الكتلة
- c. درجة الحرارة
- d. الزمن



اختبار مقنن

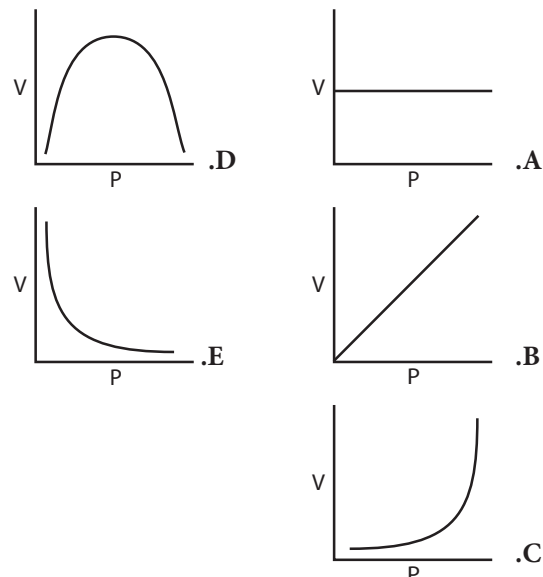
أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 12:

مستويات غاز الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005			
مستوى الرادون mJ/m ³	التاريخ	مستوى الرادون mJ/m ³	التاريخ
0.05	2 /05	0.15	8 /04
0.05	3 /05	0.03	9 /04
0.06	4 /05	0.05	10 /04
0.13	5 /05	0.03	11 /04
0.05	6 /05	0.04	12 /04
0.09	7 /05	0.02	1 /05

12. يعد غاز الرادون من الغازات المشعة، وينتج عندما يتحلل الراديوم في الصخور والتربة، وهو مادة مسرطنة. توضح البيانات أعلاه مستويات الرادون التي تم قياسها في منطقة معينة. اختر طريقة لتمثيل هذه البيانات بيانياً. فسر سبب اختيارك لهذه الطريقة ومثل البيانات بيانياً.

7. أي الرسوم البيانية توضح العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة الحرارة.



8. ما مقدار الضغط الذي يحدثه 0.0468 g من الأمونيا NH₃ على جدران وعاء حجمه 4.00 L عند درجة 35.0 °C، على افتراض أنه يسلك سلوك الغاز المثالي؟

- a. 0.0174 atm d. 0.278 atm
b. 0.00198 atm e. 0.0, 126 atm
c. 0.296 atm

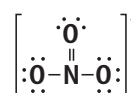
أسئلة الإجابات القصيرة

9. صف الملاحظات التي تقدم دليلاً على حدوث التفاعل الكيميائي.

10. حدّد سبعة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة، وفسر لماذا تتشارك ذرات هذه الجزيئات في زوج من الإلكترونات؟

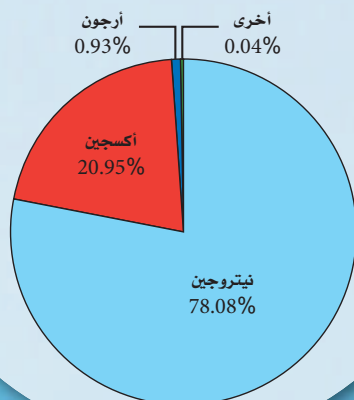
11. يوضح الرسم أدناه بناء لويس لأيون النترات المتعدد الذرات (NO₃⁻).

عرف مفهوم متعدد الذرات، وأعط أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.

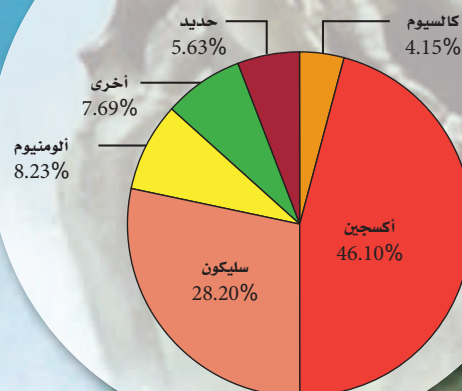


دليل العناصر الكيميائية Elements Handbook

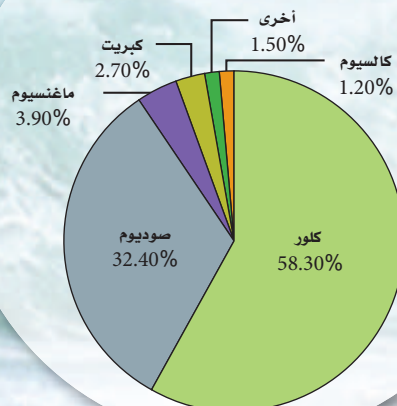
عناصر الغلاف الجوي



عناصر القشرة الأرضية



العناصر المذابة في محيطات الأرض



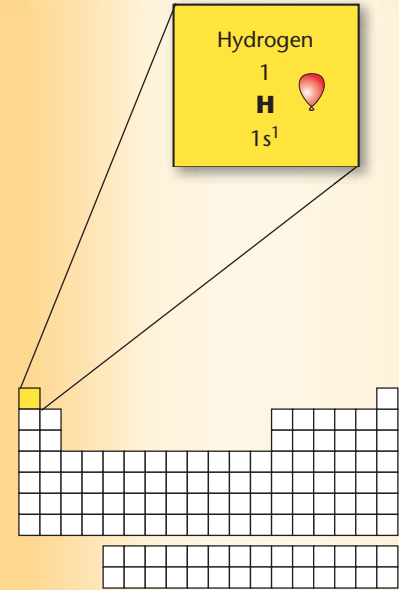
وزارة التعليم

Ministry of Education
2025 - 1447

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



الاختبارات التحليلية

يعد الرقم الهيدروجيني pH مقياسًا لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في محلول مائي، فإذا عبّرنا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحدة mol/l فإن الرقم الهيدروجيني pH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين $-\log [H^+]$. فمثلاً: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين $1 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ ، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

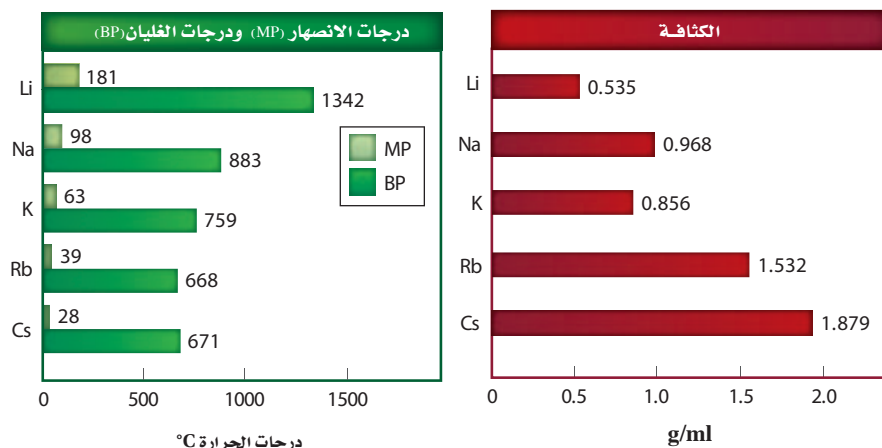


يمكن أن تكون المواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف المنازل حمضية أو قلوية حسب تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة، وكلما كان تركيزها أكبر كانت درجة الحموضة أقل.

المجموعة 1: الفلزات القلوية Alkali Metals

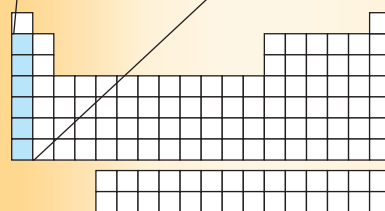
الخواص الفيزيائية

- 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 ¹
Sodium 11 Na [Ne]3s ¹
Potassium 19 K [Ar]4s ¹
Rubidium 37 Rb [Kr]5s ¹
Cesium 55 Cs [Xe]6s ¹
Francium 87 Fr [Rn]7s ¹

دليل العناصر الكيميائية



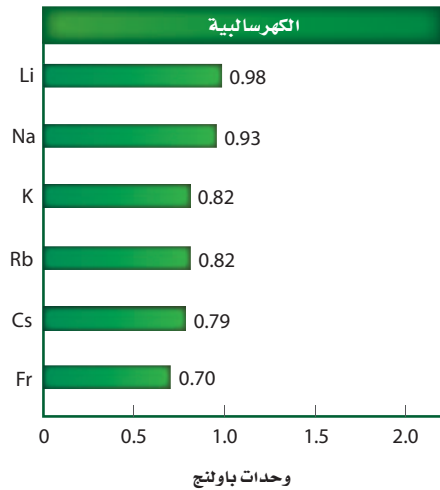
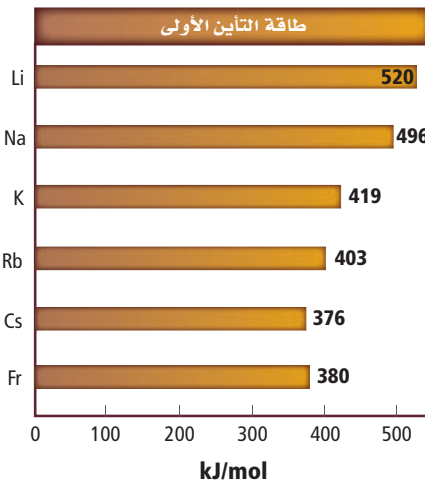
حقائق حول العناصر

دليل العناصر الكيميائية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Li 152	Li ¹⁺ 76
Na 186	Na ¹⁺ 102
K 227	K ¹⁺ 138
Rb 248	Rb ¹⁺ 152
Cs 265	Cs ¹⁺ 167
Fr 270	

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 1 إلكترون تكافؤ واحد وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^1 .
- تفقد عناصر المجموعة 1 إلكترون التكافؤ الخاص بها لتكون أيوناً ذا شحنة موجبة +1.
- تزداد أنصاف أقطار الذرات وأنصاف أقطار الأيونات كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- تقل الكهروسالبية كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- لا توجد الفلزات القلوية في الطبيعة بشكل حر؛ لأنها نشطة جداً.
- لكل عنصر من عناصر الفلزات القلوية نظير واحد مشع على الأقل.
- بسبب ندرة عنصر الفرانسيوم، ولأنه يضمحل بسرعة كبيرة جداً فإن خواصه غير معروفة إلى الآن.



الاختبارات التحليلية

يمكن تعرف الفلزات القلوية من خلال اختبارات اللهب؛ فالليثيوم ينتج لهباً أحمر اللون، والصوديوم ينتج لهباً برتقالياً، بينما ينتج كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهباً بنفسجياً.



الليثيوم



الصوديوم



البوتاسيوم



الروبيديوم

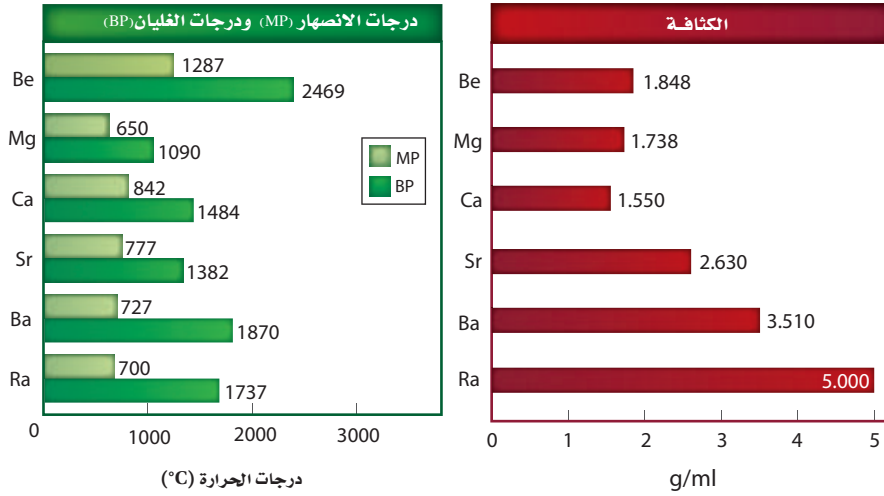


السيزيوم

المجموعة 2 : الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals

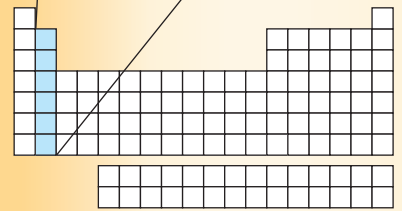
الخواص الفيزيائية

- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهر فضي لامع، وتتكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعد الفلزات القلوية الأرضية أصعب وأكثر كثافة وأقوى من العديد من عناصر المجموعة 1، ولكنها تبقى أقل صلابة من الكثير من الفلزات.
- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية درجات انصهار ودرجات غليان أكبر من الفلزات القلوية.
- تزداد الكثافة بشكل عام كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة.



Beryllium 4 Be [He]2s ²
Magnesium 12 Mg [Ne]3s ²
Calcium 20 Ca [Ar]4s ²
Strontium 38 Sr [Kr]5s ²
Barium 56 Ba [Xe]6s ²
Radium 88 Ra [Rn]7s ²

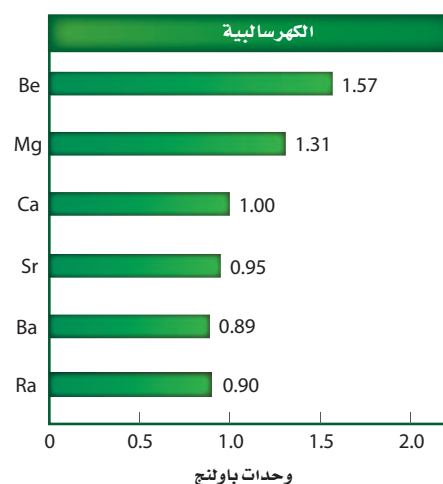
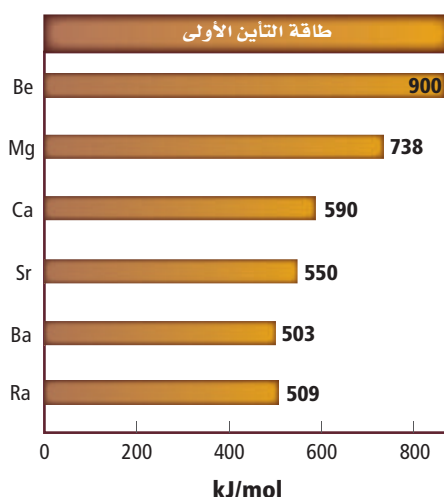
دليل العناصر الكيميائية



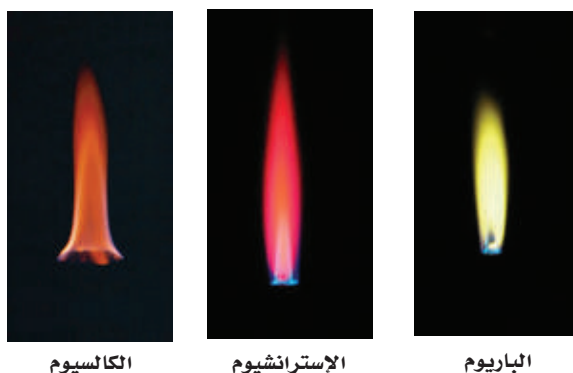
الخواص الذرية

- لكل عنصر من المجموعة 2 إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^2 .
- تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكترونات التكافؤ الخاصين بها لتكون أيوناً ذا شحنة ثنائية موجبة +2.
- يزداد نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من أنصاف أقطار ذرات المجموعة 1 وأنصاف أقطار أيوناتها.
- تقل الكهروسالبية وطاقة التأين كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنهما يكونان أكبر من عناصر المجموعة 1.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
Be 112	Be ²⁺ 31
Mg 160	Mg ²⁺ 72
Ca 197	Ca ²⁺ 100
Sr 215	Sr ²⁺ 118
Ba 222	Ba ²⁺ 135
Ra 220	



الاختبارات التحليلية



الكالسيوم

الإستراتشيوم

الباريوم

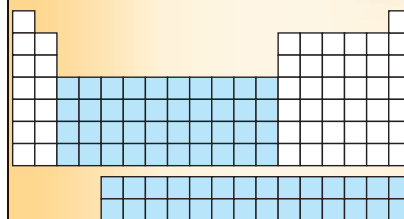
يمكن تعرّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم ينتج لهباً قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي، بينما ينتج الإستراتشيوم لهباً قرمزيّاً أقرب إلى اللون البنفسجي، أما الباريوم فينتج لهباً أصفر مخضراً.

الخواص الفيزيائية

- تشمل العناصر الانتقالية 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 برادة الحديد إلى مغناطيس تصبح مغناطيسًا، وتنجذب إلى المغناطيس وينجذب بعضها إلى بعض.



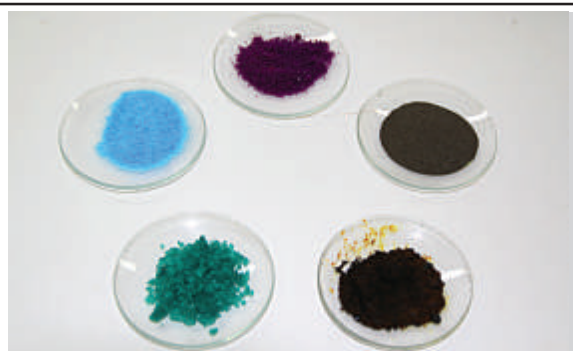
الخواص الذرية

- للعناصر الانتقالية الرئيسية مجالات ثانوية d غير مكتملة.
- تتضمن العناصر الانتقالية الداخلية سلسلة اللانثانيدات وسلسلة الأكتينيدات، وهذه العناصر مجالات ثانوية f غير مكتملة.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تعرف خواصها الكيميائية؛ فكلما كان عدد الإلكترونات غير المرتبطة في المجال الثانوي d أكبر كان العنصر أكثر صلابة وكانت درجات الانصهار والجليان أعلى.
- تسبب الإلكترونات غير المرتبطة في مجالات f و d الخواص المغناطيسية للعناصر الانتقالية.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تكوين المركبات الملونة؛ إذ تستطيع المركبات التي تحتوي إلكترونات غير مرتبطة في المجال d امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصر الانتقالية في الحجم الذري، والكهروسالبية، وطاقة التأين، عند الانتقال في الدورة الواحدة من اليسار إلى اليمين.

أعداد تأكسد الدورة الأولى للعناصر الانتقالية								
				+3				Sc
			+4	+3	+2	+1		Ti
		+5	+4	+3	+2	+1		V
	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Cr
+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Mn
	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	Fe
		+5	+4	+3	+2	+1	0	Co
			+4	+3	+2	+1		Ni
				+3	+2	+1		Cu
					+2			Zn

- تستطيع العناصر الانتقالية تكوين أيونات من خلال أعداد تأكسد مختلفة.

الاختبارات التحليلية



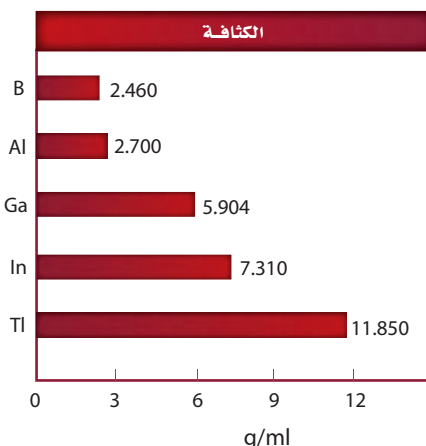
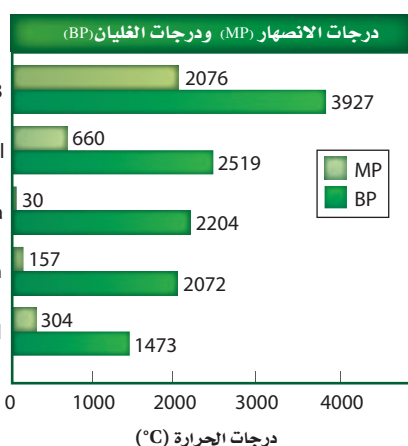
لاحظ ألوان مركبات العناصر الانتقالية في الشكل المجاور، تمتص هذه العناصر أطوالاً موجية مختلفة من الضوء عند وضعها في المحاليل. يستخدم الطيف المرئي عملية امتصاص الضوء عند أطوال موجية محددة لقياس تركيز المركبات الملونة في المحلول. تستخدم هذه الطريقة في التحليل التفاعل الذي يحدث بين إلكترونات التكافؤ للعناصر الانتقالية، والضوء المرئي. ولأن الكثير من مركبات العناصر الانتقالية ذات ألوان فإنه يصبح من الممكن استخدام هذه التقنية في تحليل العناصر الانتقالية.

لنحظ ألوان 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.

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.



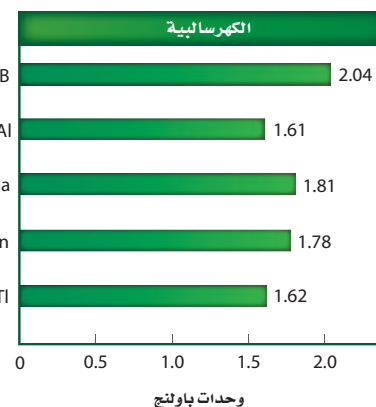
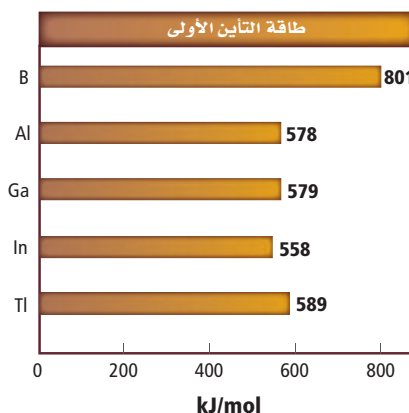
Boron 5 B [He]2s ² 2p ¹
Aluminum 13 Al [Ne]3s ² 3p ¹
Gallium 31 Ga [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹
Indium 49 In [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ¹
Thallium 81 Tl [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ¹

دليل العناصر الكيميائية

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^1$.
- تفقد عناصر المجموعة 13 - ما عدا البورون - إلكترونات تكافؤها الثلاث لتكون أيوناً ذا شحنة ثلاثية موجبة $+3$. ولبعض العناصر - ومنها (Ga, In, Tl) - القدرة على فقد إلكترون واحد فقط من إلكترونات تكافؤها لتكون أيوناً ذا شحنة أحادية موجبة $+1$.
- يتشارك البورون فقط في الروابط التساهمية.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل، وحجوم عناصرها مشابهة لحجوم عناصر المجموعة 14.
- تقل طاقة التأين لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
B 85	B^{3+} 20
Al 143	Al^{3+} 50
Ga 135	Ga^{3+} 62
In 167	In^{3+} 81
Tl 170	Tl^{3+} 95



الاختبارات التحليلية

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.



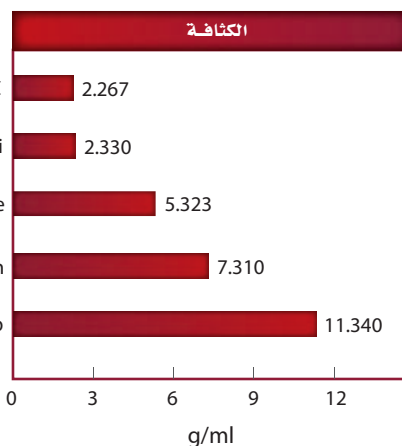
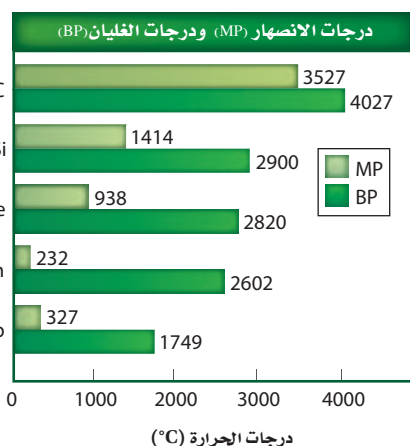
الإنديوم

تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

المجموعة 14: مجموعة الكربون Carbon Group

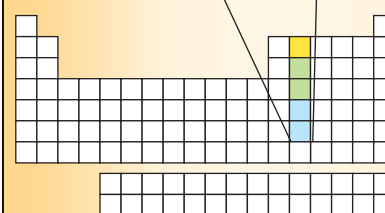
الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة. فالكربون لافلز. بينما السليكون والجرمانيوم أشباه فلزات. أما القصدير والرصاص ففلزات.
- يمكن أن يوجد الكربون على شكل مسحوق أسود؛ أو مادة طرية، أو مادة صلبة زلقة رمادية اللون؛ أو مادة صلبة شفافة؛ أو مادة صلبة ذات لون برتقالي قريب إلى الأحمر.
- يمكن للسليكون أن يكون مسحوقاً 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، ليئة، قابلة للطرق والسحب.
- تقل درجات الانصهار والغليان، وتزداد الكثافة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.



Carbon 6 C [He]2s ² 2p ²
Silicon 14 Si [Ne]3s ² 3p ²
Germanium 32 Ge [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ²
Tin 50 Sn [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ²
Lead 82 Pb [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ²

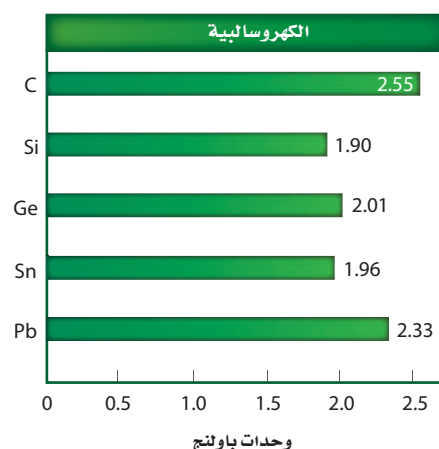
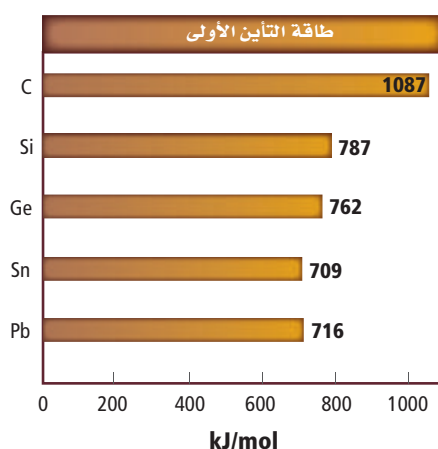
دليل العناصر الكيميائية



الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 14 أربعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^2$.
- تشارك عناصر مجموعة الكربون في الروابط التساهمية بعدد تأكسد +4. ويمكن للقصدير والرصاص أيضاً أن يكون لهما عدد تأكسد +2. وللكربون والسليكون في بعض المركبات عدد تأكسد -4.
- يوجد كل من الكربون والسليكون والقصدير بأشكال بلورية مختلفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تتشابه مع أنصاف أقطار عناصر المجموعة 13.
- لعناصر المجموعة 14 - ما عدا الكربون - طاقات تأين متماثلة، وليس هناك تباين في الكهروسالبية بين هذه العناصر.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
C 77	C ⁴⁺ 15
Si 118	Si ⁴⁺ 41
Ge 122	Ge ⁴⁺ 53
Sn 140	Sn ⁴⁺ 71
Pb 146	Pb ⁴⁺ 84



الاختبارات التحليلية

لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 14، من خلال اختبارات اللهب؛ لأن هذه العناصر ترتبط مع غيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الرصاص الذي ينتج ضوءاً أزرق اللون. ويمكن تعرّف عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، و من خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلاً يكون الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتهما إلى محاليل محددة.

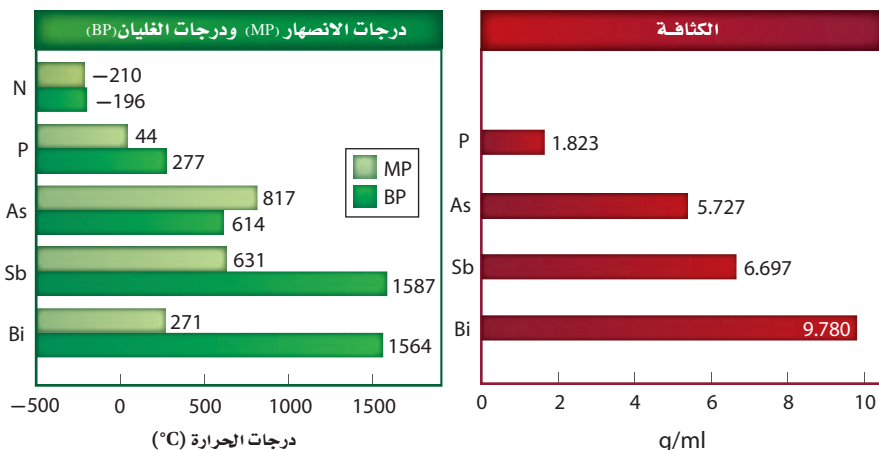


عند إضافة نترات الرصاص إلى يوديد البوتاسيوم ينتج راسب أصفر من يوديد الرصاص.

المجموعة 15: مجموعة النيتروجين Nitrogen Group

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية - تمامًا كعناصر المجموعة 14 - كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة؛ فالنيتروجين والفوسفور لافلزات، بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البزموت ففلز.
- تختلف أشكال عناصر مجموعة النيتروجين تمامًا كعناصر المجموعة 14.
- يكون النيتروجين على شكل غاز عديم اللون والرائحة .
- يوجد الفوسفور على ثلاثة أشكال بلورية جميعها صلب، وتكون هذه الأشكال بيضاء أو حمراء أو سوداء.
- يكون الزرنيخ صلبًا ولامعًا، ولونه رمادي مائل إلى اللون الأبيض، وهش. ويمكن أن يكون صلبًا ذا لون أصفر باهت تحت ظروف محددة. ويتسامى الزرنيخ عند تسخينه.
- الأنتيمون صلب، فضي - رمادي اللون، لامع، هش.
- البزموت صلب ذو لون رمادي لامع أقرب إلى اللون الوردي. وهو أقل الفلزات في الجدول الدوري توصيلًا للكهرباء، وهو هش أيضًا.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضًا كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 15.



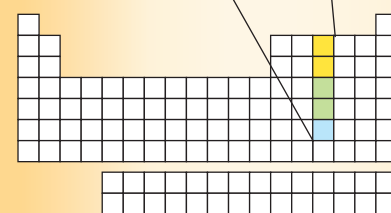
Nitrogen
7
N
[He]2s ² 2p ³

Phosphorus
15
P
[Ne]3s ² 3p ³

Arsenic
33
As
[Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ³

Antimony
51
Sb
[Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ³

Bismuth
83
Bi
[Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6p ³



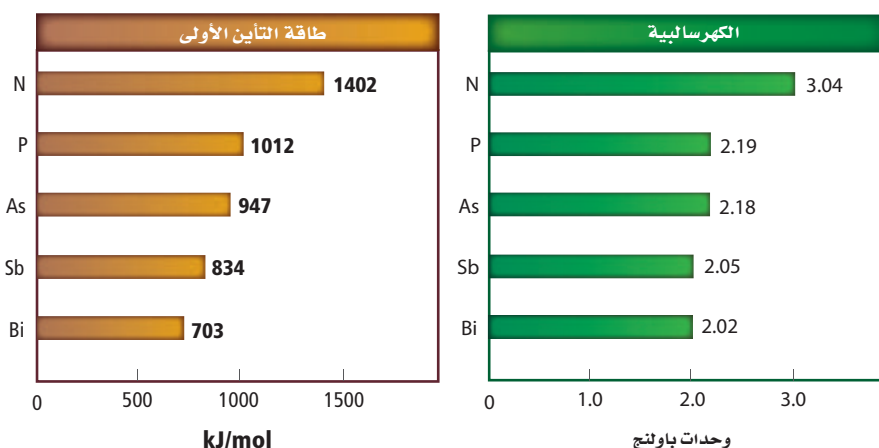
دليل العناصر الكيميائية



الخواص الذرية

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
N 75	N ³⁻ 146
P 110	P ³⁻ 212
As 120	As ³⁻ 222
Sb 140	Sb ⁵⁺ 62
Bi 150	Bi ⁵⁺ 74

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 15 خمسة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^3$.
- النيتروجين ضعيف النفاذية المغناطيسية، مما يعني أنه لا ينجذب إلى المجال المغناطيسي، وهذا يدل على أن إلكتروناته جميعها مرتبطة.
- للنيتروجين عدد تأكسد يتراوح بين -3 و +5.
- للفوسفور والزرنيخ والأنتيمون أعداد تأكسد -3 و +3 و +5.
- للبزموت أعداد تأكسد +3 و +5.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبة، ويزداد نصف القطر الذري كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.



الاختبارات التحليلية



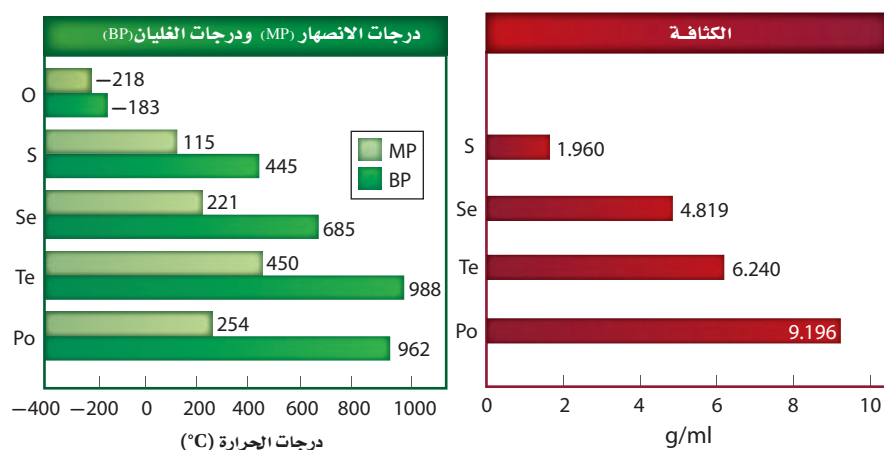
لا يمكن تعرّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأن معظم هذه العناصر لافلزنية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءاً أخضر خافتاً أو أزرق عند تعريضه للهب، والبزموت الذي يصدر ضوءاً أزرق مائلاً إلى البنفسجي.

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*

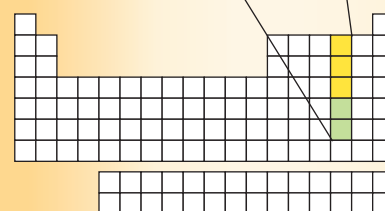
الخواص الفيزيائية

- في درجة حرارة الغرفة يكون الأكسجين غازاً نقيًا، عديم الرائحة، بينما يكون باقي عناصر المجموعة 16 مواد صلبة.
- لبعض عناصر المجموعة 16 أشكال بلورية عديدة شائعة. فيمكن أن يوجد الأكسجين على شكل O_2 أو O_3 (الأوزون). وللكبريت أيضًا الكثير من الأشكال البلورية. أما السيلينيوم فله ثلاثة أشكال بلورية شائعة: رمادي غير متبلور، وبلوري أحمر، أو على شكل مسحوق ذي لون أحمر مائل إلى الأسود.
- يعدُّ كل من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم لافلزات، بينما التيرونيوم والبولونيوم أشباه فلزات.
- للأكسجين خواص مغناطيسية، وهذا يعني أنه يمكن لمغناطيس قوي أن يجذب جزيئات الأكسجين.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة 16 ما عدا البولونيوم مع زيادة العدد الذري. وتزداد الكثافة لجميع عناصر المجموعة 16 بزيادة العدد الذري لها.



Oxygen 8 O [He]2s²2p⁴	
Sulfur 16 S [Ne]3s²3p⁴	
Selenium 34 Se [Ar]4s²3d¹⁰4p⁴	
Tellurium 52 Te [Kr]5s²4d¹⁰5p⁴	
Polonium 84 Po [Xe]6s²4f¹⁴5d¹⁰6p	

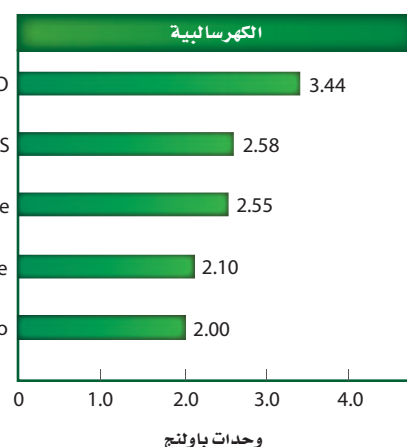
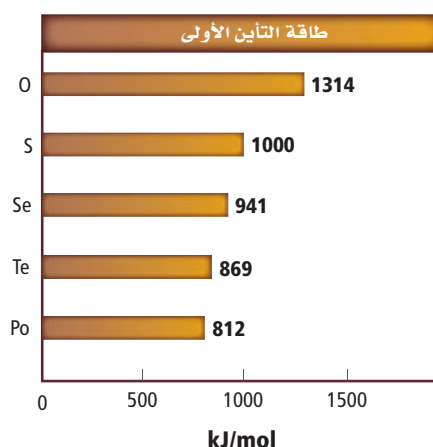
دليل الفناصر الكيميائية



الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 16 ستة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^4$.
- يمكن لعناصر المجموعة 16 أن يكون لها أعداد تأكسد مختلفة، فمثلاً للأكسجين أعداد تأكسد -2 و -1، وللكبريت أعداد تأكسد +2 و +4 و +6.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، 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.

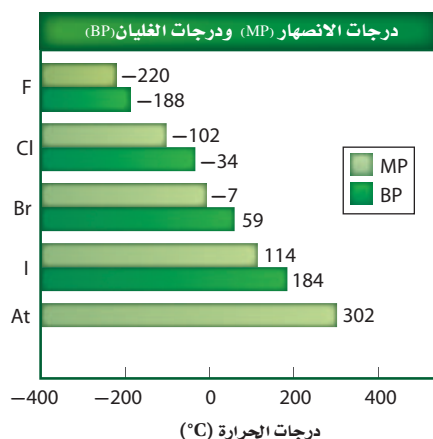


فحص ذائبية الأكسجين أحد
تحاليل مراقبة جودة الماء.

المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات Halogens Group

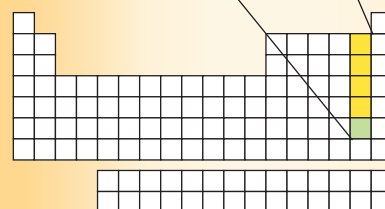
الخواص الفيزيائية

- 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 F $[\text{He}]2s^22p^5$
Chlorine 17 Cl $[\text{Ne}]3s^23p^5$
Bromine 35 Br $[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^5$
Iodine 53 I $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^5$
Astatine 85 At $[\text{Xe}]6s^24f^{14}5d^{10}6p^5$



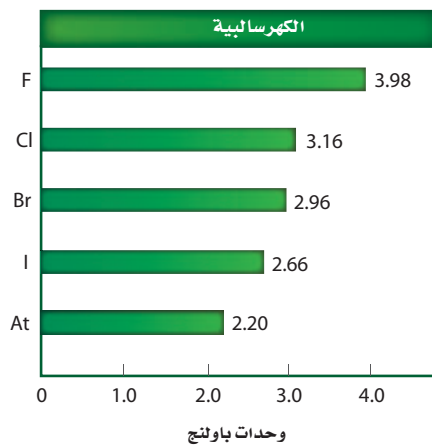
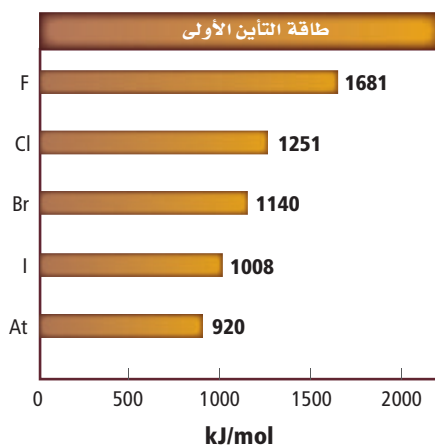
دليل العناصر الكيميائية



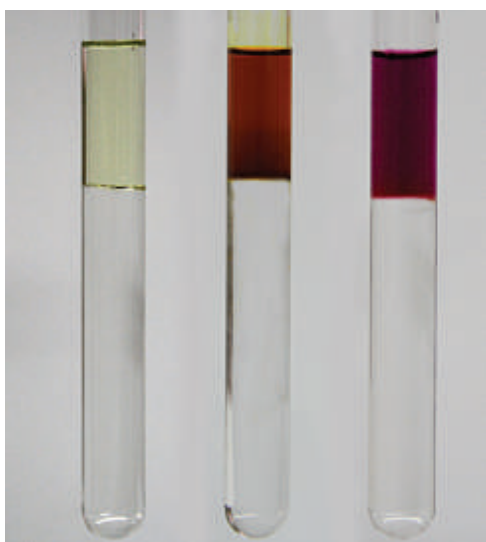
الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2 np^5$.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعدّ الفلور العنصر الأكثر كهروسالبية في الجدول الدوري. لذلك لديه ميل أكبر لجذب الإلكترونات.
- الأستاتين عنصر مشع، ولكن استخداماته غير معروفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

نصف القطر الذري (pm)	نصف القطر الأيوني (pm)
F 72	F ¹⁻ 133
Cl 100	Cl ¹⁻ 181
Br 114	Br ¹⁻ 195
I 133	I ¹⁻ 220



الاختبارات التحليلية

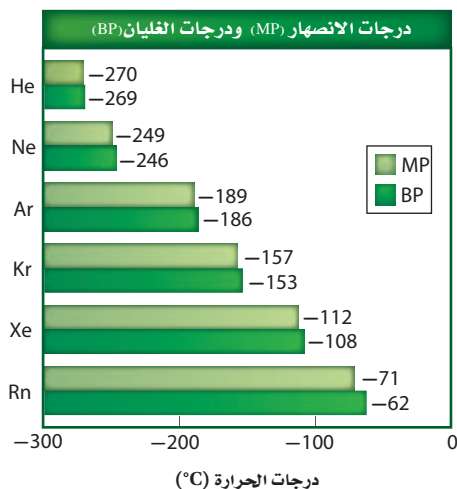


يمكن تعرّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم واليود مع نترات الفضة ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكلوريد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حليبي اللون، أما يوديد الفضة فراسب أصفر. ويمكن تعرّف الكلور والبروم واليود أيضا من خلال ذوبانهم في الهكسان الحلقي. فكما هو مبين في الشكل، يتحول المحلول إلى اللون الأصفر في حالة الكلور، والبرتقالي عند إضافة البروم، والبنفسجي عند إضافة اليود.

تذوب الهالوجينات قليلاً في الماء (لاحظ الطبقة السفلى). ولكن في الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، يذوب كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي) واليود (البنفسجي).

المجموعة 18: مجموعة الغازات النبيلة Noble Gases

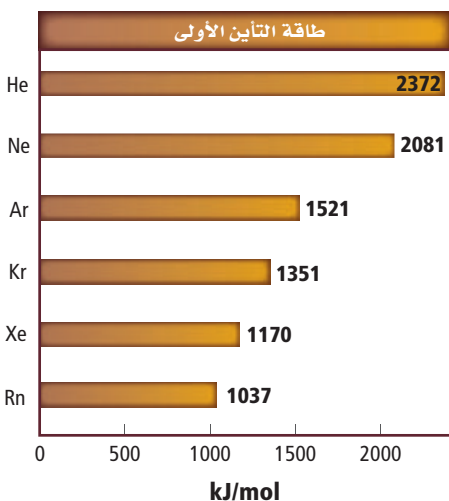
الخواص الفيزيائية



- تمتاز عناصر المجموعة 18 بأنها غازات عديمة اللون والرائحة.
- جميعها لافلزات.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تبقى أقل من باقي عناصر الجدول الدوري.

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 18 ثمانية إلكترونات تكافؤ في مجاله الأخير. وتوزيع إلكترونات ينتهي بـ $ns^2 np^6$ ما عدا الهيليوم، الذي له إلكترونات فقط.
- جميع عناصر الغازات النبيلة وحيدة الذرة، وتوجد في صورة غير مرتبطة.
- للغازات النبيلة طاقات تأين أولى أكبر من عناصر الجدول الدوري جميعها.



Helium
2
He
$1s^2$

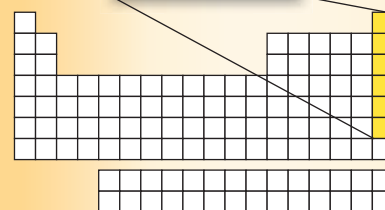
Neon
10
Ne
$[He]2s^22p^6$

Argon
18
Ar
$[Ne]3s^23p^6$

Krypton
36
Kr
$[Ar]4s^23d^{10}4p^6$

Xenon
54
Xe
$[Kr]5s^24d^{10}5p^6$

Radon
86
Rn
$[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$

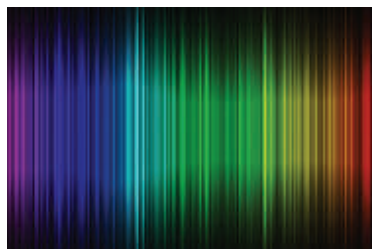


دليل العناصر الكيميائية



الاختبارات التحليلية

لأن الغازات النبيلة عديمة اللون والرائحة، وتكون عمومًا غير نشطة، فإن العديد من التجارب التحليلية المستخدمة في تعرّف هذه العناصر ليست مفيدة. ومع ذلك، فإن الغازات النبيلة تصدر ضوءًا 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.

المصطلحات



(أ)

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

الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation هو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

إلكتروليت Electrolyte المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons الإلكترونات في مجال الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons

الإلكترونات التي تكون الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجذبة نحو ذرة بعينها.

الانتشار Diffusion انتقال مادة من خلال أخرى من منطقة ذات تركيز مرتفع إلى منطقة ذات تركيز منخفض.

الأيون Anion الأيون الذي له شحنة سالبة.

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

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

الأيون العديد الذرات Polyatomic Ion الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر ويسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

أيون أكسجيني سالب أيون عديد الذرات، يتكون غالبًا من لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين.

(ب)

بارومتر Barometer جهاز قياس الضغط الجوي.

باسكال Pascal وحدة دولية تستخدم لقياس الضغط.

(ت)

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

التبخّر Vaporization التحول إلى بخار عند درجة حرارة الغرفة.

التبخر السطحي Evaporation عملية تحول السائل إلى بخار عند سطح السائل فقط.

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

النسبة المئوية الكتلية لكل عنصر في المركب.

التردد Frequency عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية.

تدرج خواص العناصر Periodic Law ترتيب العناصر وفق تزايد أعدادها الذرية، بحيث يؤدي إلى تدرج في خواص هذه العناصر.

الترسيب Precipitate تكون مادة صلبة في أثناء تفاعل كيميائي.

تركيب لويس Lewis Structure نموذج يتم فيه تمثيل إلكترونات التكافؤ فقط على شكل نقاط أو خطوط للإلكترونات المرتبطة.

تأصل (متأصل) Allotrope وجود شكل أو أكثر للعنصر بتركيبي وخصائص مختلفة بالحالة الفيزيائية نفسها: الصلبة أو السائلة أو الغازية.

(ج)

الجزيء Molecule أصغر جزء في المركب يحمل صفاته.

(ح)

حالة الاستقرار Ground State حالة الذرة في أدنى مجال للطاقة.

حالة الإشارة Excited State عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة، تصبح في حالة إثارة.

الحجم المولاري Molaric mass الحجم الذي يشغله 1mol منه عند درجة حرارة 0°C وضغط جوي 1atm.

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.

درجة الانصهار Melting Point الدرجة التي يتحول عندها الجسم الصلب إلى سائل.

درجة الحرارة Temperature معدل الطاقة الحركية لجزيئات المادة.

درجة التجمد Freezing Point درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب متبلور.

درجة الغليان Boiling Point درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي الخارجي.

التصادم المرن Elastic Collision تصادمات لا تفقد من خلالها الطاقة الحركية بل تنتقل من جسيم لآخر ولكن يبقى متوسط الطاقة الحركية ثابتاً.

التوتر السطحي Surface Tension الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين.

التكاثف Condensation عملية تحول البخار إلى سائل، وتنطلق في أثناء ذلك الطاقة. التفاعل الطارد للطاقة Exothermic التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الطارد للطاقة Exothermic التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الماص للطاقة Endothermic التفاعل الكيميائي الذي يحتاج إلى كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من الطاقة التي تنبعث عندما تتكون روابط جديدة في جزيئات المواد الناتجة.

التمثيل النقطي للإلكترونات Electron-Dot Structure طريقة تمثيل إلكترونات التكافؤ حول رمز العنصر باستعمال النقط.

التهجين Hybridization الطريقة التي يتم فيها خلط المجالات الفرعية لتكوين مجالات جديدة مهيجنة ومتماثلة.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration ترتيب الإلكترونات في الذرة وفقاً لثلاث قواعد، هي مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.

(ث)

ثابت بلانك Planck's constant يساوي $6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

ثابت الغاز المثالي (R) Ideal Gas Constant ثابت يحدد تجريبيًا وتعتمد قيمته على وحدات ضغط الغاز.



(ر)

الرابطية الأيونية Ionic Bond الرابطية التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

رابطية باي π Bond الرابطية المتكونة من تداخل المجالات المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات.

الرابطية التساهمية Covalent Bond الرابطية التي تنتج عن التشارك بالإلكترونات التكافؤ.

الرابطية التساهمية التناسقية Coordinate Covalent Bond الرابطية التساهمية التي تقدم فيها إحدى الذرات زوجاً من الإلكترونات لذرة أخرى أو أيون بحاجة إلى زوج الإلكترونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

الرابطية التساهمية القطبية Polar Covalent Bond الرابطية التي تنشأ عندما لا تكون المشاركة بالإلكترونات متساوية.

رابطية سيجما Sigma Bond الرابطية التساهمية الأحادية الناتجة عن اشتراك زوج من الإلكترونات نتيجة التداخل المباشر لمجالات الذرات.

الرابطية الفلزية Metallic Bond قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحركة.

الرابطية الكيميائية Chemical Bond عبارة عن قوة تجاذب تنشأ بين ذرتين أو أكثر من خلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسابها أو المساهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

الرابطية التساهمية غير القطبية Non-polar covalent Bond تنشأ بين ذرتين متماثلتين يكون فرق الكهروسالبية للإلكترونات الرابطية صفراً.

الرابطية الهيدروجينية Hydrogen Bond رابطية تنشأ بين الجزيئات التي تحتوي ذرات هيدروجين متحدة بذرات ذات كهروسالبية عالية كالنيتروجين والفلور والأكسجين.

الرنين Resonance الحالة التي تحدث عند وجود أكثر من تركيب لويس واحد للمركب أو الأيون.

(س)

سرعة الموجة Wave speed المسافة التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها في الفراغ.

السبيكة Alloy مخلوط من عدة عناصر لها خواص فلزية، وتتكون عادة من عناصر متماثلة الحجم، أو يكون أحد العناصر أصغر كثيراً من العنصر الآخر.

سلسلة الأكتينيدات Actinide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 7 التي تلي عنصر الأكتينيوم.

سلسلة اللانثانيدات Lanthanide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 6 التي تلي عنصر اللانثانيوم.

سعة الموجة Amplitude مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل.

(ش)

الشبكة البلورية Crystal Lattice تركيب ثلاثي الأبعاد يتكون من جسيمات بحيث يحيط الأيون الموجب عدد من الأيونات السالبة، ويحيط الأيون السالب عدد من الأيونات الموجبة، وتختلف البلورات في شكلها وفقاً لاختلاف حجوم الأيونات وأعدادها.

الإشعاع الكهرومغناطيسي شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

(ص)

الصفر المطلق Absolute Zero درجة الحرارة التي ينعدم عندها ضغط الغاز المثالي.

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.



(ع)

عدد التأكسد Oxidation Number الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

عامل خافض للتوتر السطحي Surfactant مركب، كالصابون، يعمل على تقليل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

عدد الكم الرئيس 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، وتقسّم إلى فلزات انتقالية، وفلزات انتقالية داخلية.

العناصر الممثلة Representative Elements العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1 و 2 و 13 - 18 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

(غ)

الغازات النبيلة Noble Gases عناصر المجموعة 18 الخاملة جداً.

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.

(ض)

الضغط Pressure القوة الواقعة على وحدة المساحة.

الضغط الجوي Atmospheric Pressure هو الضغط الناتج عن جسيمات الهواء التي تتحرك في كل الاتجاهات.

ضغط البخار Vapor Pressure الضغط الناشئ عن البخار فوق سطح السائل.

(ط)

طاقة البلورة Lattice Energy الطاقة اللازمة لفصل 1mol من الأيونات من مركب أيوني، والتي تعتمد على مقدار حجم الأيون وشحنته.

طاقة التأين Ionization Energy الطاقة اللازمة لانتزاع أبعد إلكترون تكافؤ من ذرة عنصر في الحالة الغازية.

طاقة الشبكة البلورية Crystal Lattice Energy الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

الطيف الكهرومغناطيسي سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط.

الطول الموجي Wavelength اقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين.

طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر.

(ف)

قانون بويل Boyle's Law يتناسب حجم كمية محددة من الغاز عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

قانون جراهام لانتشار الغازات Graham's Law Of Effusion ينص على أن معدل سرعة انتشار جزيئات الغاز يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي لكتلة الغاز المولية.

قانون جاي-لوساك Gay-Lussac's Law ينص على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الحجم.

قانون دالتون للضغوط Dalton's low of Partial Pressures مجموع الضغوط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات التي في الخليط.

قانون شارل Charles's Law يتناسب حجم كتلة محددة من الغاز طرديًا مع درجة حرارته بمقياس كلفن عند ثبوت الضغط.

القانون العام للغازات Combined Gas Law قانون جامع لقوانين الغازات ويجمع خواص الحجم والضغط ودرجة الحرارة.

قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law قانون يصف السلوك الطبيعي للغاز المثالي اعتمادًا على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته وعدد مولاته.

قوى التشتت Dispersion Forces القوى الضعيفة الناتجة عن التغير في كثافة الإلكترونات في السحابة الإلكترونية.

القوى ثنائية القطب Dipole—Dipole Forces قوة التجاذب بين مناطق مختلفة الشحنة في الجزيئات القطبية.

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، و5f تكون ممتلئة أو ممتلئة جزئيًا.

الفلزات القلوية Alkali Metals عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائيًا، وتوجد عادة متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals عناصر المجموعة 2 في الجدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشطة كيميائيًا.

الفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كمًا من الطاقة.

(ق)

قاعدة الثمانية Octet Rule تنص على أن الذرات تسعى إلى اكتساب الإلكترونات أو خسارتها أو المشاركة بها؛ لكي تصل للتركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

قاعدة هوند Hund's Rule تنص على أن تعبئة الإلكترونات في المجالات المتساوية الطاقة يتم بشكل فردي قبل البدء بإضافة الإلكترون الثاني للمجال نفسه؛ إذ لا يمكن لإلكترونين لهما نفس اتجاه الحركة أن يشغلا المجال نفسه.



(ك)

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle ينص على أن الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط.

مبدأ أوفباو Aufbau Principle ينص على أن كل إلكترون يسعى لأن يكون في المجال الأقل طاقة.

مبدأ باولي Pauli Exclusion Principle ينص على أن المجال لا يمكن أن يتسع لأكثر من إلكترونين، على أن لا يكون لهما نفس اتجاه الحركة.

مبدأ هايزنبرج للشك Heisenberg Uncertainty Principle ينص على أنه لا يمكن معرفة مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

مجال الطاقة الرئيس Principal Energy Level أحد مجالات الطاقة الرئيسة في الذرة.

مجال الطاقة الثانوي Energy Sublevel 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.

مخطط الحالة الفيزيائية Phase Diagram رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يبين الحالة التي توجد عليها المادة تحت الظروف المختلفة من الضغط ودرجة الحرارة.

المردود الفعلي Actual Yield مقياس كمية ناتج التفاعل.

المردود النظري Theoretical Yield القيمة القصوى لنواتج التفاعل.

المركبات الأيونية Ionic Compounds المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكهروسالبية Electronegativity خاصية تشير إلى قدرة ذرات العناصر على جذب الإلكترونات عند تكوين الرابطة الكيميائية.

الكم Quantum أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

(ل)

اللافلزات Nonmetals عناصر تكون عمومًا إما غازات أو مواد صلبة معتمة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

اللزوجة Viscosity قياس مقاومة السائل للجريان، والتي تتأثر بأحجام وأشكال الجسيمات، وتزداد بانخفاض درجة الحرارة، وزيادة القوى بين الجزيئية للسائل.

(م)

مادة صلبة غير بلورية Amorphous Solid هي المادة التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات.

المانومتر Manometer أداة تستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور.

مادة صلبة بلورية Crystalline Solid مادة صلبة تترتب ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها في شكل هندسي ثلاثي الأبعاد.

المادة المتفاعلة الفائضة Excess Reactant المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant المادة المتفاعلة التي تستهلك تمامًا خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.



(هـ)

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

المستوى يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

الملح المائي Hydrates مادة أيونية صلبة يرتبط بذراتها عدد محدد من جزيئات الماء.

(و)

وحدة الصيغة الكيميائية Formula Unit أبسط نسبة يمكن أن تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

وحدة البناء Unit Cell أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية.

(ن)

نسبة المردود المئوية Percent Yield النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والناتج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

نموذج بحر الإلكترونات Electron Sea Model يقترح هذا النموذج تشارك جميع الذرات في الفلز الصلب بالإلكترونات التكافؤ مكونة بحرًا من الإلكترونات، وهي يفسر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model نموذج التنافر بين إلكترونات التكافؤ والذي يعتمد على ترتيب الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية.

النسبة المولية Molarity ratio نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة.

النقطة الثلاثية Triple Point نقطة على مخطط الحالة الفيزيائية تمثل الضغط ودرجة الحرارة التي توجد عندها المادة في الحالات الثلاث معًا وفي الوقت نفسه.

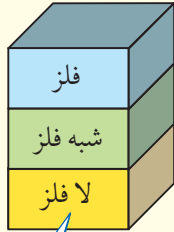
النقطة الحرجة Critical Point نقطة على مخطط الحالة الفيزيائية تمثل كلاً من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic-Molecular Theory النظرية التي تصف سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها.

النموذج الكمي للذرة Quantum Model of the Atom النموذج الذي يتم فيه التعامل مع الإلكترونات على أنها موجات.



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
			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
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Argon 18 Ar 39.948
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Krypton 36 Kr 83.798
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Xenon 54 Xe 131.293
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennessine 117 Ts 294.211	Radon 86 Rn (222)
								Oganesson 118 Og 294.214

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

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

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)