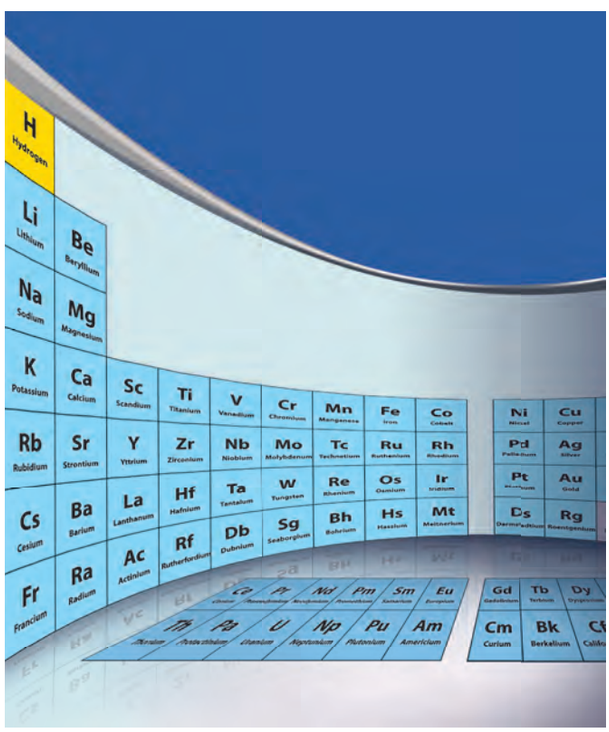
وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

الكيمياء

للصف الثاني الثانوي- الفصل الدراسي الثاني

قسم العلوم الطبيعية



دليل المعلم

Mc Graw Hill Education

العبيكان Obeikan

الطبعة المعدلة
١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م

قررت وزارة التربية والتعليم بالمملكة العربية السعودية
تدريس هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

يوزع مجانًا ولا يباع

Original Title:

Chemistry

Matter and Change

By:

Thandi Buthelezi .phd

Cheryl Wistrom .phd

Nicholas Hainen.

Laurel Dingrando

Dinah Zike.

الكيمياء

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

موسى عطاالله الطروانه

خليل يوسف سمرين

ناصر بن محمد بن طرجم الدوسري

التعريب والتحرير اللغوي

نخبة من المتخصصين

الإشراف

د. أحمد محمد رفيع

www.macmillanmh.com

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

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

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٨م.

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

المقدمة

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

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

لقد تم تنظيم منهج الكيمياء في المرحلة الثانوية بحيث يغطي أبرز المفاهيم الأساسية في علم الكيمياء، ويراعي التدرج في تقديم المحتوى. وجاءت لغة الكتاب علمية يسيرة وممتعة تثير حب استطلاع الطلاب إلى مزيد من البحث والاستقصاء. كما استند تنظيم المحتوى إلى معايير محددة وشاملة مدعومة بنتائج عدد كبير من البحوث والدراسات التربوية. ومن أهم ما يميز محتوى الكيمياء الاهتمام بمنحى الاستقصاء العلمي في التعلم، وهو النموذج المبني على حل المشكلات، والمنطلق من الأسئلة والاستفسارات التي يثيرها الطلاب، مع تأكيد استراتيجية التعلم التعاوني.

ويأتي دليل المعلم مرشدًا ومعينًا لمعلمي ومعلمات الكيمياء في التخطيط والتنفيذ الفعّال لمحتوى كتاب الطالب؛ إذ يتضمن دليل المعلم استعراضًا تمهيديًّا لمحتواه، وأقسامه، وأهدافه، ودليلاً لأبرز الأفكار الأساسية اللازمة لتقديم تعليم فعّال داخل الغرفة الصفية. ويجد المعلم مخططًا تنظيميًّا لكل فصل من فصول كتاب الطالب، يتضمن أهداف كل قسم، ومصادر تقويم التعلم، وقائمة بالمواد والأدوات المختبرية اللازمة، إضافة إلى قائمة المواد الإثرائية الداعمة، ومنها شرائح التركيز والتعليم ومهارات الرياضيات، والتجارب العملية، ومصادر الفصول، ودفتر العلوم. ثم يجد إرشاداتٍ لتقديم الفكرة العامة للفصل، وكيفية الانتقال من خلالها إلى الأفكار الرئيسة لأقسام الفصل.

تُنَظم عملية التدريس من خلال دورة التعليم الفعال التي تشتمل على خطوات التركيز والتدريس والتقويم؛ حيث يجد المعلم الإرشادات والتعليمات اللازمة لتنفيذ هذه الخطوات بفاعلية. وتتضمن هذه الدورة النشاطات التي تراعي مستويات التحصيل دون المستوى، وضمن المستوى، وفوق المستوى. وتتوزع هذه النشاطات على خطوات دورة التعليم؛ ففي خطوة التركيز، يجد المعلم إشارة إلى توظيف شريحة التركيز، وكيفية تقديم الفكرة الرئيسة، والكشف عن المعرفة السابقة لدى الطلاب حول موضوع القسم. وتتضمن خطوة التدريس– التي تعد الخطوة الرئيسة في دورة التعليم– إرشادات خاصة بتقديم المفاهيم الواردة في المحتوى، ومنها العروض العملية السريعة، أو العروض العملية التوضيحية، وكيفية معالجة المفاهيم الشائعة غير الصحيحة، وتطوير المفاهيم، وتقديم أمثلة إضافية في الصف،

وخلفية نظرية عن المحتوى لتزويد المعلم بمعلومات إضافية. وفي خطوة التقويم، يجد المعلم مقترحات للتحقق من الفهم، وإعادة التدريس، والتوسع. ويلاحظ المعلم من خلال الخطوات الثلاث أن عمليات التقويم تظهر بشكل مستمر بأنواعه الثلاثة التمهيدي والبنائي والختامي.

كما يقترح الدليل استراتيجياتٍ وطرائق تدريسٍ تساعد المعلم على تنويع التعلم بما يتناسب مع حاجات الطلاب المختلفة، ويوفر الإجابات لجميع الأسئلة والاستفسارات المطروحة في كتاب الطالب. ويشتمل الدليل كذلك على محتوى كتاب الطالب الذي تم ترتيبه بطريقة تسهل على المعلم التعامل مع كل بندٍ من بنوده؛ فهناك عدد كبير من الهوامش والإرشادات الموجهة للمعلم توضح كيفية تقديم المحتوى للطلاب.

وإذ نضع هذا الدليل بين أيدي الزملاء والزميلات، فإننا نأمل ألا يقيدهم، بل يكون مصدرًا من المصادر الداعمة لهم لإبراز قدراتهم الإبداعية، وتنمية مهاراتهم؛ لتحقيق أهداف المنهج.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

نموذج السلامة في المختبرات 7

المواد المختبرية 8

المخطط التنظيمي للفصل 5 : الحساب الكيميائية 10A

الفصل 5 10

المخطط التنظيمي للفصل 6 : حالات المادة 48A

الفصل 6 48

المخطط التنظيمي للفصل 7 : الغازات 92A

الفصل 7 92

المخطط التنظيمي للفصل 8 : الهيدروكربونات 128A

الفصل 8 128

المصطلحات 176

الجدول الدوري للعناصر 182

نموذج السلامة في المختبرات

الاحتياطات اللازم مراعاتها في المختبر

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

سلامة العين
يجب دائمًا ارتداء نظارات واقية عند العمل في المختبر.

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

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة الحيوانات.

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عندما تستعمل مواد مشعة.

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

قائمة المواد والأدوات

يمكن أن تساعدك هذه القائمة للأدوات والمواد غير المستهلكة التي يمكن الحصول عليها بسهولة على إجراء التجارب. لذا ارجع إلى المخطط التنظيمي في بداية كل فصل لتعرف المواد والأدوات المطلوبة لكل نشاط مختبري فيه.

المواد والأدوات غير المستهلكة				
كأس 100 ml	مخبار مدرج (أحجام مختلفة)	ساق تحريك	ماصات	مقياس حرارة
أنبوب اختبار مع غطاء	قطارة	طبق تبخير	عبوة زجاجية بغطاء	أنابيب اختبار (أحجام مختلفة)
دورق 25 ml	ميزان حساس	كأس زجاجية 250 ml	قاطع أسلاك	طبق تفاعلات بلاستيكي
كأس سعة 150 ml	جهاز طرد مركزي	مسطرة مترية	زجاجات محاليل بغطاء 250 ml	ميزان رقمي
كيس قطع عملة معدنية	مقص	قطع برونز	موقد بنسن	حامل حلقة
حامل أنبوب اختبار	ملعقة	بوتقة ذات غطاء	مثلث فخار	ملقط بوتقة
دورق مخروطي سعة 125 ml	جفنة	مجموع النماذج الجزيئية	سخان كهربائي	سحاحة عدد 2
أنابيب مطاطية	ساعة إيقاف	قطع نقد معدنية		

المواد والأدوات المستهلكة

الكاشف العام	أقراص فوّارة	خارصين	يود صلب	ماء مقطر
قطع حديد مجلفنة بالخارصين	سلك نحاسي	سلك ألومنيوم	شريط ماغنيسيوم	شرائط معدنية عدد (4)
ورق صنفرة	مشابك ورق	علكة	مسحوق Al	برادة حديد
سكر	فحم	خارصين	مناشف ورقية	مسمار حديد
ملقط بلاستيكي	زيت طبخ	ورق ألومنيوم	حبوب ذرة جافة	بالونات
شمعة	لاصق شفاف	علب شفاف	ملون طعام	خميرة جافة

المواد الكيميائية

محلول نترات الفضة $AgNO_3$	محلول يوديد البوتاسيوم KI	حمض الهيدروكلوريك HCl	محلول نترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$
نترات الألومنيوم $Al(NO_3)_3$	نترات الماغنسيوم $Mg(NO_3)_2$	كربونات الصوديوم Na_2CO_3	نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$
هيدروكسيد الصوديوم NaOH	كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$	إيثانول C_2H_5OH	كلوريد الصوديوم NaCl
أكسيد النحاس II CuO	برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$	كبريتات الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_4$	حمض الأسيتيك CH_3COOH
كبريتات النحاس المائية $CuSO_4.5H_2O$	كربيد الكالسيوم CaC_2	محلول فينولفثالين	فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2
كحول آيزوبروبيل	أسيتون	أمونيا منزلية	

المخطط التنظيمي للفصل 5 : الحسابات الكيميائية Stoichiometry

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

القسم	أهداف القسم
5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية **الفكرة الرئيسة** **تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المواد الناتجة.**	1. يصف العلاقات من خلال معادلة كيميائية موزونة. 2. يذكر النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة.
5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية **الفكرة الرئيسة** **تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابةَ معادلة موزونة للتفاعل.**	1. يكتب الخطوات المتتالية المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية. 2. يحل مسائل الحسابات الكيميائية.
5-3 المادة المحددة للتفاعل **الفكرة الرئيسة** **يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.**	1. يحدد المادة المحددة للتعافل في معادلة كيميائية. 2. يعرف المادة المتفاعلة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل. 3. يحسب كتلة الناتج عندما تُعطى كتلًا لأكثر من مادة متفاعلة.
5-4 نسبة المردود المئوية **الفكرة الرئيسة** **نسبةُ المردود المئوية قياسٌ لفاعلية التفاعل الكيميائي.**	1. يحسب المردود النظري للتفاعل الكيميائي من البيانات. 2. يحدد المردود المئوي للتفاعل الكيميائي.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 5 / الحسابات الكيميائية (6 حصص)					
القسم	5-1	5-2	5-3	5-4	التقويم
عدد الحصص	1	2	1	1	1

مصادر تقويم التعلم	المواد الإثرائية الداعمة	المواد والأدوات المختبرية
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 15 ماذا قرأت؟صفحة 13،15 تقويم القسم، صفحة 16	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 16 ض م شريحة التركيز رقم 16 د م شريحة مهارات الرياضيات رقم 7 ض م	**تجربة استهلالية** صفحة 11 مخبار مدرج سعة 10 ml ، 0.01 M برمنجنات البوتاسيوم، كأس سعة 100 ml، 0.01M محلول كبريتات الصوديوم الهيدروجينية، ساق تحريك. **الزمن** 15 دقيقة **عرض سريع** صفحة 13 دورق مخروطي سعة 125 ml عدد 4، بالون عدد 4، 10 ml من حمض الاسيتيك، 4 عينات من صودا الخبز مختلفة الكتلة. **الزمن** 15 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 18 تقويم القسم، صفحة 22	**كراسة الملاحظات التفاعلية** د م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 18 ض م شريحة التركيز رقم 17 د م شريحة التعليم رقم 15 ض م شريحتا مهارات الرياضيات رقم 8، 9 ض م	**تجربة** صفحة 22 ميزان، جفنة، كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$)، حامل الحلقة، حلقة، مثلث فخار، لهب بنزن، ملقط. **الزمن** 25 دقيقة **مختبرالكيمياء** صفحة 36 كبريتات النحاس(II) المائية، برادة حديد، ماء مقطر، سخان كهربائي، مشبك، دوارق، ميزان، ساق تحريك، دورق، كأس سعتها 150 ml، كأس سعتها 400 ml، مخبار مدرج سعته 100 ml، أوراق وزن **الزمن** 45 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 25، 27، 29 ماذا قرأت؟ صفحة 24 تقويم القسم، صفحة 29	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 20 ض م شريحة التركيز رقم 18 د م شريحة التعليم رقم 16 ض م	**عرض توضيحي** صفحة 26 سحاحة عدد 2، مسطرة مترية، مخبار مدرج، ساق تحريك زجاجية عدد (2)، أنابيب أختبار (18 mm×150 mm) عدد 8، حامل أنابيب اختبار، 0.02 M KOH، 0.10 M $CuSO_4$، ماء مقطر، جهاز الطرد المركزي. **الزمن** 10 دقائق
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 34 تقويم القسم، صفحة 34 **تقويم ختامي** تقويم الفصل صفحة 38	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 21 ض م شريحة التركيز رقم 19 د م	**عرض سريع** صفحة 31 5.0 ml زيت طبخ، 20 حبة ذرة جافة، دورق متوسط الحجم، غطاء ألومنيوم مثقب، سخان كهربائي. **الزمن** 15 دقيقة

الفصل 5

الفكرة العامة

المواد المتفاعلة لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل، أحضر أربعة علب متماثلة (مثل علب أفلام التصوير) لها أغطية بحيث يمكن أحكام أغلاقها. ثم دع أربعة طلاب يضيفوا 5ml من الماء إلى كل علبة. واطلب إليهم أن يقسموا قرص بيكربونات الصوديوم إلى أربع قطع غير متساوية (صغيرة، متوسطة، بين المتوسطة والكبيرة، كبيرة)، ويضعوها على أغطية العلب، ثم ينبغي قلب الأغطية وإسقاط القطع في العلب وإغلاقها، ثم الابتعاد بعد ذلك عن الطاولة. ستلاحظ عندئذٍ انطلاق الأغطية في الهواء. اسأل الطلاب: أي الأغطية انطلق بقوة أكبر؟ العلبة التي احتوت على أكبر قطعة من القرص.

واسألهم عما إذا كانت كمية بيكربونات الصوديوم التي في العلبة تحدد قوة انطلاق غطاء العلبة. سوف تتناسب النتائج مع حجم القرص.

الربط بالمعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل :

التعبير العلمي، الأرقام المعنوية، متوسط الكتلة الذرية، معاملات التحويل المولية.

استعمال الصورة

حفظ الكتلة اكتب معادلة البناء الضوئي الأساسية على السبورة. وذكّر الطلاب بقانون حفظ الكتلة، ثم اطلب إليهم أن يتحققوا أن الكتلة تُحفظ خلال عملية البناء الضوئي. على الطلاب أن يتحققوا من تساوي أعداد كل نوع من الذرات، وأن الكتلة متساوية على جانبي المعادلة.

تجربة استهلالية

ما أدلة حدوث تفاعل كيميائي ؟

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

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع 5 ml من **محلول برمنجنات البوتاسيوم** $KMnO_4$ **الذي تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 ml**، باستخدام مخبار مدرج **سعته (10 ml)**.
3. أضف باستخدام المخبار 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 أسلوبًا تجريبيًا أفضل من إضافته مرة واحدة؟
3. **استقصاء** هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعنا إضافة محلول $NaHSO_3$ إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

المطويات منظمات الأفكار

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

خطوة 1 اثنِ الورقة طوليًا 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 الثني حتى تحصل على أربع قطع.

خطوة 4 سمِّ القطع بأسماء خطوات الحسابات الكيميائية.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–5.** وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط مثالاً على كل منها.

الكيمياء بين العوالم الالكترونية
لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:
www.obeikaneducation.com

تحليل النتائج

1. عندما أضيف محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني العديم اللون إلى محلول برمنجنات البوتاسيوم الأرجواني لوحظ تغير اللون من الأرجواني إلى عديم اللون.
2. يمكن أن تؤدي إضافة محلول $NaHSO_3$ جميعه مرة واحدة إلى خطأ في حجم المحلول الذي يتطلبه تغيير اللون الأرجواني لمحلول $KMnO_4$ إلى محلول عديم اللون. ويمكن أن يكون الخطأ بمقدار 5 ml.

تجربة استهلالية

الهدف سيلاحظ الطلاب تفاعلاً كيميائيًا تستهلك فيه إحدى المواد المتفاعلة بصورة كاملة، في حين تبقى المادة المتفاعلة الأخرى بصورة فائضة.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب تعبئة نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

راجع مع الطلاب كيفية التعامل مع برمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجينية قبل إجراء هذه التجربة. ولا تسمح لهم بتحضير محاليل كيميائية بأنفسهم؛ لأن برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ عامل مؤكسد خطر سواء كان في صورة مسحوق أو بلورات. وذكّرهم بأن يرتدوا معطف المختبر ويضعوا النظارات الواقية.

التخلص من الفضلات يجب معالجة محلول $KMnO_4$ أو الاحتفاظ به على أنه نفاية كيميائية، ولا تسكبه في المغسلة.

استراتيجيات التدريس

- ضع خمسة أنابيب اختبار وعشر سدادات مطاطية على الطاولة، ثم أغلق كل أنبوب بسدادة واحدة، واسأل الطلاب: أيهما يتوافر بكمية أكبر؟

النتائج المتوقعة يكون لون محلول $KMnO_4$ الأصلي أرجوانيًا غامقًا، ويصبح المحلول عديم اللون تدريجيًا عند إضافة محلول $NaHSO_3$ إليه. ومن المتوقع أن يتطلب كل 5 ml من $KMnO_4$ إلى 27 ml من $NaHSO_3$ حتى يتغير لون محلول البرمنجنات إلى محلولٍ صافٍ عديم اللون.

الاستقصاء لا يحدث شيء آخر لأن المحلول عديم اللون، مما يعني أنه لا توجد برمنجنات البوتاسيوم لتتفاعل.

5-1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (16) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المواد المتفاعلة والناتجة ضع شمعة على طبق زجاجي، وضعه في إناء فيه ماء، ثم أشعل الشمعة، واسأل الطلاب: ماذا يحدث إذا وضعتْ كأس كبيرة فوق الشمعة؟ سوف تنطفئ الشمعة عندما تستنفد الأكسجين في الكأس. ضع الكأس فوق الشمعة، واطلب إلى الطلاب مراقبة ارتفاع مستوى الماء في الكأس. واسأل: لماذا ارتفع مستوى الماء في الكأس؟ يكون عدد مولات المواد المتفاعلة الغازية في المعادلة الموزونة أكثر من عدد مولات المواد الناتجة الغازية، مما يسبب ضغطًا أقل داخل الكأس بعدما تنطفئ الشمعة وتبرد. أخبر الطلاب أن هذا الفصل يتضمن دراسة كميات المواد المتفاعلة والناتجة. ض م

2. التدريس

عرض سريع

الاحتراق صل نهايتي أنبوب مطاطي بقمع زجاجي صغير من طرف وأنبوب غاز من الطرف الآخر، ثم املأ طبق بتري بمحلول صابون يحوي 10% من الصابون ونقط من الجليسرول، ثم اغمس القمع في الخليط. واربط قطعة خشبية بطرف مسطرة مترية وأشعلها بعود ثقاب. ثم افتح أنبوب الغاز بحيث تنتج فقاقيع في القمع ببطء. ودع الفقاقيع تخرج من القمع، واطلب إلى أحد الطلاب أن يلمس كل فقاعة بالقطعة الخشبية المشتعلة، فعندئذٍ سوف تشتعل الفقاقيع. وذكّر الطلاب أنك تشعل فقاقيع من الغاز الطبيعي أو الميثان (CH_4). واطلب إليهم أن يكتبوا معادلة الاحتراق.

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ض م

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى استخدم مجموعة نماذج الجزيئات (الكرات والوصلات) لعمل نموذجًا لجزيء CH_4 وجزيئي O_2، واطلب إلى الطلاب تعرف هذه النماذج. ثم اصنع نموذجًا لجزيء CO_2 ونموذجًا آخر لجزيئي H_2O، واطلب إليهم تعرف هذه النماذج أيضًا. ثم أخبرهم بأن مجموعتي النماذج تمثلان المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند احتراق الميثان. رتّب المواد المتفاعلة والنواتج على جانبي لوحة كرتون في صورة سهم، ثم اطلب إلى الطلاب عدّ أعداد كل نوع من الذرات قبل التفاعل وبعده. ذرة كربون، أربع ذرات هيدروجين وأربع ذرات أكسجين. وذكّرهم بأن المعاملات تمثل عدد المولات أوعدد الجزيئات، وأخيرًا اطلب إليهم تفسير المعادلات بالمولات.

$1\ mol\ CH_4 + 2\ mol\ O_2 \rightarrow 1\ mol\ CO_2 + 2\ mol\ H_2O$ د م

5–1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية

النسبة المولية

المقصود بالحسابات الكيميائية
Defining Stoichiometry

الفكرة الرئيسة **تحدّد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.**

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

علاقة المول بالجسيمات Particle and Mole Relationships

هل فوجئت باختفاء اللون الأرجواني لبرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني في أثناء التجربة الاستهلالية؟ إذا استنتجت أن برمنجنات البوتاسيوم قد استهلكت 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 لتتفاعل تمامًا مع كتلة محددة من كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني ؟". وقد تتساءل عند تحليل تفاعل البناء الضوئي "ما الكمية التي نحتاج إليها من الأكسجين وثاني 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. وتساوي كمية المواد الناتجة عند نهاية أي تفاعل كيميائي كمية المواد المستخدمة في بداية التفاعل. لذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. لاحظ تفاعل مسحوق الحديد Fe مع الأكسجين O_2، الموضح في **الشكل 1–5** فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد III Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.

الشكل 1-5 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

الجدول 1-5 العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة

$4Fe_{(s)}$	+	$3O_{2(g)}$	→	$2Fe_2O_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O_2	→	2 Formula units
4 mol Fe	+	3 mol O_2	→	2 mol Fe_2O_3
223.4 g Fe	+	96.00 g O_2	→	319.4 g Fe_2O_3
319.4 g مواد متفاعلة			→	319.4 g مواد ناتجة

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في **الشكل 1-5** على النحو الآتي:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3\ (s)}$$

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

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

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

$$3\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{32.00\ g\ O_2}{1\ \cancel{mol\ O_2}} = 96.00\ g\ O_2$$

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي: $223.4g + 96.00g = 319.4g$

وبطريقة مماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

$$2\ \cancel{mol\ Fe_2O_3} \times \frac{159.7\ g\ Fe_2O_3}{1\ \cancel{mol\ Fe_2O_3}} = 319.4\ g$$

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

$$319.4g = 319.4g$$

وكما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص **الجدول 1-5** العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

ماذا قرأت؟ **سجّل** في قائمةٍ أنواع العلاقات التي يمكن اشتقاقها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

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.

التعلم البصري

الجدول 1-5 اطلب إلى الطلاب استخدام الجدول لتفسير معادلة احتراق الميثان. ارسم مخططا للتفاعل لمساعدتهم على التفسير. **ض م**

ماذا قرأت؟ تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات الممثلة وعدد المولات أيضًا. وعلى الرغم من أنها لا تشير مباشرة إلى كتل المواد المتفاعلة أو كتل الجسيمات، إلا أنه يمكن اشتقاق هذه الكتل من المعاملات بوساطة تحويل عدد المولات إلى كتلة.

عرض سريع

كمية المواد المتفاعلة خذ أربعة دوارق مخروطية حجم كل منها 125 ml وأربعة بالونات. ثم أضف 10 ml من محلول حمض الأسيتيك إلى كل دورق. وزن عينات من صودا الخبز مقاديرها 5.0 g، 2.5 g، 1.0 g، 0.5 g. واسأل الطلاب: ماذا يحدث عندما تضاف صودا الخبز إلى حمض الأسيتيك؟ يحدث تفاعل وينتجُ عنه غاز. اسأل الطلاب عما إذا كانت الدوارق كلها ستنتج الكمية نفسها من ثاني أكسيد الكربون. سوف تتنوع الإجابات. أضف صودا الخبز إلى حمض الأسيتيك في كلَّ دورق وغطِّ فُوّهة الدورق بالبالون بسرعة. واسأل الطلاب لماذا تكون حجوم البالونات مختلفة؟ أنتج كل تفاعل كمية مختلفة من ثاني أكسيد الكربون؛ والتي تعتمد على كمية حمض الأسيتيك وصودا الخبز المتفاعلة.

دفتر الكيمياء

تفسير المعادلات الكيميائية اطلب إلى الطلاب أن يفسروا المعادلات التالية فيما يتعلق بالجسيمات، وعدد المولات، والكتلة.

$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

$Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$

ثم اطلب إليهم أن يوضحوا في دفاترهم أنه قد روعي قانون حفظ الكتلة. **ض م**

مثال 1-5

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

المعطيات

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3\ CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

المطلوب

عدد الجزيئات = ؟

عدد المولات = ؟

كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.

1 molecules of C_3H_8 + 5 molecules O_2 → 3 molecules of CO_2 + 4 molecules H_2O

وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضًا.

1 mol C_3H_8 + 5 mol O_2 → 3 mol CO_2 + 4 mol H_2O

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 $\times \frac{\text{الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}} =$ جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.

حساب كتلة C_3H_8 المتفاعلة.

$$1 \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{44.09 \text{ g } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 44.09 \text{ g } C_3H_8$$

حساب كتلة O_2 المتفاعلة.

$$5 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.00 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 160.0 \text{ g } O_2$$

حساب كتلة CO_2 الناتجة

$$3 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44.01 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 132.0 \text{ g } CO_2$$

حساب كتلة H_2O الناتجة

$$4 \text{ mol } H_2O \times \frac{18.02 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 72.08 \text{ g } H_2O$$

اجمع كتل المواد المتفاعلة

$44.09 \text{ g } C_3H_8 + 160.0 \text{ g } O_2 = 204.1 \text{ g}$

اجمع كتل المواد الناتجة

$132.0 \text{ g } CO_2 + 72.08 \text{ g } H_2O = 204.1 \text{ g}$

تطبيق قانون حفظ الكتلة

مواد ناتجة 204.1 g = مواد متفاعلة 204.1 g

3 تقويم الإجابة

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

مثال في الصف

السؤال يتفحص الجيولوجيون وجود كربونات الكالسيوم في الصخور باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك؛ إذ يشير ظهور الفقاقيع إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من الحجر الجيري؛ طبقًا للتفاعل التالي:

$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

فسّر معادلة هذا التفاعل اعتمادًا على الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة، مبينًا مراعاة قانون حفظ الكتلة.

الإجابة

1 formula unit of $CaCO_3$ + 2 molecules of HCl →
1 formula unit of $CaCl_2$ + 1 molecule of H_2O +
1 molecule of CO_2

1 mol $CaCO_3$ + 2 mol HCl →
1 mol $CaCl_2$ + 1 mol H_2O + 1 mol CO_2;

100 g $CaCO_3$ + 75.0 g HCl →
113 g $CaCl_2$ + 18.0 g H_2O + 44.0 g CO_2

175g من المواد الناتجة = 175 g من المواد المتفاعلة

إذًا الكتلة محفوظة.

مشروع الكيمياء

الحسابات الكيميائية في الفضاء

اطلب إلى الطلاب البحث في دور هيدروكسيد الليثيوم في التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه روّاد الفضاء. واطلب إليهم أن يناقشوا لماذا يجب التخلص من ثاني أكسيد الكربون، وكيف تستخدم الحسابات الكيميائية لتقليل وزن هيدروكسيد الليثيوم المحمول إلى الفضاء. واطلب إليهم إجراء حساب تقريبي لكمية ثاني أكسيد الكربون التي ينتجها الشخص في اليوم. ض م ف م

طرائق تدريس متنوعة

المعاقون سمعيًا اعرض على الطلاب مشهدًا لإطلاق المكوك الفضائي. ووضح لهم على السبورة أن الوقود المستخدم لعملية الاطلاق هو خليط من الهيدروجين والأكسجين. واطلب إليهم أن يكتبوا فقرة تصف العوامل التي يأخذها المهندسون في الحسبان عند استخدام هذه الأنواع من الوقود. على أن تشمل هذه الفقرات عوامل مثل كمية الهيدروجين الناتجة وكمية الأكسجين الضرورية. ض م

مسائل تدريبية

1. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:
   a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
   b. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
   c. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$
2. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:
   a. $__Na_{(s)} + __H_2O_{(l)} \rightarrow __NaOH_{(aq)} + __H_{2(g)}$
   b. $__Zn_{(s)} + __HNO_{3(aq)} \rightarrow __Zn(NO_3)_{2(aq)} + __N_2O_{(g)} + __H_2O_{(l)}$

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. و**النسبة المولية** نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل **الشكل 2-5** تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br_2 لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr . ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضادًّا للصرع عند الكلاب والقطط.

$$2K_{(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2KBr_{(s)}$$

فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءًا 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.

$$\frac{2\text{ mol K}}{2\text{ mol KBr}} \text{ و } \frac{2\text{ mol K}}{1\text{ mol Br}_2}$$

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

$$\frac{1\text{ mol Br}_2}{2\text{ mol KBr}} \text{ و } \frac{1\text{ mol Br}_2}{2\text{ mol K}}$$

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

$$\frac{2\text{ mol KBr}}{1\text{ mol Br}_2} \text{ و } \frac{2\text{ mol KBr}}{2\text{ mol K}}$$

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

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

الشكل 2-5 يتفاعل فلز البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم. والبروم أحد العنصرين السائلين عند درجة حرارة الغرفة (الزئبق هو العنصر الآخر). أما البوتاسيوم فهو فلز نشط جدًّا.

مسائل تدريبية

1. a. 34.062 g مواد متفاعلة = 34.062 g مواد ناتجة
   b. 92.566 g مواد متفاعلة = 92.566 g مواد ناتجة
   c. 80.608 g مواد متفاعلة = 80.608 g مواد ناتجة
2. a. $2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 1H_{2(g)}$
   82.01 g مواد متفاعلة = 82.01 g مواد ناتجة
   b. $4Zn_{(s)} + 10HNO_{3(aq)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_{2(aq)} + 1N_2O_{(g)} + 5H_2O_{(l)}$
   891.68 g مواد متفاعلة = 891.68 g مواد ناتجة

التقويم

مهارة اطلب إلى كل طالب أن يكتب على ورقةٍ معادلةً موزونة، ويعطيها إلى زميله لكتابة النسب المولية لها. **ض م**

3. التقويم

التحقق من الفهم

ضع قطعة صغيرة من الكالسيوم في أنبوب اختبار يحتوي على HCl بتركيز 3.0 M. واجمع غاز الهيدروجين الناتج في أنبوب اختبار آخر. وأثبت وجوده باستخدام قطعة خشب مشتعلة، ولاحظ الفرقعة المميزة لاحتراقه، ثم اكتب على السبورة المعادلة اللفظية للتفاعل: كالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك ينتج كلوريد الكالسيوم والهيدروجين. واطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الموزونة، وكتابة نسبتين موليتين لها على الأقل. **ض م**

$Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$

إعادة التدريس

ضع 10 ml من $0.10\text{ M } Ba(OH)_2$ في أنبوب اختبار، وأضف إليها 10 ml من محلول حمض الكبريتيك. ثم اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة التفاعل وجميع النسب المولية الممكنة. **ض م**

$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$

التوسع

اطلب إلى الطلاب توضيح كيفية استخدام النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة لربط كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل. بما أن الكميات المولية ترتبط بالكتلة بوساطة عدد أفوجادرو، فإنه يمكن تحويل النسب المولية إلى نسب كتلية. **ض م**

ماذا قرأت؟ النسب المولية للتفاعل الكيميائي مشتقة من العلاقات بين المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة. والنسبة المولية هي النسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة.

مسائل تدريبية

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

a. $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

b. $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

c. $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

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

a. $ZnO_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. $C_4H_{8(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

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

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

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

التقويم 5-1

الخلاصة

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

5. الفكرة الرئيسة **قارن** بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

6. **حدّد** عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.

7. **صنّف** طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

8. **طبق** المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:

$$xA + yB \rightarrow zAB$$

حيث يمثل A وB عنصرين، وتمثل x وy وz المعاملات . حدد النسب المولية لهذا التفاعل.

9. **طبق** يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.

10. **نمذج** اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

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

مسائل تدريبية

3. **a.**

$$\frac{4\ mol\ Al}{3\ mol\ O_2} \quad \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ Al_2O_3} \quad \frac{2\ mol\ Al_2O_3}{4\ mol\ Al}$$

$$\frac{3\ mol\ O_2}{4\ mol\ Al} \quad \frac{2\ mol\ Al_2O_3}{3\ mol\ O_2} \quad \frac{4\ mol\ Al}{2\ mol\ Al_2O_3}$$

b.

$$\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2O} \quad \frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2} \quad \frac{3\ mol\ Fe}{1\ mol\ Fe_3O_4}$$

$$\frac{4\ mol\ H_2O}{3\ mol\ Fe} \quad \frac{4\ mol\ H_2}{3\ mol\ Fe} \quad \frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{3\ mol\ Fe}$$

$$\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2} \quad \frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2O} \quad \frac{4\ mol\ H_2O}{4\ mol\ H_2}$$

$$\frac{4\ mol\ H_2}{1\ mol\ Fe_3O_4} \quad \frac{4\ mol\ H_2O}{1\ mol\ Fe_3O_4} \quad \frac{4\ mol\ H_2}{4\ mol\ H_2O}$$

c.

$$\frac{2\ mol\ HgO}{2\ mol\ Hg} \quad \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ Hg} \quad \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ HgO}$$

$$\frac{2\ mol\ Hg}{2\ mol\ HgO} \quad \frac{2\ mol\ Hg}{1\ mol\ O_2} \quad \frac{2\ mol\ HgO}{1\ mol\ O_2}$$

4. **a.** $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$

$$\frac{1\ mol\ ZnO}{2\ mol\ HCl} \quad \frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ ZnCl_2} \quad \frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ H_2O}$$

$$\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnO} \quad \frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnCl_2} \quad \frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ H_2O}$$

$$\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ ZnO} \quad \frac{1\ mol\ ZnCl_2}{2\ mol\ HCl} \quad \frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ H_2O}$$

$$\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnO} \quad \frac{1\ mol\ H_2O}{2\ mol\ HCl} \quad \frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnCl_2}$$

b. $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$

$$\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{13\ mol\ O_2} \quad \frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{8\ mol\ CO_2} \quad \frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{10\ mol\ H_2O}$$

$$\frac{13\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}} \quad \frac{8\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_4H_{10}} \quad \frac{10\ mol\ H_2O}{2\ mol\ C_4H_{10}}$$

$$\frac{10\ mol\ H_2O}{13\ mol\ O_2} \quad \frac{10\ mol\ H_2O}{8\ mol\ CO_2} \quad \frac{8\ mol\ CO_2}{13\ mol\ O_2}$$

$$\frac{13\ mol\ O_2}{10\ mol\ H_2O} \quad \frac{8\ mol\ CO_2}{10\ mol\ H_2O} \quad \frac{13\ mol\ O_2}{8\ mol\ CO_2}$$

التقويم 5-1

5. تشير معاملات المعادلة الموزونة إلى العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.

6. (6) = (3)(2) نسب مولية

7. الجسيمات(الذرات، الجزيئات، وحدات الصيغة)، والمولات، والكتلة.

8. xA /yB ، xA /zAB، yB /xA ، yB /zAB، zAB /xA ، zAB /yB

9. $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

$2mol\ H_2O_2 / 2mol\ H_2O$, $2mol\ H_2O_2 / 1mol\ O_2$,
$2mol\ H_2O / 2\ mol\ H_2O_2$, $2\ mol\ H_2O / 1mol\ O_2$, $1mol\ O_2 /$
$2\ mol\ H_2O_2$, $1\ mol\ O_2 / 2\ mol\ H_2O$

10. $2H_2 / O_2$, $2H_2 / 2H_2O$, $O_2 / 2H_2$, $O_2 / 2H_2O$, $2H_2O / 2H_2$,
$2H_2O / O_2$

يجب أن يظهر الرسم التوضيحي للطلاب تفاعل 6 جزيئات من الهيدروجين مع 3 جزيئات من الأكسجين لإنتاج 6 جزيئات من الماء.

5-2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (17) الـواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

ضبط الاختلاف في الكميات يتطلب تحضير مخفوق الموز أربعة مكونـات لـكل منهـا كمية محـددّة: مـوزة واحـدة، وكوبان من الآيـس كريـم، و50 ml مـن عصير الشـوكولاتة، و 50 ml من عصير الفراولة. اكتب المكوّنات على السـبورة في صورة معادلة كيميائية:

+ عصير شوكولاته ——— + آيس كريم ——— + موز ———

مخفوق الموز ——— ⟶ عصير فراولة ———

ثـم زن المعادلة بوضـع الكميات المطلوبة مـن كل من المكونات الآتية:

50 ml كوبين من الآيس كريم + عصير شوكولاته + موزة واحدة

مخفوق موز 1 ⟶ 50 ml عصير فراولة +

اسـأل الطـلاب: ما الـذي يحتاجـون إليـه لصنع 5 أكـواب من مخفوق الموز باسـتخدام الوصفة ذاتها. 5 موزات 10 أكواب من الآيـس كريـم، 250 ml مـن مخفوق الشـوكولاته، 250 ml من مخفوق الفراولة. د م ض م

2. التدريس

تطوير المفهوم

اسـتخدام المولات وضح للطلاب ضرورة اسـتخدام المولات دائـمًا عنـد حـل مسـائل الحسـابات الكيميائيـة. وذكّرهـم أن النسـبة المولـية ضرورية للتحويل من مـادة إلى أخرى في المعادلة الكيميائيـة الموزونـة. وإذا شـك الطلاب في كيفيـة البدء في حل أحد مسـائل الحسـابات الكيميائية، فذكّرهـم بالرجوع إلى عدد المولات في المعادلة أولاً. ض م

5–2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية
Stoichiometric Calculations

الفكرة الرئيسة **يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.**

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

استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

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

الحسابات الكيميائية : حساب المولات يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في **الشكل 3–5**، ويُمثَّل التفاعل بالمعادلة الآتية:

$$2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

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 أيضًا، ولذلك تتطلب هذه المسألة عامل تحويل مول – مول.

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

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

الشكل 3-5 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقًا كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

مشروع الكيمياء

صناعة الصابون عملية كيميائية متعددة الخطوات تتضمن العديد من التفاعلات الكيميائية. اطلب إلى الطلاب القيام بإجراء بحث حول عملية صناعة الصابون يحـددون من خلاله المركبات والمواد اللازمة، ويقدمون تلخيصًا للتفاعلات الكيميائية الأساسية التي تحدث خلال هذه العملية، عـلى أن يكتبوا معادلـة كيميائية موزونة للتفاعل الكيميائي المسـتخدم في إنتاج الصابون، والنسب المولية التي يمكن اشتقاقها من المعادلة. ف م

عرض سريع

موازنة المعادلات اطلب إلى الطلاب كتابة معادلات موزونة لتكون ثاني كبريتيد الكربون من الكربون والكبريت، ثم كتابة معنى كل صيغة.

$C(1\ atom\ C)+2S(2\ atoms\ S)\rightarrow CS_2(1\ mole\ CS_2)$

اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة أخرى بما في ذلك كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

$12.0\ g\ C + 64\ g\ S \rightarrow 76.0\ g\ CS_2$

اشرح للطلاب أن كتل ذرات الكربون والكبريت وجزيئات ثاني كبريتيد الكربون صغيرة جدًّا لا يمكن قياسها. لذا من الأسهل تحضير ثاني كبريتيد الكربون من تفاعل الكتلة المولية للكربون، 12.0 g، بدلاً من كتلة ذرة واحدة، مع ضعف الكتلة المولية للكبريت 64.0 g، بدلاً من كتلة ذرتين من الكبريت. ثم اسأل الطلاب: ما كتلة ثاني كبريتيد الكربون الناتج؟ مول واحد من ثاني كبريتيد الكربون = 76.0 g. **ض م**

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

$$0.0400\ \cancel{mol\ K} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ \cancel{mol\ K}} = 0.0200\ mol\ H_2$$

والأمثلة الآتية توضح خطوات الحسابات الكيميائية الضرورية لتحويل مول – مول، ومول – كتلة، وكتلة – كتلة. كما يوضح الشكل استراتيجية حل المشكلة.

استراتيجية حل المسألة

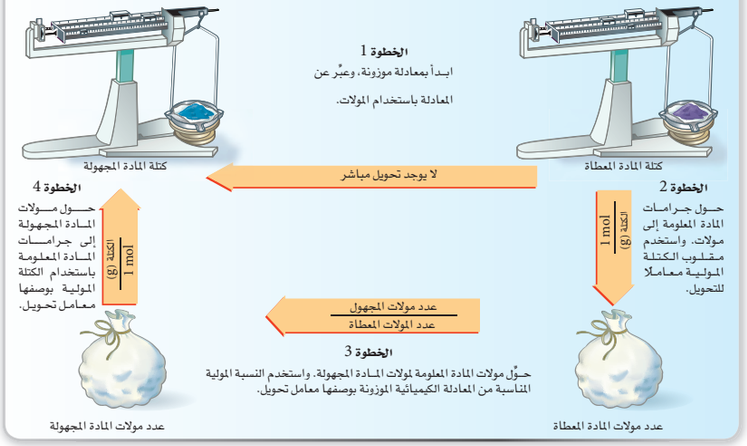
إتقان الحسابات الكيميائية

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.
   - إذا كانت الكتلة معطاة g، فابدأ حساباتك من الخطوة الثانية.
   - إذا كانت الكمية mol فابدأ حساباتك بالخطوة رقم 3.
3. تعتمد نهاية الحسابات على الوحدة المراد استخدامها للمادة المطلوب معرفة كميتها.
   - فإذا كان المطلوب بالمولات فتوقف بعد الخطوة رقم 3.
   - وإذا كان المطلوب بالجرامات فتوقف بعد إكمال الخطوة رقم 4.

تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 2–5 ، 3–5 ، 4–5 .



التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب دراسة تفاعل 2.5 mol من هيدريد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء وفقًا للمعادلة التالية:

$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$

ثم اطرح عليهم الأسئلة التالية: ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم الناتجة؟ 185 g

ما كتلة الماء اللازمة للتفاعل؟ 90.1 g

ما كتلة الهيدروجين الناتجة؟ 10.1 g

ما كتلة 2.5 mol من هيدريد الكالسيوم ؟ 105 g

دع الطلاب يتحققوا من قانون حفظ الكتلة. **ض م**

$105\ g\ CaH_2 + 90.1\ g\ H_2O = 185\ g\ Ca(OH)_2 + 10.1\ g\ H_2$

$195.1 = 195.1$

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ركز على ضرورة حل مسائل الحسابات الكيميائية خطوة خطوة، وفهم أسباب كل خطوة. ثم اسأل الطلاب: ما أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة؟ تحدد النسبة المولية. وأعطهم معادلة كيميائية، واطلب إليهم أن يشرحوا كيف يحولون مولات مادة إلى مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها. عند استخدام النسبة المولية: يقسم عدد مولات المادة المجهولة على عدد مولات المادة المعروفة. وقد تكون هذه النقطة مربكة قليلاً؛ لذا دع الطلاب يكتبوا النسبة المولية على ورقة ومعكوسها على الجهة الأخرى، حيث يمكنهم الرجوع إلى الورقة في أثناء حلهم للمسائل ليحددوا أي النسب تعطي الوحدة الصحيحة للإجابة. **د م**

مثال 2-5

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

1 تحليل المسألة

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

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.

$$\overset{10.0\ mol}{C_3H_{8(g)}} + 5O_{2(g)} \rightarrow \overset{?\ mol}{3CO_{2(g)}} + 4H_2O_{(g)}$$

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

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

لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30.0 mol CO_2.

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

11. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يستخدم غالبًا في صناعة السلوفان.

$$__CH_{4(g)} + __S_{8(s)} \rightarrow __CS_{2(l)} + __H_2S_{(g)}$$

a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

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

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة؟

12. تحفيز يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

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

c. ما عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل؟

مثال في الصف

السؤال يستخدم غاز البيوتان في الولّاعات التي تستعمل مرة واحدة. ما عدد مولات الأكسجين التي نحتاج إليها لحرق 5 mol من البيوتان في الولّاعة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء؟

الاجابة

$$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$$

$$= 5.0\ \cancel{mol\ C_4H_{10}} \times \frac{13\ mol\ O_2}{2\ \cancel{mol\ C_4H_{10}}}$$

$$= 32.5\ mol\ O_2$$

مسائل تدريبية

11.a $2CH_{4(g)} + S_{8(s)} \rightarrow 2CS_{2(l)} + 4H_2S_{(g)}$

b. $1.50\ \cancel{mol\ S_8} \times \frac{2\ mol\ CS_2}{1\ \cancel{mol\ S_8}} = 3.00\ mol\ CS_2$

c. $1.50\ \cancel{mol\ S_8} \times \frac{4\ mol\ H_2S}{1\ \cancel{mol\ S_8}} = 6.00\ mol\ H_2S$

12.a $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$

b. $12.5\ \cancel{mol\ SO_2} \times \frac{2\ mol\ H_2SO_4}{2\ \cancel{mol\ SO_2}}$

$= 12.5\ mol\ H_2SO_4$

c. $12.5\ \cancel{mol\ SO_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ \cancel{mol\ SO_2}} = 6.25\ mol\ O_2$

$= 6.25\ mol\ O_2$

دفتر الكيمياء

ما كمية الحمض التي تم معادلتها؟ اطلب إلى الطلاب إيجاد المكونات الفعالة المكتوبة في النشرة المرافقة للأقراص المضادة للحموضة، وتحديد المكوِّن الذي يعادل حمض المعدة. واطلب إليهم معرفة الجرعة الموصى بها، وكمية المكوّن الذي يعادل الحموضة في القرص الواحد، وتحديد كمية المكوِّن الفعال لكل جرعة. فإذا كان المكون الفعال هو هيدروكسيد الفلز، فعندئذٍ يتفاعل هيدروكسيد الفلز مع حمض الهيدروكلوريك HCl لإنتاج كلوريد الفلز والماء. أما إذا كان المكوِّن الفعال هو كربونات الفلز فتكون المواد الناتجة كلوريد الفلز وثاني أكسيد الكربون، والماء. واطلب إليهم كتابة معادلة تفاعل مضاد الحموضة، وتحديد كتلة حمض الهيدروكلوريك التي تم معادلتها في الجرعة الواحدة باستخدام كتلة المكوِّن الفعّال في الجرعة. ض م

مثال في الصف

السؤال ما كتلة الهيدروجين الناتجة عن تفاعل 0.200 mol من الصوديوم مع كمية فائضة من الماء لإنتاج الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم؟

الإجابة

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$0.200\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ \cancel{mol\ Na}}$$

$$= 0.100\ mol\ H_2$$

$$0.100\ \cancel{mol\ H_2} \times \frac{2.016\ g\ H_2}{1\ \cancel{mol\ H_2}}$$

$$= 0.202\ g\ H_2$$

مسائل تدريبية

13. 88.6 g Cl_2

14.a. 177 g Cl_2

b. 15.0 g C

c. 292 g

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

مثال 3-5

حسابات المول - الكتلة احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl_2 بشدة مع الصوديوم.

1 تحليل المسألة

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

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

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

$$\overset{1.25\ mol}{2Na_{(s)} + Cl_{2(g)}} \rightarrow \overset{?\ g}{2NaCl_{(s)}}$$

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$

اضرب عدد مولات Cl_2 في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

$$1.25\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ \cancel{mol\ Cl_2}} = 2.50\ mol\ NaCl$$

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

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

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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

طاقة كهربائية → NaCl (2.50 mol) → Na + Cl_2 (? g)

14. تحفيز، يستخدم معدن التيتانيوم –وهو فلز انتقالي– في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقًا للمعادلة:

$$TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

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

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

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

التنوع الثقافي

الحسابات الكيميائية في صناعة الصابون تعود عملية صناعة الصابون إلى العام 2800 م قبل الميلاد في بابل. إذ كان استخدام الصابون خلال القرن السابع عشر مقتصرًا على الأغنياء. ولكن مع توافر المواد أصبح الصابون يصنع في معظم البيوت. وقد استخدمت تقنيات بسيطة في صناعته في كافة الحضارات القديمة. وتتطلب صناعته 3 خطوات: صناعة الصودا (القَلْي)، تنظيف الدهون، ثم تسخين خليط القلي مع الدهن. كما كانوا يضيفون كلوريد الصوديوم إلى الخليط لجعله صلبًا، وكذلك المعطرات. ثم يلف الصابون على شكل كرات أو يُقطّع على شكل ألواح لتخزينه. لقد اتخذت دهون الغزلان والحيتان وشحوم الحيوانات وزيت الزيتون مصادر أولية للدهن المستخدم في صناعة الصابون؛ حسب ما يتوافر منها في المنطقة. وكان الناس في البلدان المحاذية للبحر المتوسط يستخدمون رماد الشجيرات بدلاً من البوتاس (K_2CO_3)؛ لأنه غني بكربونات الصوديوم، فكان من السلع الجيدة للتجارة.

الحسابات الكيميائية : حساب الكتل إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد المتفاعلة التي ستستخدمها في إنتاج الكتل المطلوبة من النواتج. يوضح **المثال 4–5** كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 4-5

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

1 تحليل المسألة

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

المعطيات

كتلة نترات الأمونيوم $25.0\ g = NH_4NO_3$

المطلوب

كتلة الماء $= H_2O$ ؟؟

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.

$$25.0\ g \qquad ?\ g$$
$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

$$25.0\ g\ NH_4NO_3 \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{80.04\ g\ NH_4NO_3} = 0.312\ mol\ NH_4NO_3$$

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

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3}$

$$0.312\ mol\ NH_4NO_3 \times \frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3} = 0.624\ mol\ H_2O$$

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

$$0.624\ mol\ H_2O \times \frac{18.02\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 11.2\ g\ H_2O$$

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

15. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة: $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$

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

16. 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 $2.5\ g\ SO_2$ مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

التوسع

أعط الطلاب عددًا من مسائل الحسابات الكيميائية، واطلب إليهم توضيح خطوات حلها في مخطط يشبه مخطط استراتيجية حل المسألة. ض م

مختبر الكيمياء يمكنك تنفيذ مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل في هذه المرحلة من الدرس.

مسائل تدريبية

15. $64.64\ g\ N_2$

16. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$

$3.83g\ H_2SO_4$;

مثال في الصف

السؤال يستخدم صاروخٌ مزيجًا من الهيدرازين N_2H_4، ورابع أكسيد النيتروجين N_2O_4 وقودًا وفقًا للتفاعل الآتي:

$$2N_2H_4 + N_2O4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$$

إذا استخدم 200 g من الهيدرازين، فما عدد جرامات الماء الناتجة؟

الاجابة

$$2N_2H_4 + N_2O_4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$$

$$mol\ N_2H_4 = 200.\ g\ N_2H_4 \times \frac{1\ mol\ N_2H_4}{32.05\ g\ N_2H_4}$$

$$= 6.24\ mol\ N_2H_4$$

$$mol\ H_2O = 6.24\ mol\ N_2H_4 \times \frac{4\ mol\ H_2O}{2\ mol\ N_2H_4}$$

$$= 12.5\ mol\ H_2O$$

$$g\ H_2O = 12.5\ mol\ H_2O \times \frac{18.02\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O}$$

$$= 225\ g\ H_2O$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الحديد مع الكبريت على السبورة.

$$16Fe + 3S_8 \rightarrow 8Fe_2S_3$$

واطلب إلى الطلاب تحديد كتلة كبريتيد الحديد (III) الناتجة عن تفاعل 7.00 g من الحديد. $13.0\ g\ Fe_2S_3$ ض م

إعادة التدريس

اكتب المعادلة التالية على السبورة:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

واسأل الطلاب: كم جرامًا من الجلوكوز ينتج عن تفاعل 88 g من ثاني أكسيد الكربون CO_2؟ واطلب إليهم ذكر خطوات الحل شفويًّا، وبيان أهمية كل خطوة قبل أن يبدؤوا في إجراء الحسابات. ثم اطلب إليهم أن ينفذوا الخطوات التي ذكروها.

60 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$. ض م

تجربة

الهدف تتوقع الكتلة النظرية للنواتج، وتقارنها بالكتلة العملية الناتجة عن التجربة.

المهارات العملية جمع البيانات وتفسيرها، والتوقع، واستخدام الأرقام.

احتياطات السلامة اطلب الى الطلاب الإطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل، وحذرهم من حرارة البوتقة.

التخلص من الفضلات يمكن التخلص من كربونات الصوديوم الناتجة بإلقائها في سلة المهملات.

استراتيجيات التدريس اطلب إلى الطلاب حساب الكتلة النهائية للمادة الناتجة قبل بدء العمل.

النتائج المتوقعة ينتج 1.90 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ عند تفاعل 3.12 g من كربونات الصوديوم Na_2CO_3.

التحليل

1. كانت المادة الناتجة رطبة في أثناء التسخين وتظهر عليها بعض الفقاقيع ولكنها جفت مع الوقت.
2. يجب أن تكون الكتلتان متساويتين.
3. على افتراض أن الكتلة المتوقعة والكتلة الفعلية هما 1.97 g و 1.90 g على التوالي، فيكون الخطأ= 0.07 g –، ونسبة الخطأ= 3.55%
4. الأخطاء الناتجة عن قياس كل من الكتلتين، ووزن الرطوبة التي تمتصها الجفنة. ض م

تجربة

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل مسحوق الخبز؟

يستخدم مسحوق 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 وفقًا للمعادلة:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدولًا تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم ضع فيها 3 g تقريبًا 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 حسبتها والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.
5. جهز حاملًا مع حلقة، ومثلثًا من الصلصال لتسخين الجفنة.
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 7 – 8 min بلهب قوي، وسجل ملاحظاتك في أثناء التسخين.
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطًا لرفع الجفنة عن اللهب.

تحذير: لا تلمس الجفنة الساخنة.

8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3.

تحليل النتائج

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

التقويم 5-2

الخلاصة

- 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.

17. **الفكرة الرئيسة** فسر لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
18. **اذكر** الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
19. **طبّق** كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كليًا مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.
20. **احسب** كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
21. **صمم** خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يجب أن تفسر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة $CaCl_2$ الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl.

التقويم 5-2

17. تعبر المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عن العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.
18. زن المعادلة، وحوّل كتلة المادة المعروفة إلى عدد مولات، ثم استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المجهولة، ثم حوّل عدد مولات المادة المجهولة إلى كتلة بالجرامات.
19. اكتب معادلة موزونة، وحوّل الكتلة المعطاة للماغنسيوم Mg إلى عدد مولات. ثم استخدم النسبة المولية من المعادلة لتحويل عدد مولات Mg إلى عدد مولات Br. وأخيرًا حوّل عدد مولات Br إلى كتلة.
20. 15.2 g من الأمونيا NH_3
21. ستتنوع خرائط المفاهيم، ولكن يجب على الجميع بيان استعمالهم لمعاملات التحويل التالية: معكوس الكتلة المولية، النسب المولية، الكتلة المولية.

5-3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (18) الـواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المـادة المحددة للتفاعل ذكّـر الطلاب بالتجربة الاسـتهلالية، واسـأل: ماذا حدث لمحلول برمنجنات البوتاسيوم؟ تحوّل لون المحلـول من اللون الأرجواني إلى الشـفاف. وما كمية كبريتيت الصوديـوم الهيدروجينيـة التـي أضيفـت قبـل أن يتغـير لـون المحلول؟ سـتتفاوت الإجابـات. ولكن يجـب أن تكون حوالي 8 ml من $NaHSO_3$ أضيفت لتغيير اللون.

ثـم اسـأل الطـلاب: ماذا يحـدث لو أضيفـت قطـرة أخرى من كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_3$؟ لا شيء، وسيبقى المحلـول شـفافًا. وهـل يمكنهـم تفسـير ذلـك؟ لقـد تفاعلت برمنجنات البوتاسـيوم بصورة كاملـة ولم يتبق منها ما يمكن أن يتفاعل مع كمية أخرى من المادة المضافة. ض م

2. التدريس

عرض سريع

إضـافة المواد المتفاعلة انفخ، باستعمال ماصة العصير، في أنبوب اختبار يحتوي على كمية من ماء الجير. ووضح للطلاب أن ماء الجير يصبح كدرًا بسـبب تكوّن كربونات الكالسيوم غير الذائبة، ثم اكتب معادلة التفاعل على السبورة:

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

واطلب إلى الطلاب تحديد كتلة كربونات الكالسيوم الناتجة عن نفـخ 0.0900 mol من ثاني أكسـيد الكـربون CO_2 في أنبوب الاختبار. 9 g $CaCO_3$ ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 4–5:** نحتاج إلى مطرقة إضافية. د م

5–3

الأهداف

- **تحدد** المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.
- **تعرف** المادة المتفاعلة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.
- **تحسب** كتلة الناتج عندما تُعطى كتلًا لأكثر من مادة متفاعلة.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل

المادة المتفاعلة الفائضة

المادة المحددة للتفاعل
Limiting Reactant

الفكرة الرئيسة **يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.**

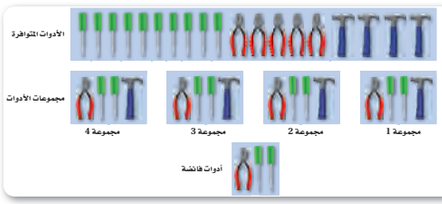
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عددًا من الطلاب سيبقى واقفًا. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشترك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

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

المواد المحددة للتفاعل والمواد الفائضـة بالرجوع إلى التجربة الاستهلالية؛ وعند إضافـة المزيد من كبريتيـد الصوديوم الهيدروجيني إلى المحلول الشـفاف الذي تكوّن لم يُلاحـظ أي تغـير؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعـل معه. لذا فإن برمنجنـات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعـل. والمادة المحددة للتفاعـل هي التي تحدد سير التفاعل، وكمية المادة الناتجة.

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل. وتُسمى هذه المواد المتبقية **المواد المتفاعلة الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر **الشـكل 4–5**. يمكننا بناءً على المواد المتوافـرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كماشـة ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكماشات والمفكات فائضة.



الشـكل 4-5 يجـب أن تحتـوي كل مجموعـة على مطرقة، لذا يمكـن تشكيل أربع مجموعات.

فسـر كم مطرقة يتطلـب إكمال المجموعة الخامسة؟

دفتر الكيمياء

خطـوات حل مسـائل الحسـابات الكيميائية اطلـب إلى الطلاب أن يكتبوا عنوان "خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية للمادة المحددة للتفاعـل "في دفاتـر الكيمياء. واطلب إليهم خلال دراسـتهم للقسـم 3–5 وضـع قائمة بالخطوات التي يمكن اتباعها لحسـاب كميات المواد الناتجـة، إذا أعطيت كُتـل المواد المتفاعلة جميعها. عـلى الطلاب توضيح أهمية كل خطوة. ض م

ماذا قرأت؟ ستة جزيئات.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يواجه الطلاب غالبًا صعوبة في تحديد المادة المحددة للتفاعل عندما يعطون كتلة أكثر من مادة متفاعلة.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اسأل الطلاب: ما كتلة أكسيد الماغنسيوم الناتجة عن تفاعل 48.6 g من الماغنسيوم مع 64 g من الأكسجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

اطلب إليهم تحديد عدد مولات كل مادة متفاعلة في السؤال. 2.00 mol من الماغنسيوم Mg، و2.00 mol من الأكسجين O_2. ثم اسأل: أي المادتين هي المادة المحددة للتفاعل؟ Mg. وما كتلة أكسيد الماغنسيوم الناتجة؟ 80.6 g.

عرض المفهوم

استعن بالبراغي والصواميل على تمثيل عدد مولات الذرات، واستعمل برغيين للدلالة على مولين من Mg، و4 صواميل للدلالة على مولين من O_2. ثم اطلب إلى الطلاب تحديد النسبة المولية بين جزيئات O_2 وذرات Mg

$$\frac{1 \text{ mol } O_2 \text{ molecule}}{2 \text{ mol Mg atom}} \quad \text{أو} \quad \frac{2 \text{ صمولة}}{2 \text{ برغي}}$$

واسأل: أي المادتين فائضة؟ 1mol O_2 أو صمولتان. استخدم برغيًّا وصمولة للدلالة على 1mol من أكسيد الماغنسيوم MgO. واسأل: ما عدد وحدات MgO التي تتشكل؟ وحدتان كل منهما مكون من صمولة وبرغي، ويبقى صمولتان.

تقويم المعرفة الجديدة

اطرح على الطلاب المسألة الآتية: يتفاعل 54 g من الألومنيوم مع 254 g من اليود وفقًا للمعادلة:

$$2Al + 3I_2 \longrightarrow 2AlI_3$$

اطلب إلى الطلاب تحديد عدد مولات كل من المواد المتفاعلة. 2 mol Al، 2 mol I_2، ثم اسأل: أي المادتين هي المحددة للتفاعل؟ I_2. وما عدد مولات AlI_3 الناتجة؟ 1.33 mol

ض م | د م

الشكل 5-5 إذا أمعنت النظر في الذرات الموجودة قبل التفاعل وبعده فستجد أن بعض جزيئات النيتروجين لم تتغير. وتسمى هذه الجزيئات المادة الفائضة.

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

فلننظر إلى التفاعل في **الشكل 5–5** الذي يصف تفاعل ثلاثة جزيئات من النيتروجين N_2 مع ثلاثة جزيئات من الهيدروجين H_2 لتكوين غاز الأمونيا NH_3؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معًا لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في **الشكل 4–5**.

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؛ لأنّ كمية المادة الناتجة تعتمد على ذلك.

ماذا قرأت؟ توسع ما عدد جزيئات الهيدروجين التي تلزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في **الشكل 5–5**؟

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 6-5 يكون المطاط الطبيعي ليّنًا ولزجًا، لذا يعالج بالجلفنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الجلفنة معًا مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الجلفنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها الظاهر في الصورة.

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 6–5** كيف تجعل الجلفنةُ المطاطَ صالحًا للاستعمالات الكثيرة، حيث يُحضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب المعادلة:

$$S_{8(l)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow 4S_2Cl_{2(l)}$$

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 تمامًا.

مشروع الكيمياء

أكبر مردود من ثاني أكسيد الكربون اطلب إلى مجموعة من الطلاب تصميم تجربة لتحديد أكبر مردود من ثاني أكسيد الكربون يمكن الحصول عليه من تفاعل صودا الخبز مع الخل. وأما المواد المطلوبة فهي: قارورة بلاستيكية لشراب غازي، خلّ، صودا الخبز، بالون لتغطية فوهة القارورة، ملعقة صغيرة؛ إذ تعادل ملعقة صغيرة من صودا الخبز 10 g تقريبًا، وملعقة صغيرة من الخل 4.9 ml تقريبًا. والخل محلول تركيزه 5% من حمض الأستيك.

واقترح على الطلاب أن يستخدموا كمية ثابتة من الصودا، أيْ ملعقة صغيرة واحدة، وتغيير كمية الخلّ المستخدمة. ثم اطلب إليهم أن يحددوا النقطة التي يتوقف عندها التفاعل.

تعلم تعاوني | ض م

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.

$$100.0\ \cancel{g Cl_2} \times \frac{1\ mol\ Cl_2}{70.91\ \cancel{g Cl_2}} = 1.410\ mol\ Cl_2$$

$$200.0\ \cancel{g S_8} \times \frac{1\ mol\ S_8}{256.5\ \cancel{g S_8}} = 0.7797\ mol\ S_8$$

استعمال نسب المولات تتطلب الخطوة التالية معرفة النسبة المولية الصحيحة التي تربط بين المادتين كما أعطيت في المعادلة الموزونة. تبين معاملات المعادلة الموزونة وجود 4 mol من Cl_2 لكل 1 mol من S_8، 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 أيضًا.

$$\frac{1.410\ mol\ Cl_2}{0.7797\ mol\ S_8} = \frac{1.808\ mol\ Cl_2}{1\ mol\ S_8}$$

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol من Cl_2 لكل 1mol من S_8 بدلاً من 4 mol من Cl_2 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 (1.410mol) في نسبة مولات ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت، ثم تحويل مولات S_2Cl_2 إلى جرامات، وذلك بضرب عدد المولات في كتلتها المولية كما هو مبين أدناه:

$$1.410\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{4\ \cancel{mol\ S_2Cl_2}}{4\ \cancel{mol\ Cl_2}} \times \frac{135.0\ g\ S_2Cl_2}{1\ \cancel{mol\ S_2Cl_2}} = 190.4\ g\ S_2Cl_2$$

وهذا يعني تكوّن 190.4 g من S_2Cl_2 عند تفاعل 1.410 mol من Cl_2 مع كمية فائضة من S_8.

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 تمامًا مع 1.410 mol من Cl_2، لذا ابدأ أولاً حساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ S_8 / Cl_2.

$$1.410\ mol\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ S_8}{4\ mol\ Cl_2} = 0.3525\ mol\ S_8$$

الكتلة المتفاعلة لحساب كتلة الكبريت، تضرب 0.3525 mol S_8 في الكتلة المولية لـ S_8

$$0.3525\ mol\ S_8 \times \frac{265.5\ g\ S_8}{1\ mol\ S_8} = 93.588\ g\ S_8$$

الكمية الفائضة يمكن حساب الكمية المتبقية بعد التفاعل من S_8 بطرح كتلة المادة المتفاعلة من كتلة المادة الكلية على النحو الآتي:

الكمية الفائضة = كتلة المادة – الكمية التي تفاعلت

$$200.0\ g\ S_8 - 93.588\ g\ S_8 = 106.4\ g\ S_8$$

مهن في الكيمياء

الصيدلي إن معرفة تركيب الدواء، وكيفية استعماله، والمضاعفات الضارة المحتملة من استعماله تجعل الصيدلي قادرًا على نصح المريض وإرشاده. كما يقوم الصيدلي بمزج المواد الكيميائية لصناعة المساحيق، والأقراص، والدهون والمحاليل. لمعرفة المزيد عن الكيمياء في المهن زر الموقع obeikaneducation.com

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع.

الناتج

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

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

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى قسّم الطلاب إلى مجموعات واعرض عليهم المكونات الآتية: (ملحوظة: الملعقة الواحدة = 4.9 ml).

1000 كوب طحين	10 درازن بيض
40 إصبع زبدة	1.00 L خميرة خبز
2800 g رقائق شوكولاتة	500 كوب سكر بني
500 كوب سكر مطحون	1.00 L ملح
1.00 L فانيلا	

أي هذه المكوّنات هو المادة المُحددة؟ الزبدة. وما عدد درازن الكعك التي يمكن عملها؟ 80 درزن. إذا بيع كل درزن بعشرة ريالات، فما مقدار مبيعات الشركة؟ 800.00 ريالاً. ف م تعلم تعاوني

التقويم

المعرفة زوّد الطلاب بالوصفة الآتية لعمل رقائق كعك الشوكولاتة:

$2\frac{1}{4}$ كوب طحين	1 ملعقة ملح طعام
1 ملعقة صودا خبز	2 إصبع زبد مهروسة
$\frac{3}{4}$ كوب سكر مطحون	$\frac{3}{4}$ كوب سكر بُني
بيضتان	ملعقتا فانيلا

86 g من حبيبات الشوكولاتة

فيكون الناتج أربع درازن من رقائق كعك الشوكولاتة.

ثم اسأل الطلاب: كيف يمكن مضاعفة كمية الكعك؟ بمضاعفة المكونات. وكيف يمكن أيضًا عمل الكعك باستعمال بيضة واحدة؟ باستعمال نصف المكونات المدوّنة في الوصفة. ثم اطلب إليهم أن يربطوا هذا الإجراء بالمادة المُحددة للتفاعل. يحدد عدد البيض عدد الكعك الذي يمكن عمله، وبالمثل فإن كتلة المواد المتفاعلة تحدد كمية المواد الناتجة. ض م

الخلفية النظرية للمحتوى

فحص المواد الكيميائية استمرت الأصباغ الأولية المستعملة في الدهانات التي تحتوي على الرصاص حتى عام 1940م، وهي $PbCO_3.Pb(OH)_2$. أما اليوم فنعرف أن الرصاص الموجود في المنتجات المستخدمة في المنازل يُشكّل خطرًا على الصحة، ومع ذلك ما زال الدهان القديم موجودًا في كثير من البيوت. ويمكن تحديد مستوى الرصاص في البيوت باستخدام فحوصات خاصة بذلك. يتم خلال إحدى هذه الفحوصات فرك السطح المراد فحصه في قُطنة تحتوي على روديزونوات البوتاسيوم $C_6K_2O_2$. فإذا كان الرصاص موجودًا يظهر لون زهري على القطنة؛ نظرًا إلى تكوّن روديزونوات الرصاص (II). ويكون التفاعل الحادث إحلالاً أحاديًّا توضحه المعادلة الآتية:

$$Pb^{2+} + C_6K_2O_6 \rightarrow C_6PbO_8 + 2K^+$$

ويزداد احمرار القطنة كلما كانت كمية الرصاص أكبر. وتستطيع من خلال هذا الفحص الكشف عن كميات قليلة من الرصاص لا تتجاوز 0.006 g.

مثال في الصف

السؤال عندما يتفاعل عنصر الفضة (Ag) مع الكبريت (S_8) يتكون كبريتيد الفضة (Ag_2S) وفقًا للمعادلة الآتية:

$$16Ag + S_8 \rightarrow 8Ag_2S$$

a. ما كتلة كبريتيد الفضة المتكونة عندما تتفاعل 4.00 g من الفضة مع 4.00 g من الكبريت؟

b. ما كتلة المادة الفائضة المتبقية عند انتهاء التفاعل؟

الإجابة

a. $4.00\ \text{g Ag} \times \frac{1\ \text{mol}}{107.9\ \text{g Ag}}$

$= 0.0371\ \text{mol Ag}$

$4.00\ \text{g } S_8 \times \frac{1\ \text{mol}}{256.5\ \text{g } S_8}$

$= 0.0156\ \text{mol } S_8$

$0.0371\ \text{mol Ag} \times \frac{8\ \text{mol } Ag_2S}{16\ \text{mol Ag}}$

$= 0.0186\ \text{mol } Ag_2S$

$0.0186\ \text{mol } Ag_2S \times \frac{247.9\ \text{g } Ag_2S}{1\ \text{mol } Ag_2S}$

$= 4.60\ \text{g } Ag_2S$

b. $0.0371\ \text{mol Ag} \times \frac{1\ \text{mol } S_8}{16\ \text{mol Ag}}$

$= 0.00232\ \text{mol } S_8$

$0.00232\ \text{mol } S_8 \times \frac{256.5\ \text{g } S_8}{1\ \text{mol } S_8}$

$= 0.595\ \text{g } S_8$

$4.00\ \text{g} - 0.595\ \text{g} = 3.40\ \text{g } S_8$

مثال 5-5

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

2 حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل

اكتب المعادلة الموزونة، وحدّد المعطيات والمطلوب

25.0 g	50.0 g	? g
$P_{4(s)}$ +	$5O_{2(g)}$ →	$P_4O_{10(s)}$

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

احسب مولات P_4

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

احسب مولات O_2

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

احسب النسبة المولية الفعلية لمولات O_2، P_4

احسب نسبة مولات O_2 إلى مولات P_4

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

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

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

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

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

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

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

عرض توضيحي

المادة المُحددة للتفاعل

الهدف

تلاحظ تأثير المادة المحددة للتفاعل في التفاعل الكيميائي.

المواد والأدوات

سحاحة عدد (2)، مسطرة مترية، مخبار مدرج، ساق تحريك زجاجية عدد (2)، أنابيب اختبار (18 mm×150 mm) عدد (8)، حامل أنابيب اختبار، 0.20 M KOH، 0.01 M $CuSO_4$، ماء مُقطر، جهاز الطرد المركزي.

احتياطات السلامة

التخلص من الفضلات يمكن أن تبخر محاليل كل من KOH و $CuSO_4$ حتى الجفاف في خزانة الأبخرة. كما يمكن التخلص من المواد الصلبة الناتجة في وعاء خاص فيها.

خطوات العمل

املأ إحدى السحاحات بمحلول 0.20M KOH وأخرى بمحلول 0.10 M $CuSO_4$ ، ثم عنون أنابيب الأختبار بكمية KOH المضافة :

16 ml، 14 ml، 12 ml، 10 ml، 8 ml، 6.0 ml، 4.0 ml، 2.0 ml.

وضع 10.0 ml $CuSO_4$ في كل منها. أضف KOH حسب الحجم الموضح على الأنبوب. ثم أضف ماء مقطر إلى الأنبوب حتى يصل حجم المحلول الكلي في الأنبوب 26.0 ml، وحركه جيدًا ثم ضعه في جهاز الطرد المركزي مدة دقيقة واحدة، وقس ارتفاع الراسب الناتج، ولاحظ لون المحلول في كل أنبوب.

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

احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة.

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

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

اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

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

حوّل مولات O_2 الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

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

احسب كمية O_2 الفائضة.

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

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

مسائل تدريبية

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

$$6Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe_{(s)}$$

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

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

23. تحفيز يَستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبتة ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة التفاعل بين الليثيوم، والبروم لإنتاج بروميد الليثيوم. واطلب إليهم تحديد ما يلي: المادة المحددة، كتلة بروميد الليثيوم الناتجة، المادة الفائضة، كتلة المادة الفائضة، إذا وجد 25.0 g من كل من البروم والليثيوم عند بداية التفاعل. البروم هو المادة المحددة؛ 27.1 g LiBr؛ الليثيوم هو المادة الفائضة؛ 22.8 g الكمية الفائضة. ض م

مسائل تدريبية

22.a. Fe_2O_3

b. Na

c. 70 g Fe

d. 13.6 g Na

23.a. $6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$

b. CO_2

c. H_2O

d. 28.0 g

e. 60.0 g

النتائج

لون المحلول الطافي في أنابيب الاختبار 2، 4، 6، 8 أزرق، وكمية الراسب تزداد من أنبوب إلى آخر، أما أنابيب الاختبار 10، 12، 14، 16 فكمية الراسب فيها ثابتة لا تتغير، ولون المحلول الطافي شفاف.

التحليل

1. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تفاعل $CuSO_4$ مع KOH؟

$$2KOH_{(aq)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(s)} + K_2SO_{4(aq)}$$

2. فسر وجود اللون الأزرق في المحلول الطافي في بعض أنابيب الاختبار. $CuSO_4$ مادة فائضة في هذه الأنابيب وهي سبب وجود اللون الأزرق.

3. أي أنابيب الاختبار كان ارتفاع الراسب فيه أكبر ما يمكن؟ في الأنابيب التي تحوي 10 ml، 12 ml، 14 ml، 16 ml من هيدروكسيد البوتاسيوم.

التقويم

المعرفة فسّر لماذا لم يتغير مستوى الراسب في أنابيب الاختبار التي تحتوي على 10.0 ml أو أكثر من KOH؟ لأن KOH هو المادة الفائضة، و $CuSO_4$ هي المادة المُحددة للتفاعل . ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب معادلة تحويل الفحم إلى غاز الميثان على السبورة:

$$2C + 2H_2O \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

واطلب إلى الطلاب تحديد كمية الميثان الناتجة، إذا تفاعل 2000 g كربون مع 2000 g ماء.

الجواب: 900 g ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب أن يجدوا المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في الحالتين الآتيتين:

1. احتراق قطع فحم حجري في الهواء الطلق. الفحم هو المادة المحددة للتفاعل والأكسجين هو المادة الفائضة.
2. احتراق شمعة داخل وعاء مغلق. الأكسجين هو المادة المحددة للتفاعل والشمعة هي المادة الفائضة.

واسأل: ما البيانات التي يجب جمعها؟ وما الحسابات التي يتعين القيام بها لتأكيد إجاباتهم؟ عدد مولات كل مادة متفاعلة، النسبة المولية من المعادلة الموزونة والنسبة المولية الحقيقية. ض م

التوسع

يمكن للطلاب أن يصمموا تجربة لتحديد أكبر كتلة كعكة يمكن الحصول عليها باستخدام كميات مختلفة من مسحوق الخبز. ف م

الشكل 7-5 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 شديد الحرارة، خالٍ من السناج، كما في الشكل الأيسر.

الربط مع علم الأحياء يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والعناصر بكميات قليلة للمساعدة على حدوث التفاعلات الأيضية بيسر وسهولة. ويؤدي نقص هذه المواد إلى إعاقات في النمو، وخلل في وظائف خلايا الجسم. فالفوسفور على سبيل المثال ضروري جدًّا 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 نحوٍ صحيح، مما يؤثر في إنتاج خلايا كرات الدم الحمراء.

لماذا نستخدم فائضًا 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 ـ وهي عادة المادة الأقل ثمنًا ـ يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاد المادة المحددة للتفاعل تمامًا، كما أن ذلك يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

يبين **الشكل 7–5** كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيج منتجًا لهبًا حارًّا في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تمامًا.

التقويم

مهارة اطلب إلى كل طالب كتابة معادلة موزونة تحتوي على مادتين متفاعلتين على الأقل وإعطاء كتلة لكل منهما. ثم اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ثنائية بحيث يحل كل طالبين مسألتيهما لإيجاد المادة المُحددة للتفاعل والمادة الفائضة وكتلة كل مادة ناتجة. ض م تعلم تعاوني

التقويم 5-3

الخلاصة

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك تمامًا في أثناء التفاعل الكيميائي. أمّا المادة التي تبقى بعد انتهاء التفاعل فتسمى «المادة الفائضة».
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

24. الفكرة الرئيسة **صف** لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟

25. حدِّد 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. تحلّل مسحوق الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.

26. حلِّل يستخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.

$$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$

حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3

b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4mol 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

التقويم 5-3

24. إن استهلكت إحدى المواد المتفاعلة تمامًا.

25.a. يحدد الخشب التفاعل، والأكسجين مادة فائضة؛ حيث يستمر الاحتراق بوجود الخشب فقط.

b. الفضة هي المادة المحددة للتفاعل. الكبريت هو المادة الفائضة. عندما يتأكسد سطح الفضة يمنع الكبريت في الهواء من التفاعل.

c. ينتج التحلل عادة عن مادة متفاعلة واحدة. أمّا التفاعل فيتحدد بكمية الخميرة الموجودة.

26.a. صحيحة.

b. الفوسفور هو المادة المحددة للتفاعل.

c. صحيحة.

5-4

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (19) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: **د م**

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المردود الفعلي والمردود النظري اعمل كيسًا من الفشار، واسأل الطلاب: هل جميع حبات الذرة أصبحت فشارًا؟ ستبقى بعض حبات الذرة كما هي. ثم أخبر الطلاب بأنه ليس من الضروري أن تتفاعل المواد المتفاعلة جميعها لتنتج مواد جديدة في التفاعل الكيميائي. إن عدد حبات الفشار في الكيس هو المردود الفعلي. وبين للطلاب أنهم يستطيعون تحديد المردود النظري بوساطة الحسابات الكيميائية. **د م ض م**

2. التدريس

الرياضيات في الكيمياء

حساب النسب المئوية ربما تعلّم الطلاب أنه لحساب النسبة المئوية يجب قسمة الجزء على الكل والضرب في مئة. لذا ساعدهم على معرفة أنه عند قسمة الجزء على الكل فإنهم بذلك يحددون الكسر، وعند الضرب في مئة فإنهم يحددون أجزاء النسبة المئوية، ثم اسأل الطلاب: كيف يمكنهم إيجاد أجزاء بنسبة المليون. اضرب الجزء في (10^6). **د م**

مشروع الكيمياء

تقويم الخيارات اطلب إلى الطلاب كتابة ستة أسئلة من نوع الاختيار من متعدد، لكل منها أربعة بدائل، أحدها صحيح، واطلب إليهم استخدام هذه الأسئلة مع إجاباتها لممارسة لعبة صفية. **ض م**

دفتر الكيمياء

مردود التفاعل اطلب الى الطلاب كتابة خلاصة يوضحون فيها المقصود بالمردود النظري، والمردود الفعلي للتفاعل. **د م**

5–4

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 الرئيسة **نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.**

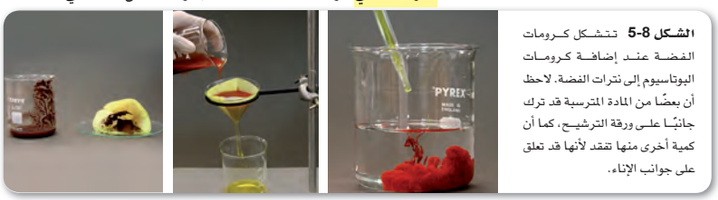
الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعليًا قد لا تحقق هدفًا في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضا نواتج نظرية وأخرى فعلية.

ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product ?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجرى في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقًا. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة. ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة– في الحالة السائلة –على سطوح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح **الشكل 8–5** قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانبًا 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 Theoretical and Actual Yields في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه المردود النظري للتفاعل. **المردود النظري** أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

نادرًا ما 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 **فالمردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليًا.



الشكل 8-5 تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضًا من المادة المترسبة قد ترك جانبًا على ورقة الترشيح، كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

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

نسبة المردود المئوية

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

لذا تحسب نسبة المردود المئوية بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري مضروبًا في مئة.

مثال 6-5

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 فعليًا عن التفاعل هي (0.455 g).

1 تحليل المسألة تعلم 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، وأخيرًا 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

$$2AgNO_{3(aq)} + K_2CrO_{4(aq)} \rightarrow Ag_2CrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

$0.500\ g$ ؟ g

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات $AgNO_3$ إلى عدد مولات $AgNO_3$

$$0.500\ g\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ AgNO_3}{169.9\ g\ AgNO_3} = 2.94 \times 10^{-3}\ mol\ AgNO_3$$

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات $AgNO_3$ إلى عدد مولات Ag_2CrO_4

$$2.94 \times 10^{-3}\ mol\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ Ag_2CrO_4}{2\ mol\ AgNO_3} = 1.47 \times 10^{-3}\ mol\ Ag_2CrO_4$$

احسب المردود النظري

$$1.47 \times 10^{-3}\ mol\ Ag_2CrO_4 \times \frac{331.7\ g\ Ag_2CrO_4}{1\ mol\ Ag_2CrO_4} = 0.488\ g\ Ag_2CrO_4$$

احسب نسبة المردود المئوية.

$$\frac{0.455\ g\ Ag_2CrO_4}{0.488\ g\ Ag_2CrO_4} \times 100 = 93.2\%\ Ag_2CrO_4$$

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب المتفوقين تصميم جدول يستخدم لحساب المردود النظري لمادة من خلال كتلة المادة المتفاعلة المعطاة، وكذلك حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل من خلال إعطاء المردود الفعلي. لذا عليهم أولاً تحديد المردود النظري للتفاعل عند إعطائهم كتلة إحدى المواد المتفاعلة. وينبغي ثانيًا أن يستخدموا المردود الفعلي لحساب نسبة المردود المئوية للتفاعل.

ف م

مثال في الصف

السؤال يمكن إزالة الخارصين عن البرونز، وذلك بوضع البرونز في حمض الهيدروكلوريك. يتفاعل الخارصين مع حمض الهيدروكلوريك، وينتج كلوريد الخارصين، وغاز الهيدروجين تاركًا النحاس الصلب دون تفاعل.

a. إذا احتوت عينة البرونز على 25 g خارصين، فاحسب المردود النظري لغاز الهيدروجين.

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

b. إذا أنتج التفاعل 0.680 g من الهيدروجين H_2، فحدّد نسبة المردود المئوية للتفاعل.

الإجابة

a.

$$\text{mol Zn} = 25.0\ \text{g Zn} \times \frac{1\ \text{mol Zn}}{65.39\ \text{g Zn}}$$

$$= 0.382\ \text{mol Zn}$$

$$\text{mol } H_2 = 0.382\ \text{mol } H_2 \times \frac{1\ \text{mol Zn}}{1\ \text{mol } H_2}$$

$$= 0.382\ \text{mol } H_2$$

$$\text{المردود النظري} = 0.382\ \text{mol } H_2 \times \frac{2.016\ \text{g } H_2}{1\ \text{mol } H_2} = 0.771\ \text{g } H_2$$

b.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{0.680\ \text{g } H_2}{0.771\ \text{g } H_2} \times 100$$

$$= 88.2\%\ H_2$$

عرض سريع

حساب نسبة المردود المئوية ضع 5.0 ml من زيت الطبخ في دورق، ثم ضع 20 حبة من حبات الذرة الجافة في الدورق، وغطِّ فوهته بغطاء مثقب من الألومنيوم. وضع الدورق على سخان كهربائي حتى تتحول حبات الذرة إلى فشار. ثم عُدّ حبات الذرة التي تحوّلت إلى فشار باعتبارها المردود الفعلي. فإذا كان المردود النظري هو (20) حبة فشار، فاطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية. ستتنوع الإجابات حسب البيانات التي جُمعت. د م

3 حساب المطلوب

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 $AgNO_3$ تقريبًا. 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 تقريبًا.

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

مسائل تدريبية

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

$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

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

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

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

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

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

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

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

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

مسائل تدريبية

27. المردود النظري لـ $AlCl_3$ هو 23.9 g

28. a. 610.3 g ZnI_2

b. نسبة المردود المئوية من ZnI_2 تساوي 84.48%

29. a. $Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$

b. 68.0 g Ag

c. المردود 88.2%

التنوع الثقافي

ولد نوربرت ريليوكس Norbert Rillieux عام 1806م في نيوأورلينز، وكان أبوه من أصل فرنسي وصاحب مزرعة، وأمه من أصل إفريقي. درس العلوم والرياضيات وأصبح مهندسًا كيميائيًا. وقد لاحظ الخطر الكبير والجهد والعناء اللذين تتطلبهما عمليات تنقية السكر. لذا فقد طوّر طرائق محسنةً وسريعةً لهذه العملية. وكان الوعاء المبخر الذي اخترعه قد أحدث نقله نوعية في عمليات تنقية السكر، وحصل أخيرًا على براءة الاختراع. فأصبح بالإمكان استخدام الطريقة الجديدة لإنتاج سكر عالي الجودة بنصف التكلفة.

مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

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

بالرغم من عدم وجود غلاف جوي للقمر، ومن ثم عدم وجود أكسجين عليه، إلا أن سطحه مُغطى بصخور وتربة مكونة من الأكاسيد. لذا يبحث العلماء كيف يستخلصون الأكسجين من صخور القمر وتربته للاستفادة منه في التنفس في الرحلة إليه. وقد زوِّد تحليلُ عينات الصخور التي أحضرت من سطح القمر العلماءَ 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؟
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	
الأكسيد	النسبة الكتلية في التربة %
SiO_2	47.3%
Al_2O_3	17.8%
CaO	11.4%
FeO	10.5%
MgO	9.6%
TiO_2	1.6%
Na_2O	0.7%
K_2O	0.6%
Cr_2O_3	0.2%
MnO	0.1%

نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية

Percent Yield in the Marketplace

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًّا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح **بالشكل 9–5**، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H_2SO_4، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ.

مختبر تحليل البيانات

- يهدف إلى تحديد كمية الأكسجين الموجودة في تربة القمر، وكذلك المردود النظري ونسبة المردود المئوية للأكسجين باستخدام المردود الفعلي الذي يمكن التوصل إليه.
- يدرس العلماء صخور القمر لمعرفة إمكانية استخدامها في تزويد رواد الفضاء بالأكسجين؛ إذ تتكون تربة القمر من أكاسيد مختلفة، وهي غنية بالأكسجين.
- قامت وكالة ناسا (NASA) بمحاكاة تكوين تربة القمر؛ بهدف إيجاد طريقة فعّالة وغير مكلفة لاستخلاص الأكسجين من هذه التربة.

التفكير الناقد

1. TiO_2: 16 g; Al_2O_3: 178 g; SiO_2: 473 g; FeO: 105 g
   MgO: 96 g; CaO: 114 g; Na_2O: 7 g; K_2O: 6 g;
   MnO: 1 g; Cr_2O_3: 2 g
2. TiO_2: 0.00641 kg O_2; Al_2O_3 : 0.0838 kg O_2;SiO_2 : 0.252 kg O_2; FeO: 0.0234 kg O_2; MgO: 0.0381 kg O_2; CaO: 0.0325 kg O_2; Na_2O: 0.00181 kg O_2 ;K_2O: 0.000988 kg O_2; MnO: 0.000225 kg O_2 ;Cr_2O_3: 0.000632 kg O_2
3. المنتج الاكبر هو SiO_2، أما المنتج الأقل هو MnO
4. 0.439 kg of O_2 /1.00 kg من تربة القمر
5. $0.15\ kg / 0.439 \times 100 = 34\%$

التقويم

الأداء اطلب إلى كل طالب كتابة أربعة أسئلة من نوع الاختيار من متعدد على أن تتضمن حسابات نسبة المردود المئوية، واطلب إليهم تبادل الأسئلة فيما بينهم وحلها ومناقشة إجاباتهم. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب المعادلة التالية على السبورة:

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$،

واطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية إذا حُرق 10 g من الميثان لإنتاج 19.5 g من الماء. نسبة المردود المئوية 86.7%. ض م

إعادة التدريس

ناقش عملية حرق الجازولين في محرك الاحتراق الداخلي.

$2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$

واطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية لثاني أكسيد الكربون إذا نتج 1800 g من ثاني أكسيد الكربون عن تفاعل 700 g من الأوكتان، واطلب إليهم أيضًا توضيح كل خطوة من الحسابات. نسبة المردود المئوية 83.4% من CO_2. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب كتابة بحث حول محركات الاحتراق الداخلي، وما الذي يمكن عمله لزيادة فاعلية السيارات، وتقليل تلوث الهواء.

الشكل 5-9 الكبريت يتم استخراج الكبريت من منتوجات البترول بوساطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعه تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك. إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:

الخطوة الأولى $S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)}$

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

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

الخطوة الثالثة $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريبًا، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضًا بنسبة عالية إذا استُخدِم 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 بطيئًا، ورفع درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعل، ولكنها تقلل من الناتج.

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

التقويم 5-4

الخلاصة

- المردود النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عمليًا من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

30. الفكرة الرئيسة **حدد** أيٌّ مما يلي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي: المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟

31. **اذكر** عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.

32. **وضح** كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟

33. طبق إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):

$2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$

فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟

34. **احسب** نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

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

التقويم 5-4

30. نسبة المردود المئوية.

31. لا تستمر التفاعلات جميعها حتى النهاية. ففي بعض التفاعلات تلتصق كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة بسطح الوعاء بحيث لا توزن أو تنقل. كما أنه قد تنتج مواد غير متوقعة من بعض التفاعلات الجانبية.

32. يكون ذلك بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري والضرب في مئة.

33. 155.9g Fe_2S_3

34. نسبة المردود المئوية 87.9% من MgO

الهدف

سيتعلم الطلاب كيف تُستخدم قدرة فيروس HIV على التكيف، في معرفة عمل الأدوية الجديدة المتعلقة بعلاج هذا الفيروس.

الخلفية النظرية

تمنح الطفرات في التسلسل الجيني فيروس [HIV] مقاومةً للدواء؛ إذْ ليس لديه الحمض النووي DNA، بل يحتفظ هذا الفيروس بالمعلومات الجينية في الجزيء المرتبط بالحمض النووي RNA. وقد بحث العلماء في خريطة تسلسل لاكتشاف أي جزء من RNA يسيطر على كل جزء من الفيروس. وعندما تُكتشف الطفرات يستطيع العلماء تحديد أي جزء من الفيروس يتغير بالطفرة عند العودة إلى خريطة التسلسل الجينية.

استراتيجيات التدريس

- ناقش أمثلة لطفرات تعطي مقاومة مثل مقاومة الحشرات لمبيد الحشرات، والأعشاب لمبيد الأعشاب، ومقاومة المضاد الحيوي للأمراض التي تسببها البكتيريا.
- لقد شجع العلماء مقاومة PA – 457 بتقديم جرعة قليلة من العلاج. فلماذا لم تكن هذه الجرعة كبيرة؟ قد تقتل الجرعة الكبيرة الفيروسات ذات المقاومة الجزئية. قارن ذلك بالحاجة إلى إكمال جرعات العلاج من المضاد الحيوي لمنع بناء مقاومة البكتيريا.
- لاحظ الاختلاف بين الفيروس والبكتيريا: لا تتأثر الفيروسات بالمضادات الحيوية. دع الطلاب يكتشفوا سبب ذلك.

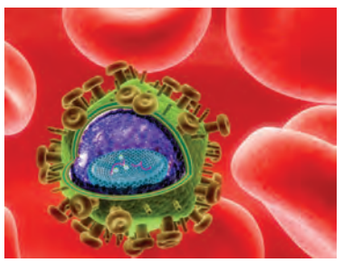
الكيمياء والصحة

محاربة السلالات المقاومة

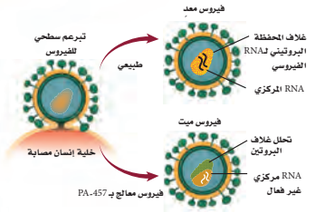
لقد تبين أن فيروس نقص المناعة عند الإنسان [HIV] الذي يسبب مرض الإيدز من ألد أعداء الطب الحديث، ولم يتم التوصل إلى علاجه حتى الآن. ويعود ذلك إلى قدرة هذا الفيروس الفائقة على التكيف؛ إذ تظهر السلالات المقاومة للأدوية من هذا الفيروس بسرعة؛ بحيث تصبح الأدوية الحديثة والمتطورة جميعها دون جدوى. وتُجرى بعض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

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

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



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



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 واحدًا من أوائل سلسلة الأدوية الجديدة لـHIV 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 علاجًا متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء مقاومة؛ لأن أي فيروس حي بحاجة إلى مناعة متعددة، على ألا تقل عن واحدة لكل دواء، ضد HIV . وهو غير محتمل الحدوث في الوقت نفسه.

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

الكتابة في الكيمياء

البحث ستتنوع الإجابات. يجب أن يجد الطلاب أن العلاقة بين الاستجابة لجرعة الدواء تتنوع من دواء لآخر. فبعض الأدوية يكون علاجها متوقعًا ولا يحتاج إلى مراقبة، ولكن بعضها الآخر يحتاج إلى مراقبة شديدة. يؤثر كل من المرض وعمر المريض وتفاعلات الدواء في مستوى فعالية الدواء بالنسبة للمريض. وعلاوة على ذلك، فإن بعض الأدوية تصبح سامة حتى ولو كانت قريبة من الجرعة الطبية المسموح بها، وهي بحاجة إلى مراقبة شديدة جدًا.

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المئوية

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، والاستنتاج، والقياس، وجمع البيانات وتفسيرها، واستخدام الأرقام، والمقارنة، وتطبيق المفاهيم.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الإطلاع على تعليمات السلامة في المختبر، وراجع معهم الاحتياطات التي ينبغي اتخاذها عند التعامل مع كبريتات النحاس (II) المائية والحديد قبل بدء العمل. ولأن كبريتات النحاس (II) سامة، لذا تأكد من ارتداء الطلاب معاطف المختبر والقفازات، ولبس النظارات الواقية. واطلب إليهم غسل أيديهم بالماء والصابون بعد الانتهاء من التجربة.

التخلص من النفايات

يمكن أن تُبخر محاليل كبريتات النحاس والحديد في خزانة الأبخرة حتى تجف، كما يمكن التخلص من المواد الصلبة في وعاء خاص فيها.

خطوات العمل

- تعد عملية زل (فصل) السائل تقنية جديدة في المختبر بالنسبة للطلاب. لذا دعهم يشاهدوا كيف يُسكب السائل من الدورق فوق ساق التحريك إلى دورق آخر ببطء.
- أخبر الطلاب أن فلز النحاس لا يلتصق بساق التحريك عندما يكون جافًا تمامًا.
- **حل المشكلات** ينبغي للحصول على نتائج أفضل استخدام برادة حديد غير مؤكسدة.

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المولية

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

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

المواد والأدوات اللازمة

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

احتياطات السلامة

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

خطوات العمل

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

حلّل 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 المئوية.
3. **قارن** بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عمليًا في الخطوة 2 (الحديد : للنحاس).
4. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.

حلّل واستنتج

1. $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + FeSO_4(aq)$; 2.30g Cu
2. 2.26 g Cu ،0.0356 mol Cu ،0.0362 mol Fe

   النسبة المولية = (1Cu:1.02 Fe)، نسبة المردود المئوية = 98.3%
3. نسبة الحديد إلى النحاس في المعادلة هي 1:1، وهي قريبة من النسبة الناتجة عن التجربة العملية.
4. لم يكن النحاس جافًا تمامًا، كما أنَّ بعض النحاس يتأكسد إذا سخن كثيرًا، وكان من الممكن خسارة بعض النحاس.

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

5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.

المفردات
- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

المفاهيم الرئيسة
- 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.

5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة يتطلب حل مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

المفاهيم الرئيسة
- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
- تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

5-3 المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسة يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

المفردات
- المادة الفائضة
- المادة المحددة للتفاعل

المفاهيم الرئيسة
- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستنفد تمامًا في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

5-4 نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسة نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

المفردات
- نسبة المردود المئوية
- المردود الفعلي
- المردود النظري

المفاهيم الرئيسة
- 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 عمليًّا من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

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

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

تعزيزًا لمعرفة الطلاب بمفردات الفصل، اطلب إليهم كتابة جملة واحدة لكل مصطلح منها.

استراتيجيات المراجعة

- يوضح الطلاب أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية. ض م
- يعد الطلاب قائمة بخطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية. ض م
- يوضح الطلاب تأثير المادة المحددة للتفاعل في مسائل الحسابات الكيميائية. ض م
- يوضح الطلاب نسبة المردود المئوية للتفاعل. ض م

يمكن للطلاب زيارة الموقع:

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- طلبًا للمزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن.

الفصل 5

5-1

إتقان المفاهيم

35. تُحدد النسب المولية بين المواد المتفاعلة والناتجة من المعاملات في المعادلة الموزونة. ولا يمكن تحديد هذه النسب إذا لم تكن المعادلة موزونة.

36. العلاقات بين عدد المولات، والكتل، وعدد الجسيمات، لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.

37. تسمح النسب المولية بتحويل عدد مولات مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة لعدد مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها.

38. $\frac{\text{عدد مولات B}}{\text{عدد مولات A}}$

39. توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات الممثلة المشتركة في التفاعل، في حين توضح الأرقام على الجانب الأيمن من الصيغ الكيميائية عدد الذرات لكل نوع من العناصر في الجزيء.

40. مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي دائماً مجموع كتل المواد الناتجة.

41. $1\text{mol } (NH_4)_2Cr_2O_7 / 1 \text{ mol } N_2$ ومعكوسها

$1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7 / 1 \text{ mol } Cr_2O_3$ ومعكوسها

$1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7 / 4 \text{ mol } H_2O$ ومعكوسها

42. $2M_2N \longrightarrow M_4 + N_2$

$1 \text{ mol } N_2 / 2 \text{ mol } M_2N,\ 1 \text{ mol } N_2 / 1 M_4$

$2 \text{ mol } M_2N / 1 \text{ mol } M_4,\ 2 \text{ mol } M_2N / 1 \text{ mol } N_2$

$1 \text{ mol } M_4 / 1 \text{ mol } N_2,\ 1 \text{ mol } M_4 / 2 \text{ mol } M_2N$

إتقان حل المسائل

43. $1 \text{ formula unit } SnO_2 + 2 \text{ atoms C} \rightarrow 1 \text{ atom Sn} + 2 \text{ molecules CO}$

$1 \text{ mol } SnO_2 + 2 \text{ mol C} \longrightarrow 1 \text{ mol Sn} + 2 \text{ mol CO}$

$150.71\text{g } SnO_2 + 24.02\text{g C} \rightarrow 118.71\text{g Sn} + 56.02\text{g CO}$

173.73g مواد ناتجة $= 174.73\text{g}$ مواد متفاعلة

44. $Cu_{(s)} + 4HNO_{3\,(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + 2NO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$1 \text{ mol Cu} / 4 \text{ mol } HNO_3$ ومعكوسها

$1 \text{ mol Cu} / 1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2$ ومعكوسها

$1 \text{ mol Cu} / 2 \text{ mol } NO_2$ ومعكوسها

$1 \text{ mol Cu} / 2 \text{ mol } H_2O$ ومعكوسها

$4 \text{ mol } HNO_3 / 1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2$ ومعكوسها

$4 \text{ mol } HNO_3 / 2 \text{ mol } NO_2$ ومعكوسها

$4 \text{ mol } HNO_3 / 2 \text{ mol } H_2O$ ومعكوسها

$1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2 / 2 \text{ mol } NO_2$ ومعكوسها

$1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2 / 2 \text{mol } H_2O$ ومعكوسها

$2 \text{ mol } NO_2 / 2 \text{ mol } H_2O$ ومعكوسها

5-1

إتقان المفاهيم

35. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟

36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحددها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

37. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

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

39. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

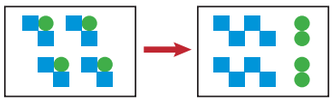
40. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

41. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$

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

42. يمثل **الشكل 10–5** معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام ابسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 10–5

إتقان حل المسائل

43. يتفاعل أكسيد القصدير IV مع الكربون وفق المعادلة:

$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$

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

44. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.

45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص (II) يترسب كلوريد الرصاص (II) وينتج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

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

46. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، ينتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟

حرارة $+ Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$

47. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي فلوريد السليكون و الماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبيّن كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

48. **الكروم** أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم $FeCr_2$.

$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$

ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

تقويم الفصل 5

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

50. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. **والجدول 2-5** يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحدد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.

$$W + X \rightarrow Y + Z$$

الجدول 2 -5 بيانات التفاعل

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

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

$$__ Mg(OH)_2 + __ HCl \rightarrow __ MgCl_2 + __ H_2O$$

a. زن معادلة التفاعل.

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

5-2

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

53. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟

54. ما القانون الذي ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

55. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟

56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

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

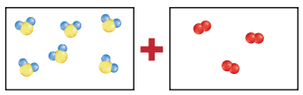
$$___ C_6H_{12}O_6 \rightarrow ___ C_2H_5OH + ___ CO_2$$

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

58. يمثل كل صندوق في **الشكل 11-5** 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. مستخدمًا الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 11-5

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

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$$

60. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$ حسب المعادلات الآتية:

$$3\ NaHCO_{3(aq)} + H_3C_6H_5O_{7(aq)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + Na_3C_6H_5O_{7(aq)}$$

ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol $NaHCO_3$ ؟

45.a $2HCl_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2\ HNO_{3(aq)}$

b. 2 molecules HCl + 1 formula unit $Pb(NO_3)_2 \rightarrow$ 1 formula unit $PbCl_2$ + 2 molecules HNO_3;

$2mol\ HCl + 1mol\ Pb(NO_3)_2 \rightarrow 1mol\ PbCl_2 + 2mol\ HNO_3$;

$72.9g\ HCl + 331.2g\ Pb(NO_3)_2 \rightarrow 278.1g\ PbCl_2 + 126.0g\ HNO_3$

كتلة المواد الناتجة g 404.1 = كتلة المواد المتفاعلة 404.1g

46. 1 mol Fe_2O_3 / 2 mol Fe

47.a $SiO_{2(s)} + 4HF_{(aq)} \rightarrow SiF_{4(g)} + 2H_2O$

b. يمكن للطالب أن يكتب أي (3) نسب من (12) نسبة. على أن يصف الشرح الاستخدام الصحيح للنسبة بوصفها معامل تحويل.

48. 1mol $FeCr_2$ /1mol $FeCr_2O_4$

49. 2mol $CaSO_4$ / 2 mol SO_2

50. $3W + X \rightarrow 2Y + 4Z$

51.a $Mg(OH)_2 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

b. 1 mol $MgCl_2$ /1 mol $Mg(OH)_2$

1 mol $MgCl_2$ /2 mol HCl

5-2

52. كتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

53. تعبّر المعادلة الموزونة عن العلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة. وتُستخدم المعاملات في المعادلة لكتابة النسب المولية التي تربط بين المواد المتفاعلة والناتجة.

54. تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة. تستخدم الحسابات لتحديد كتل المواد المتفاعلة والناتجة. ويجب أن يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة مجموع كتل المواد الناتجة، لتحقيق قانون حفظ الكتلة.

55. الكتلة المولية هي عامل التحويل من عدد مولات مادة مُعطاة إلى كتلة والعكس صحيح.

56. يجب أن تتوافر لديك المعادلة الكيميائية الموزونة وكمية مادة واحدة في التفاعل بالإضافة إلى معرفة المادة الناتجة التي تريد حساب كتلتها.

57. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

390 g C_2H_5OH

58.a $2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 2S(s)$

b. يجب أن تظهر رسوم الطلاب تشكُّل ستة جزيئات ماء وست ذرات كبريت.

59. 5.50 mol C_2H_2;

60. 0.0119 mol $Na_3C_6H_5O_7$

تقويم الفصل 5

61. **غاز الدفيئة** يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهوينطلق إلى الهواء عند احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2.

62. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص(II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص(II) ومحلول نترات البوتاسيوم.
   a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
   b. حدد كتلة كرومات الرصاص(II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

63. **وقود الصاروخ** يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_2 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقودًا 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؟

64. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g $CHCl_3$؟

65. **إنتاج الأكسجين** تستخدم وكالة الفضاء الروسية فائق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية. $4KO_2 + 2H_2O + 4CO_2 \rightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$
أكمل **الجدول 3–5**.

الجدول 3 -5 بيانات إنتاج الأكسجين

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

66. **وقود gasohol** عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

67. **بطارية السيارة**. يُستخدم في بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاصIV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاصII 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.

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

$$4Au_{(s)} + 8NaCN_{(aq)} + O_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 4NaAu(CN)_{2(aq)} + 4NaOH_{(aq)}$$

   a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.
   b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

69. **الأفلام**: تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذابًا في الجلاتين. وعند تعرّض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة منتجًا حبيبات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.

$$AgBr_{(s)} + 2Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_3Ag(S_2O_3)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$$

حدد كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ الناتجة عن إزالة 572.0 g من بروميد الفضة AgBr.

61. $2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$; 71.4 g C_8H_{18}

62. a. $K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$
   b. 80.8 g $PbCrO_4$

63. a. $N_2H_{2(l)} + H_2O_{2(l)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$
   b. 3.00×10^2 g N_2H_2

64. 6.72 g CH_4

65. كتلة KO_2 ≈ 1125 g ، كتلة H_2O ≈ 142 g، كتلة CO_2 ≈ 696.82 g، كتلة $KHCO_3$ ≈ 1590 g

66. $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$
191.0 g CO_2

67. a. $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
   b. 73.2 g $PbSO_4$

68. a. 50.2 g Au
   b. نسبة الذهب في الخام 33.5 %

69. 1221 g $Na_3Ag(S_2O_3)_2$

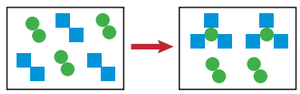
5-3

إتقان المفاهيم

70. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحددة للتفاعل؟

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

72. تمثل المربعات في **الشكل 12–5** العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 12–5

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 N و M التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

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

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

إتقان حل المسائل

73. يوضح **الشكل 13–5** التفاعل بين الإيثاين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المُحدِّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.

الشكل 13–5

74. **بطارية نيكل – حديد**: اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل–حديد. وتمثل المعادلة التالية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

$$Fe_{(s)} + 2NiO(OH)_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)} + 2Ni(OH)_{2(aq)}$$

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

75. 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 سابع فلوريد الزينون.

$$CsF_{(s)} + XeF_{6(s)} \rightarrow CsXeF_{7(s)}$$

76. **إنتاج الحديد** يستخرج الحديد تجاريًا 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؟

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

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

78. **البطارية القلوية**: تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة التالية:

$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + Mn_2O_{3(s)}$$

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

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

5-3

إتقان المفاهيم

70. تتم مقارنة النسب المولية من المعادلة مع النسب المولية المحسوبة من الكميات المعطاة.

71. الكتلة لا تحدد المادة المحددة للتفاعل وإنما عدد المولات فقط. المادة المحددة هي المادة التي تنتج أقل عدد من مولات الناتج.

72. a. $3M_2 + N_2 \rightarrow 2M_3N$

b. 6 mol من ذرات العنصر M (في صورة 3 mol من M_2)، وكذلك 6 mol من ذرات العنصر N، (3 mol من N_2).

c. نتج 2mol من M_3N وتبقى 2 mol من N_2 غير متفاعلة(ما مجموعه 4 mol من ذرات العنصر N).

d. M_2 المادة المحددة للتفاعل، و N_2 المادة الفائضة.

إتقان حل المسائل

73. الهيدروجين هو المادة المحددة للتفاعل؛ الإيثاين هو المادة الفائضة. تبقى مول واحد من الإيثاين دون تفاعل.

74. 4.0 mol $Fe(OH)_2$

75. 10.0 mol $CsXeF_7$

76. 1117 g Fe

77. Cl_2 هو المادة المحددة للتفاعل، في حين أن P_4 هو المادة الفائضة.

78. a. MnO_2 هو المادة المحددة.

b. 17.1g $Zn(OH)_2$

تقويم الفصل 5

79. يتفاعل الليثيوم تلقائيًّا 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 المُحدِّدة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

5-4

إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

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

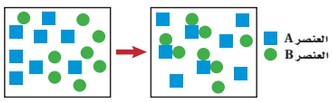
82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

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

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

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

86. تفحص التفاعل الظاهر في **الشكل 14–5**. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 14–5

إتقان حل المسائل

87. **الإيثانول** (C_2H_5OH): ينتج عن تخمر السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ مع وجود الإنزيمات.

$$C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(g)} \rightarrow 4C_2H_5OH_{(l)} + 4CO_{2(g)}$$

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

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

$$PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2(g)}$$

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

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

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج لينتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة التالية:

$$SiO_{2(s)} + 6HF_{(aq)} \rightarrow H_2SiF_{6(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

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

a. ما المادة المُحدِّدة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

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

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

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

79. $2Li(s) + Br_2(l) \rightarrow 2LiBr(s)$

a. Br_2

b. 27.1 g LiBr

c. الليثيوم، 22.8 g Li

5-4

إتقان المفاهيم

80. المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي عمليًّا، وأما المردود النظري فهو الكمية المتوقع الحصول عليها من خلال الحسابات الكيميائية.

81. يتحدّد المردود الفعلي من خلال التجربة، أما المردود النظري فيتم حسابه من خلال مادة متفاعلة معطاة أو المادة المُحدّدة للتفاعل.

82. لا، لا يمكن أن تنتج أكثر من المردود النظري والذي يتم تحديده من المواد المتفاعلة.

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

84. كمية إحدى المواد المتفاعلة والمردود الفعلي لمادة ناتجة.

85. كتلة إحدى المواد المتفاعلة والكتلة الفعلية لهيدروكسيد الفلز الناتج.

86. لا يستمر التفاعل حتى النهاية. وباستخدام مربعات لتمثيل العنصر A ودوائر لتمثيل العنصر B، بداية ينتج 4 جسيمات من AB_2، لكن حقيقة ما نتج هو ثلاث فقط. هناك جسيمات غير متفاعلة من B و A لإنتاج جسيم آخر من AB_2. لذا فنسبة المردود المئوية تساوي 75%.

إتقان حل المسائل

87. المردود النظري: 369 g C_2H_5OH

نسبة المردود المئوية = 94.6 %

88.a. $2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2$

المردود النظري 186.6 g

b. نسبة المردود المئوية = 37.5 %

89.a. HF المادة المحددة للتفاعل.

b. SiO_2 المادة الفائضة، 20.0 g

c. المردود النظري = 48.0 g H_2SiF_6

d. نسبة المردود المئوية لـ H_2SiF_6 = 95.4%.

90. المردود النظري = 103.4 g.

نسبة المردود المئوية = 94.4 %

91. كتلة $CH_3OH(l)$ = 9.71 g

تقويم الفصل 5

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

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$$

إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل **الجدول 4-5**، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول

	CO(g)	$CH_3OH(l)$
الكتلة	8.50 g	
الكتلة المولية	28.01 g/mol	32.05 g/mol
عدد المولات		

92. الفوسفور P_4: يُحضَّر تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، والرمل SiO_2، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:

$$2Ca_3(PO_4)_{2(s)} + 6SiO_{2(s)} \rightarrow 6CaSiO_{3(l)} + P_4O_{10(g)}$$

$$P_4O_{10(g)} + 10C_{(s)} \rightarrow P_{4(g)} + 10CO_{(g)}$$

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

93. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقًا للمعادلة الموزونة التالية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

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) .

مراجعة عامة

94. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس CuS II ؟

95. عند تسخين أكسيد النحاسII مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟

96. تلوث الهواء يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

97. التحليل الكهربائي: حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية لغاز الهيدروجين إذا تم تحليل 36.0 g من الماء كهربائيًّا لإنتاج 3.80 g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

التفكير الناقد

98. حلّل واستنتج: تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟

99. لاحظ واستنتج: حدد ما إذا كان أي من التفاعلات التالية يعتمد على المادة المُحدِّدة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

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

عدد مولات $CO(g)$ = 0.303 mol

عدد مولات $CH_3OH(l)$ = 0.303 mol

نسبة المردود المئوية = 87.7%

92. المردود النظري= 49.92 g

نسبة المردود المئوية = 90.1%

93. المردود النظري = 24.3 g.

نسبة المردود المئوية = 82.3%

مراجعة عامة

94. 2 mol NH_4NO_3 / 1 mol CuS

95. 25.6 g Cu

96. a. $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

b. 2 mol NO_2 / 2 mol NO

97. المردود النظري= 4.04 g H_2

نسبة المردود المئوية = 94.1%

التفكير الناقد

98. لا، لا يمكن أن يكون الناتج المئوي أكبر من 100%. وإذا كانت النتائج كبيرة فذلك يعني أن النواتج لم تجفف بشكل تام أو أنها ملوثة بمواد أخرى.

99. a. لا، وذلك بسبب وجود مادة متفاعلة واحدة.

b. نعم، وذلك بسبب وجود مادتين متفاعلتين، ولكن لا تتوافر معلومات كافية لمعرفة المادة المحددة.

تقويم الفصل 5

100. **طبق**: أجرى الطلاب تجربة للملاحظة المواد المُحدِّدة 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 كلًّا منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في **الجدول 5–5** على النحو التالي:

جدول 5-5 بيانات تفاعل $Co(NO_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $CO(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة $CO(NO_3)_2$
1	5.0 ml	10.0 ml	راسب أرجواني	لا يوجد راسب
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 المُحدِّدة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

101. **صمم تجربة** لتحديد نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس(II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس(II) المائية لإزالة الماء.

102. **طبق**: يمكنك إعادة اشعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتمادًا على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

مسألة تحفيز

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

a. حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسيدين.

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

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

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

105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر التالية:

a. الفلور

b. التيتانيوم

c. الألومنيوم

d. الرادون

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

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

100. a. $2Na_3PO_4(aq) + 3Co(NO_3)_2(aq) \rightarrow Co_3(PO_4)_2(s) + 6NaNO_3(aq)$

b. التجربة رقم 1: المادة المحددة هي Na_3PO_4 والمادة الفائضة هي $Co(NO_3)_2$

التجارب 2 –4: المادة المحددة هي: $Co(NO_3)_2$ والمادة الفائضة هي $Na_3(PO_4)$

101. أحضر وعاء تبخير واحسب كتلته، وأضف 2.00 g من كبريتات النحاس (II) المائية وسجل كتلة الوعاء والكبريتات المائية معًا. سخن الوعاء على لهب خافت مدة 5 min، ثم سخِّن بشدة مدة 5 min أخرى وذلك لتبخير الماء. دع الوعاء يبرد ثم سجل الكتلة الجديدة. احسب كتلة الكبريتات اللامائية مستخدمًا المعادلة التالية: $CuSO_4.5H_2O \rightarrow CuSO_4 + 5H_2O$ بالإضافة إلى كتلة الكبريتات المائية قبل التسخين، ثم أوجد المردود النظري لكبريتات النحاس. احسب كذلك المردود الفعلي للكبريتات اللامائية. اقسم المردود النظري على المردود العملي (الفعلي) واضرب ناتج القسمة في 100% لحساب نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس اللامائية.

102. عندما يتحرك الهواء فوق اللهب، تزداد كمية الأكسجين المضافة وبالتالي يحترق الفحم.

مسألة تحفيز

103. a. VO_2 ، V_2O_5

b. $V_2O_5 + H_2 \rightarrow 2VO_2 + H_2O$

$VO_2 + 2H_2 \rightarrow V + 2H_2O$

c. 0.532 g H_2

مراجعة تراكمية

104. إنها فرضية، لأنها مبنية على الملاحظة فقط لا على البيانات.

105. a. $[He]\ 2s^2\ 2p^5$

b. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^2$

c. $[Ne]\ 3s^2\ 3p^1$

d. $[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6$

106. تصل جزيئات اللافلزات الغازية للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل بتكوين روابط تساهمية بين ذرتين، أما الغازات الأخرى الأحادية الذرة فلديها التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

107. $4K(s) + O_2(g) \rightarrow 2K_2O(s)$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

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

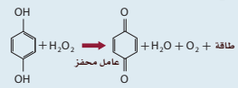
109. عملية هابر تعد نسبة المردود المئوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُمّمت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

أسئلة المستندات

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكونين $C_6H_4(OH)_2$.

وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلا كيميائيًّا طاردًا للحرارة ورذاذًا كيميائيًّا ساخنًا مهيجًا لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.

ويوضح **الشكل 15–5** المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 15–5

110. زن المعادلة الظاهرة في **الشكل 15–5**. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الهيدروكونين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأي المادتين محدِّدة للتفاعل؟

111. ما السيادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالملجرام؟

112. كم mg ينتج من البنزوكوينين؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

108. ستتنوع الإجابات. الملوّثات الشائعة هي NO_2 وNO و SO_2 و O_3. تحقق من الحسابات الكيميائية، وأنها تسبّب انخفاضًا في الملوِّثات.

109. ستتنوع الإجابات. تأكد من وجود المعادلة التالية:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 92kJ$$

كان هدف عملية هابر التحكم في التفاعل، لذا فإن كمية كبيرة من النواتج المفيدة أنتجت بسرعة. وكان للعملية أهمية كبيرة؛ لأنه يمكن التوصل من خلال ذلك إلى مركّب نيتروجيني يمكن إنتاجه بكميات كبيرة.

110. المادة المحددة للتفاعل هي H_2O_2

111. $C_6H_4(OH)_2$ ، 19.1 mg

112. 79.4 mg

أسئلة الاختيار من متعدد

1. d
2. a
3. b
4. b
5. d
6. c
7. b
8. b

اختبار مقنن

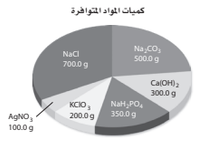
أسئلة الاختيار من متعدد

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

a. النسب المولية الثابتة **c.** ثابت أفوجادرو

b. قانون حفظ الطاقة **d.** قانون حفظ المادة

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 4.



2. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$$

ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

a. 18.0g **b.** 37.3g **c.** 74 g **d.** 100.0 g

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

$$Na_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + CaCO_3$$

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

a. 4.050 mol **c.** 4.720 mol

b. 8.097 mol **d.** 9.430 mol

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

$$2\ NaH_2PO_{4(s)} \rightarrow Na_2H_2P_2O_{7(s)} + H_2O_{(g)}$$

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

a. 0.000g **c.** 94.00 g

b. 130.0 g **d.** 480.0 g

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

$$2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

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% **c.** 42.5%

b. 56.6% **d.** 86.8%

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

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

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

7. أي مجالات الطاقة الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

a. S **b.** p **c.** D **d.** f

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_2TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركب؟

a. 2.39×10^{1} mol

b. 3.10×10^{-2} mol

c. 3.22×10^{1} mol

d. 4.17×10^{-2} mol

e. 2.28×10^{-2} mol

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

9. يشتعل $(CH_3)_2N_2H$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

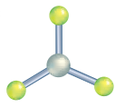
$$(CH_3)_2N_2H_{2(l)} + 2\,N_2O_{4(l)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

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

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.

a.

b.



c.

d.

e.

10. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

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

12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

13. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

14. أي الأشكال يمثل جزيئًا فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة

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

15. مثّل البيانات السابقة بيانيًّا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

16. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

أسئلة الإجابات القصيرة

9. 27 mol N_2

10. a

11. c

12. e

13. d

14. b

أسئلة الإجابات المفتوحة

15. يجب أن تمثل البيانات علاقة خطية تقريبًا مع قليل من الحواف المتعرجة.

16. تزداد طاقة التأين بالانتقال عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين) أو من أسفل إلى أعلى في مجموعات الجدول الدوري. لعناصر المجموعة الأولى والثانية 1 أو 2 من إلكترونات التكافؤ وهي نسبيًّا سهلة الفقد؛ لأنه ينتج عن ذلك مجالاً خارجيًّا مكتملاً. أما عناصر الجانب الأيمن من الجدول الدوري فلها طاقة تأين عالية؛ لأن الغلاف الخارجي لها ممتلئ تقريبًا ممّا يجعلها أكثر قدرة على اكتساب عدد من الإلكترونات بدلاً من فقدانها.

المخطط التنظيمي للفصل 6 : حالات المادة States of Matter

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

القسم	أهداف القسم
6-1 الغازات **الفكرة الرئيسة** تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًا دائمة الحركة.	1. يستخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات. 2. يصف تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق. 3. يوضح كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزئي له.
6-2 قوى التجاذب **الفكرة الرئيسة** تحدّد القوى بين الجزيئات -ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والرابطة الهيدروجينية- حالةَ المادة عند درجة حرارة معينة.	1. يصف القوى الجزيئية. 2. يقارن بين القوى بين الجزيئية.
6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة **الفكرة الرئيسة** لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.	1. يقارن بين ترتيب الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة. 2. يصف العوامل التي تؤثر في اللزوجة. 3. يفسّر العلاقة بين وحدة البناء والشبكة البلورية.
6-4 تغيرات الحالة الفيزيائية **الفكرة الرئيسة** تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.	1. يفسّر كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية. 2. يفسّر مخطط الحالة الفيزيائية.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 6 / حالات المادة (7 حصص)					
القسم	6-1	6-2	6-3	6-4	التقويم
عدد الحصص	2	1	2	1	1

مصادر تقويم التعلم	المواد الإثرائية الداعمة	المواد والأدوات المختبرية
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 53، 55، 57 تقويم القسم، صفحة 59	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 40 ض م شريحة التركيز رقم 20 د م شريحة التعليم رقم 17 ض م	**تجربة استهلالية** صفحة 49 مخبار مدرج سعته 100 ml، ماء، مسطرة، ساعة إيقاف، زيت ذرة، كرات زجاجية صغيرة. **الزمن** 15 دقيقة **عرض سريع** صفحة 15 قمع، كأس سعته 500 ml، ماء. **الزمن** 10 دقائق
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 61، 62 ماذا قرأت؟ صفحة 61، 62، 63 تقويم القسم، صفحة 64	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 42 ض م شريحة التركيز رقم 21 د م	**عرض سريع** صفحة 60 رباط أحذية من النوع اللاصق عدد 2 بأطوال مختلفة. **الزمن** 10 دقائق
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 71، 72، 74 ماذا قرأت؟ صفحة 68، 70، 73 تقويم القسم، صفحة 74	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 43 ض م شريحة التركيز رقم 22 د م شريحة مهارات الرياضيات رقم 10 ض م	**عرض سريع** صفحة 68 كأس سعته 250 ml، ماء، قطع نقد معدنية، كحول طبي. **الزمن** 10 دقائق **تجربة** صفحة 73 ورق مقوى ، شريط لاصق ، مقصات. **الزمن** 15 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 77 ، 79 تقويم القسم، صفحة 78 اختبار الرسم البياني، ص 76 ، 79 ، 80 تقويم القسم، ص 80 **تقويم ختامي** تقويم الفصل صفحة 85	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 44 ض م شريحة التركيز رقم 23 د م شريحة التعليم رقم 18 ض م	**مختبر الكيمياء** صفحة 82 ماء مقطر، إيثانول، كحول أيزوبروبيل، أسيتون، أمونيا منزلية، قطارات، أكواب بلاستيكية صغيرة، قلم رصاص للكتابة على الزجاج، شريط لاصق، قلم تخطيط، منشفة ورقية، ورق شمع، ساعة إيقاف. **الزمن** 45 دقيقة

الفصل 6

الفكرة العامة

نظريـة الحركة الجزيئية لتقديم الفكـرة العامة لهذا الفصل اسـأل الطـلاب عـمّا يتذكرونـه عـن نظريـة الحركـة الجزيئية في ضوء دراسـتهم السابقة. سـتتنوع الإجابات. اكتب الإجابات الصحيحـة على السـبورة، وصحح المفاهيم الخاطئـة لديهم. ثم اسـأل أحـد الطلاب أن يعدد الحـالات الفيزيائيـة الأربع للمادة الصلبة والسـائلة والغازية والبلازمـا، ووضح للطلاب أن هذا الفصل سـيتناول فقط شرح الحالات الفيزيائيـة الثلاث للمادة: الصلبة والسائلة والغازية.

الربط مع المعرفة السابقة

كلّـف الطلاب مراجعـة المفهومين التاليين قبل البدء في دراسـة هذا الفصل:

الكثافة

الخصائص الفيزيائية

استعمال الصورة

ميزان اليود لقياس الحرارة اسأل الطلاب: ماذا تظهر الدوائر في صورة الفصل؟ مقياس حرارة من اليود. ثم اسأل: لماذا تبدو للمقاييـس ظلال أرجوانيـة مختلفة؟ أخذت الصـور في أوقات مختلفـة من النهار حيـث كانت درجات الحرارة مختلفة. واسـأل أيضًـا: مـا الـذي يجعل لـون مقياس الحـرارة في الصبـاح الباكر أرجوانيًّا فاتحًا في حين يصبح لونه أرجوانيًّا غامقًا عند سـاعات الظهـيرة؟ درجـات الحـرارة مرتفعة عنـد سـاعات الظهيرة مما أدى إلى زيـادة في تحـول اليود الصلـب إلى الحالة الغازية فأصبح لـون مقيـاس الحرارة أرجوانيًّـا بصورة أغمق مـما كان عليه عند ساعات الصباح الباكر. واسألهم كذلك: ما الوعاء المستخدم في مقياس اليود للحرارة في الصورة؟ دورق زجاجي كروي محكم الإغـلاق. واطلب إليهم أن يدققوا النظـر فيما إذا كان بإمكانهم رؤية فوهة الدورق.

تجربة استهلالية

كيف تؤثر السوائل المختلفة في سرعة كرة تتحرك فيها؟

تختلف السوائل في خواصها الفيزيائية؛ من حيث اللون والكثافة وسرعة الانسياب وغيرها. فمثلًا عصير المشمش، والعسل، وبعض الزيوت أنها ثقيلة؛ إذ لا تنساب بسهولة مقارنة بالماء.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. املأ مخبارًا مدرّجًا بـ **100 ml** من الماء.
3. ثبت بمساعدة زميلك مسطرة رأسيًا إزاء المخبار، ثم أسقط **كرة زجاجية صغيرة** (أو أي جسم كروي صغير) من النقطة المحدّدة على المسطرة فوق سطح الماء. استعن **بساعة الإيقاف** لحساب الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى قاع المخبار. 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.

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 سكبه.

استقصاء كيف تؤثر درجة حرارة السائل في سرعة الكرة المتحركة فيه؟ كوّن فرضية، ثمّ صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

المطويات منظمات الأفكار

حالات المادة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تلخيص المعلومات عن حالات المادة الثلاث.

خطوة 1 اثنِ ورقة عند منتصفها طوليًا، على أن تكون الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية 2 cm تقريبًا.

خطوة 2 اطوِ الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.

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

خطوة 4 سمِّ الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: غازية، سائلة، صلبة.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسمين 3–6** **1–6**، ولخص المعلومات عن حالات المادة الثلاث كلًّا منها تحت العنوان المناسب لها في أثناء قراءتك لهذين القسمين.

الكيمياء والمواقع الالكترونية
لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:
www.obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

الهدف سيلاحظ الطلاب لزوجة بعض السوائل.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب تعبئة نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

التخلص من الفضلات لا تسكب الزيت في أماكن تصريف المياه، بل اجمع عينات الزيت في وعاء، وضعها في سلة النفايات.

استراتيجيات التدريس على الطلاب أن يسجلوا زمن حركة الكرة في السائل بسرعة. لذا اطلب إليهم الاستعداد لتسجيل الزمن قبل إسقاط الكرة.

النتائج المتوقعة معدل سرعة حركة الكرة في الزيت هو الأبطأ.

التحليل

1. يجب أن يكون متوسط زمن حركة الكرة في الماء أقل من متوسط زمن حركة الكرة في الزيت.
2. بما أن مقاومة تدفق الزيت أكبر (لزوجة أكبر) من الماء لذا فإن زمن حركة الكرة في الزيت أكبر من زمن حركة الكرة في الماء.

استقصاء تقل مقاومة التدفق (اللزوجة) بزيادة درجة الحرارة فيقل الزمن الذي تستغرقه حركة الكرة في السائل أيضًا. ستتنوع تصاميم التجارب.

6-1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (20) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الجسيمات والغازات أحضر إلى الصف كرة بلاستيكية يمكن نفخها، واطلب إلى أحد الطلاب أن يفسر ما يحدث داخل الكرة عند إدخال جزيئات الهواء إليها. تقبل الإجابات المنطقية جميعها. تتحرك جزيئات الهواء بصورة عشوائية وفي الاتجاهات كلها، كما تؤثر بقوة في السطح الداخلي للكرة. ثم اسأل: ماذا يحدث عند إدخال جزيئات أكثر وأكثر من الهواء؟ تنتج جزيئات الهواء المزيد من الضغط على جوانب الكرة بزيادة كمية الهواء داخلها. املأ الكرة جزئيًّا، ثم اسأل: هل جزيئات الهواء قابلة للانضغاط؟ نعم. وهل يمكنهم التفكير في شيء آخر يحتوي على هواء مضغوط؟ من الإجابات المحتملة علب معطر الجو وعلب مزيل رائحة العرق. ض م

2. التدريس

الخلفية النظرية للمحتوى

جنسية العلماء العالمان اللذان طوّرا نظرية الحركة الجزيئية ينتميان إلى بلدين مختلفين؛ إذ كان لودويغ بولتزمان نمساويًّا، في حين كان جيمس ماكسويل أسكتلنديًّا.

■ **إجابة سؤال النص** تقبل الإجابات المنطقية جميعها، على أن تتضمن الإجابات الصحيحة تفاصيل استخدام نظرية الحركة الجزيئية.

6–1

الأهداف

- **تستخدم** نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
- **تصف** تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق.
- **توضح** كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزئي له.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية: الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

نظرية الحركة الجزيئية
التصادم المرن
درجة الحرارة
الانتشار
قانون جراهام للتدفق
الضغط
البارومتر
باسكال
الغلاف الجوي
قانون دالتون للضغوط

الغازات Gases

الفكرة الرئيسة **تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكوّن من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.**

الربط مع الحياة إذا نمتَ على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك شعرت بالدفء والراحة عندما استخدمت المرتبة التي اكتسبت خصائصها من خصائص جسيمات الهواء التي ضُغطت في داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية
The Kinetic–Molecular Theory

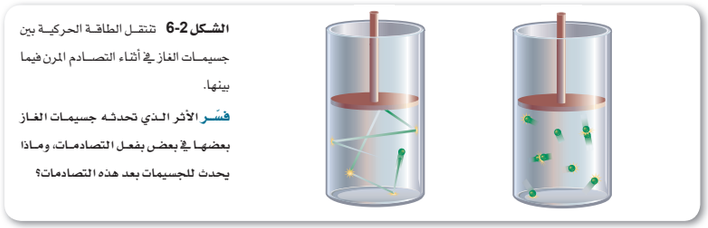
لقد تعلمت سابقًا أن تركيب المادة (نوع الذرات المكونة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان الخصائص الكيميائية للمادة، كما أنهما يؤثران في خصائصها الفيزيائية أيضًا. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزئبق، كما هو موضّح في **الشكل 1–6**. وعلى النقيض من ذلك تبدي المواد التي تكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها. فلماذا توجد اختلافات يسيرة بين سلوكات 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 وماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م –كل منهما على حدة – نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها التي اختبرها بولتزمان وماكسويل 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.

الشكل 1-6 يمكن التمييز بين بعض المواد بمجرد النظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ذكّر الطلاب أن الطاقة الحركية تتناسب طرديًّا مع كتلة الجسم وسرعته. فقد يكون حجم الجسم ضخمًا كالطائرة أو صغيرًا كالجسيمات المكوّنة للذرة. وذكّرهم أن العلاقة الرياضية لتحديد الطاقة الحركية للجسم هي $KE = 1/2\ mv^2$. د م



الشكل 2-6 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 حجوم صغيرة جدًّا مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها.

حركة الجسيمات إنّ حركة جسيمات الغاز مستمرة وعشوائية، وتتحرك في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، كما يبين **الشكل 2-6**. 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 لجسيمات عينة من غاز معين الكتلة نفسها، إلاّ أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك ليس لها كمية الطاقة الحركية نفسها. ولذا تستخدم **درجة الحرارة** مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة.

تفسير سلوك الغازات Explaining the Behavior fo Gases

تساعد نظرية الحركة الجزيئية على تفسير سلوك الغازات؛ إذ تسمح حركة الجسيمات الدائمة مثلاً للغاز أن يتمدد حتى يملأ الوعاء الموجود فيه تمامًا، كما يحدث عند ملء كرة بالهواء، أو عند نفخ بالون بالهواء، حيث تنتشر جسيمات الغاز، وتتوزع لتملأ الوعاء كله.

كثافة منخفضة تذكر أن الكثافة هي كتلة الجسم في وحدة الحجم، وأن كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 20°C تساوي (2.95×10^{-3} g/ml)، وكثافة الذهب الصلب تساوي (19.3 g/ml). لذا فإن كثافة الذهب تزيد على كثافة الكلور 6500 مرة تقريبًا. ولا يعود هذا الفرق الكبير بين الكثافتين إلى الاختلاف بين كتلة ذرات الذهب وجسيمات الكلور فقط، بل على وجود فراغ كبير بين جسيمات الغاز أيضًا، 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.

عرض سريع

الإزاحة ضع قمعًا مقلوبًا فوق سطح ماء في كأس، وادفع جزأه المخروط داخل الماء مع بقاء ساق القمع مفتوحًا. واطلب إلى الطلاب تفسير ما يحدث. يتحرك الماء إلى داخل القمع ويؤدي إلى إزاحة الهواء. أغلق ساق القمع المفتوح بإصبعك في أثناء دفعك الجزء المخروط داخل الماء، واسأل الطلاب أن يفسروا النتائج. تتحرك كمية قليلة من الماء فقط داخل القمع، وذلك بسبب إغلاق ساق القمع المفتوحة مما يمنع إزاحة جسيمات الهواء بوساطة الماء. لقد أُجريت هذه التجربة أول مرة قبل مئات السنين لإثبات أن الهواء ليس فراغًا. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 2-6** بين التصادمات، لا تتأثر جسيمات الغاز بأي قوى تجاذب أو تنافر ملحوظ، وذلك لأنها متباعدة جدًّا بعضها عن بعض. وعندما تتصادم جسيمات الغاز يكون هذا التصادم مرنًا وتبقى الطاقة الحركية الكلية ثابتة.

مشروع الكيمياء

بولتزمان وماكسويل اطلب إلى الطلاب البحث عن كل من لودويغ بولتزمان وجيمس ماكسويل اللذين أدت أبحاثهما عن الغازات إلى تطوير نظرية الحركة الجزيئية. واطلب إليهم كتابة تقرير يتضمن ملخصًا لمساهمة كل منهما، وتقويم أيهما كان له المساهمة الأقوى في النظرية؟ ض م

إثراء

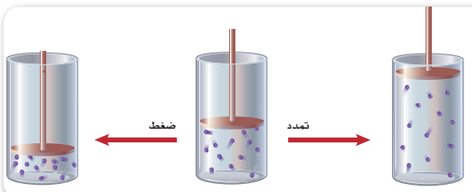
سـرعة التدفـق دع الطـلاب يعملـوا في مجموعـات ثلاثية أو رباعيـة، واطلـب إلى كل مجموعة حسـاب نسـبة سرعـة التدفق لأزواج مختلفة من الغازات النبيلة. ض م تعلم تعاوني

■ **إجابة سـؤال الشـكل 3–6** تقل كثافة الجسيمات من اليسار إلى اليمين لأن كمية الفراغ تزداد.

■ **إجابـة سـؤال النص** تتدفق جسـيمات الغاز ويفرغ الجسـم بسبب خروج الجسيمات.

الخلفية النظرية للمحتوى

التدفق يتضمـن التعريف الكامل للتدفـق مفهوم الانتقال من منطقـة الضغـط العـالي إلى منطقـة الضغـط المنخفض، وسـيتم شرحه عند دراسة موضوع الضغط.



الشكل 3-6 إن تمدّد 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 لأنّ المسافة بين الجزيئات كبيرة جدًا، 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 وفقًا لنظرية الحركة الجزيئية، ونظرًا 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 متساويًا.

يصف **الانتشار** حركة تداخل المواد معًا، وقد يكون هذا المصطلح حديثًا، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيه في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عال (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي أرجاء المنزل).

أما التدفق فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير. فما الذي يحدث مثلًا 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 وكتلة الغاز المولية.

قانون جراهام للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

قانون جراهام:

$$\text{معدل التدفق} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{الكتلة المولية}}}$$

يتناسب معدل انتشار أو تدفق الغاز عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية له.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى يجد بعض الطلاب أنه من السهل حل المسائل باستخدام قانـون جراهـام للتدفـق إذا توقعـوا الجـواب في البداية، ثـم قارنوا بين إجاباتهم المحسوبة والمتوقعة. مثال: إذا تم إعطاؤهم معدل سرعة تدفق الهيدروجين وطُلب إليهم حساب معدل سرعة تدفق الكلور باستخدام معدل سرعـة تدفق الهيدروجين فعليهم في البداية أن يقارنوا بين الكتل المولية لـكل من الهيدروجين والكلور. وعندما يجـدون أن كتلة الكلور أكـبر من كتلـة الهيدروجـين فسـوف يتوقعـون أن معدل سرعـة تدفق الكلور أقل كثيرًا من الهيدروجين. د م

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 أيضًا 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؟ **وضح** 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 36.0 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

الكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين HCl 36.0 g/mol

الكتلة المولية للأمونيا NH_3 = 17.0 g/mol

المطلوب

نسبة معدل الانتشار = ؟

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

HCl = 36.5 g/mol

والكتلة المولية لـ NH_3 17.0 g/mol

$$= \sqrt{\frac{36.5\ \text{g/mol}}{17.0\ \text{g/mol}}} = 1.47$$

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 ألغى بعضها بعضًا. وتكتب الإجابة في صورة صحيحة دون أي وحدة قياس.

مسائل تدريبية

1. احسب نسبة معدل التدفق لكل من النيتروجين N_2 والنيون Ne.
2. احسب نسبة معدل الانتشار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
3. **تحفيز** ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol/min ؟

دفتر الكيمياء

تطبيق مفهوم الضغط اطلب إلى الطلاب كتابة الأسئلة الآتية والإجابة عنها من خلال دراستهم للقسم 1–6.

1. لماذا يكون الدوس على مسمار واحد أكثر إيلامًا من النوم على سرير من المسامير؟ عند النوم على سرير من المسامير تتوزع القوة الناتجة عن كتلتك على مساحة أكبر من حالة دوس القدم على مسمار واحد، فتشعر بضغط أقل، وعليه تحس بألم أقل عند كل نقطة.
2. لماذا تستطيع التزلج على الثلج الكثيف، في حين تغوص قدماك فيه وأنت تنتعل الحذاء؟ عند استخدامك ألواح التزلج تتوزع القوة الناتجة عن كتلتك على مساحة أكبر، لذا يقل الضغط على أي نقطة فوق الثلج. ض م

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب إعداد تقرير يقارنون فيه بين سرعة انتشار المواد المكوّنة للعطور المختلفة. واقترح عليهم أن يتضمن: المشكلة، والأهداف، والمواد والأدوات، وإجراءات السلامة في المختبر، وخطوات العمل، وتجميع البيانات وتحليلها. ض م

ماذا قرأت؟ تنتشر الجسيمات الخفيفة بسرعة أكبر من الجسيمات الثقيلة لأنها تحتاج إلى طاقة أقل للحركة.

مثال في الصف

السؤال احسب معدل سرعة كل من تدفق الهيليوم والأرجون.

الإجابة 3.159

مسائل تدريبية

1. $R_N / R_{Ne} = 0.849$
2. 1.25
3. 2.5 mol/min

الرياضيات في الكيمياء

الجذور التربيعية ذكّر الطلاب بأن استخدام قانون جراهام في حل مسائل العلاقة بين الكتل المولية للغازات وسرعة تدفقها يتضمن استخدام الجذور التربيعية؛ وذلك لأن الكثير من الطلاب لا ينتبهون إلى رمز الجذر التربيعي ويحلون المعادلة في صورة تناسب طردي بسيط.

استخدام المفردات العلمية

درجة الحرارة والضغط اطلب إلى الطلاب كتابة تعريف كل من درجة الحرارة والضغط، ثم كتابة جمل تتضمن هذه المفردات. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 4–6** عند الكعب؛ لأن مساحته أقل.

الخلفية النظرية للمحتوى

الغوص بنفس واحد لقد أشارت سجلات يعود تاريخها إلى 4500 سنة قبل الميلاد إلى أن سكان "مسبوتاميا" كانوا يغوصون إلى الأعماق وبنفس واحد للبحث عن أمهات اللؤلؤ الثمينة. وقد تحولت هذه العملية (الغوص الحر) إلى مسابقة لمعرفة من له القدرة على الغوص إلى أعمق مسافة. وقد سجل الغواص الكوبي فرانسيسكو بايين فيريراس Francisco Pipin Ferreras، في 18 يناير 2000م، رقمًا قياسيًا جديدًا في الغوص إلى عمق 162 m والعودة إلى السطح بعد 3.2 min، حيث يعادل ضغط الماء الواقع على الجسم عند هذا العمق وزن فيل بالغ يقف على قدم واحدة.

الشكل 4-6 لأن العلاقة عكسية بين الضغط والمساحة، فإن الأحذية ذات الكعب العالي تعمل على زيادة الضغط الواقع على السطح؛ لأن مساحة الكعب الملامسة للأرض صغيرة، بينما تتوزع قوة الضغط في الأحذية ذات النعل المسطح على مساحة أكبر.

استنتج 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.

تبذل جسيمات الغاز ضغطًا عندما تصطدم بجدران الوعاء المحصورة فيه. ولأن كتلة جسيم الغاز صغيرة فإن الضغط الذي تبذله 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 تبذل 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 كلّما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل، فيسبّب 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 سنتمتر مربع تقريبًا.

دفتر الكيمياء

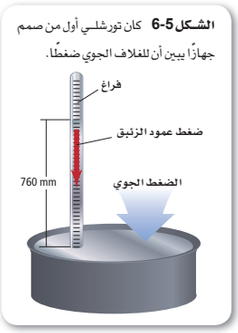
تورشلي اطلب إلى الطلاب كتابة تقرير عن العالم تورشلي يصفوا فيه أعماله، وأهم الأحداث في حياته. ض م

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 صمّم تورشلي جهازًا، كما هو موضح في **الشكل 5–6**، حيث ملأ أنبوبًا زجاجيًّا رفيعًا مغلقًا من أحد طرفيه بالزئبق، وأغلق الطرف المفتوح بإبهامه لكيلا يسمح للهواء بالدخول، ثم نكّس الأنبوب فوق حوض مملوء بالزئبق، ولاحظ انخفاض عمود الزئبق في الأنبوب 76 cm تقريبًا. وهذا يؤيد فرضية تورشلي؛ لأن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء أربع عشرة مرة تقريبًا، وبناءً على تجربة تورشلي يعرّف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الزئبق طوله 76cm .

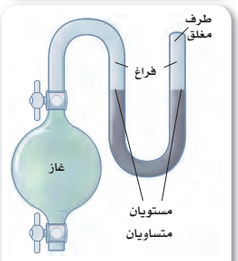
البارومتر يدعى الجهاز الذي صمّمه تورشلي **البارومتر**، وهو أداة تستخدم لقياس الضغط الجوي. وكما أوضح تورشلي، فإن ارتفاع مستوى الزئبق في البارومتر عند سطح البحر يساوي 760 mm تقريبًا. ويحدّد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهما الجاذبية الأرضية المؤثرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أسفل، والأخرى القوة المعارضة للجاذبية، 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.

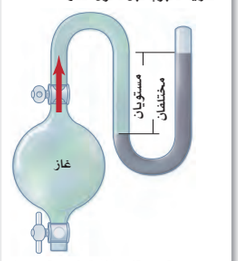
وحدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط هي باسكال (Pa) نسبة إلى العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي باسكال (1962 –1923). وقد اشتقت وحدة باسكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة باسكال مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1Pa=1N/m^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية 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).



الشكل 5-6 كان تورشلي أول من صمم جهازًا يبين أن للغلاف الجوي ضغطًا.



يكون مستوى ارتفاع الزئبق هو نفسه في طرفي الأنبوب قبل دخول الغاز.



يصبح مستويا ارتفاع الزئبق غير متساويين في طرفي الأنبوب عند دخول الغاز.

الشكل 6-6 المانومتر جهاز يقيس ضغط الغاز المحصور.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة أسئلة اختبار مبنية على محتوى هذا القسم، ثم اجمعها، وناقش معهم إجابات هذه الأسئلة، أو دعهم يتبادلوا هذه الأسئلة ويختبر بعضهم بعضًا. ض م تعلم تعاوني

الخلفية النظرية للمحتوى

قياس ضغط الهواء اسأل الطلاب عما إذا كان تغير قطر أو طول الأنبوب في مقياس تورشلي يؤثر في ارتفاع الزئبق داخل الأنبوب. ووضح لهم أن تورشلي وجد أن تغير قطر الأنبوب أو طوله لا يؤثر في ارتفاع عمود الزئبق؛ لأن ارتفاعه يبقى ثابتًا عند 760 mm تقريبًا. راجع مع الطلاب القوتين اللتين تحددان ارتفاع عمود الزئبق. الجاذبية وضغط الهواء.

التوسع

البارومتر اطلب إلى الطلاب البحث عن عمل البارومتر المعدني aneroid barometers واستخدامه، وكلف المجموعات عرض نتائجها على الصف. ض م تعلم تعاوني

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب المهتمين أن يقوموا بتصميم وعمل بارومتر وتجربته. ف م

مختبر تحليل البيانات

- لا يغوص الغواصون جميعهم في أماكن عند سطح البحر أو قريبة منها، بل يغوص بعضهم في أماكن على ارتفاعات أعلى من سطح البحر، مثل غواصي كندا وشمال غرب الولايات المتحدة وكولورادو وسويسرا.
- لا بد من تصحيح مقاييس الضغط التي لم تأخذ اختلاف الارتفاعات في الحسبان، من خلال معاملات تصحيح تضاف إلى أعماق الغطس.
- يجب أن يعرف الغواصون العمق الذي سيصلون إليه لتحديد زمن الغوص الآمن.

التفكير الناقد

1. ستتشابه الرسومات كثيرًا.
2. 20 m
3. يرتبط الزمن الآمن للبقاء تحت الماء مباشرة بعمق الغوص. وإذا لم تكن على علم ومعرفة بعمق الغطس فلا يمكنك تحديد الزمن الآمن للبقاء عند عمق معين.

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 1atm	العدد المساوي لـ 1kPa
كيلو باسكال (kPa)	101.3 kPa	—
الضغط الجوي (atm)	—	0.009869 atm
ملمترات زئبق (mm Hg)	760 mm Hg	7.501 mm Hg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل/ بوصة مربعة (psi or lb/in²)	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 ولكنّك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علمًا بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟
3. **حلّل** 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.

دفتر الكيمياء

الحيوانات البحرية اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا حول كيف تحتمل الحيوانات البحرية الضغط الهائل في أعماق البحر، وأن يفسروا ما وجدوه في دفاترهم. ض م

قانون دالتون للضغوط الجزئية وجد دالتون Dalton في أثناء دراسته لخصائص الغازات أن لكل غاز في خليط من الغازات ضغطًا خاصًّا به. ويوضح **الشكل 7–6** **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

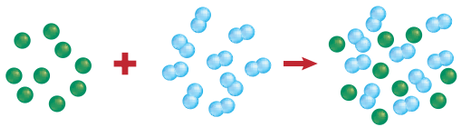
$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n$$

P_{total} تمثل مجموع الضغوط (الضغط الكلي)

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 معًا.

انظر إلى **الشكل 7–6**. لاحظ ماذا يحدث عند اتحاد 1 mol من الهيليوم مع 1 mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟



1 mol He
P_1

1 mol N_2
P_2

1 mol He + 1 mol N_2
P_{Total}

الشكل 7-6 ماذا يحدث عند وضع 1mol من الهيليوم مع 1mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ لأنه لم يحدث تغيير في حجم كل من الغازين وعدد جسيماتهما فإن الضغط الكلي يكون مساويًا لمجموع الضغط الجزئي لكل منهما.

حدد كيف تقارن بين الضغوط الجزئية لغازي النيتروجين والهيليوم عند ضغط 1mol من كل منهما داخل وعاء مغلق؟

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب أن يقارنوا بين سرعة جسيمات الهواء في طبقة التروبوسفير، حيث تكون درجة الحرارة (−50°C)، وسرعتها عند مستوى سطح البحر حيث تكون درجة الحرارة (−20°C). واطلب إليهم توقع أي الجسيمات ستكون الأسرع اعتمادًا على معرفتهم بنظرية الحركة الجزيئية. ستتحرك جسيمات الهواء بسرعة أكبر عند مستوى سطح البحر حيث تكون درجة الحرارة أعلى وطاقتها الحركية أكبر؛ وذلك لأن متوسط الطاقة الحركية يتناسب طرديًّا مع الحرارة. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 7– 6** سيكون لها الضغط نفسه؛ فهي غازات لها عدد المولات نفسه عند نفس درجة الحرارة والحجم.

مثال 2-6

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوّنًا من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنيتروجين N_2 يساوي 0.97 atm، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علمًا بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.70 atm وللنيتروجين (0.12 atm).

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي لغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية.

المعطيات

$P_{N_2} = 0.12$ atm
$P_{CO_2} = 0.70$ atm
$P_{total} = 0.97$ atm

المطلوب

$P_{O_2} = ?$ atm

2 حساب المطلوب

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

$$P_{total} = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2}$$

حل لإيجاد P_{O_2}

$$P_{O_2} = P_{total} - P_{CO_2} - P_{N_2}$$

عوّض بقيم الضغوط الجزئية، $P_{N_2} = 0.12$ atm، $P_{CO_2} = 0.70$ atm، $P_{total} = 0.97$ atm

$$P_{O_2} = 0.97 \text{ atm} - 0.70 \text{ atm} - 0.12 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 0.15 \text{ atm}$$

3 تقويم الإجابة عند إضافة القيمة المحسوبة للضغط الجزئي للأكسجين إلى بقية الضغوط الجزئية يكون الناتج مساويًا للضغط الكلي وهو (0.97) atm.

مسائل تدريبية

4. **احسب** الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علمًا بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.
5. **أوجد** الضغط الكلي لخليط غاز مكوّن من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa
6. **أوجد** الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علمًا بأن ضغط الغازات الكلي يساوي 30.4 kPa والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5kPa و 3.7kPa
7. **تحفيز** الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النيتروجين 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 النيتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟

مثال في الصف

السؤال الضغط الكلي لخليط من الأكسجين O_2 والأرجون Ar وأول أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O هو 0.98 atm. ما الضغط الجزئي لـ N_2O إذا كان الضغط الجزئي لـ O_2 يساوي 0.48 atm، والضغط الجزئي لـ Ar يساوي 0.15 atm؟

الإجابة

0.35 atm

مسائل تدريبية

4. 161 mmHg
5. 13.78 kPa
6. 10.2 kPa
7. $N_2 = 593$ mmHg, $O_2 = 159.6$ mmHg, Ar = 7.6 mmHg

■ **إجابة سؤال** الشكل 6–8 97.7 kpa

المطويات

اطلب إلى الطلاب تلخيص معلومات هذا القسم في مطوياتهم.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب أن يقارنوا بين التدفق والانتشار، ويصفوا الحالات التي تحدث فيها كل منهما.

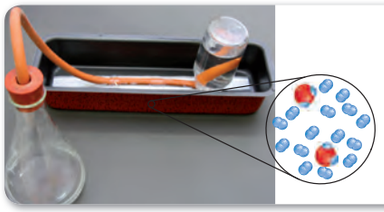
الانتشار هو حركة إحدى المواد خلال الأخرى ويحدث عندما تتحرك جسيمات الغاز مثل العطور أو معطرات الهواء في الغرفة. أما التدفق فهو حركة جسيمات الغاز من خلال الثقوب الصغيرة ويحدث عندما يتسرب الهواء من الثقوب الدقيقة في البالونات أو عجلة السيارة. ض م

إعادة التدريس

للتأكيد على أن الضغط يعتمد على القوة الواقعة على وحدة المساحة، لا على القوة الكلية الناتجة عن الجسم فقط، اسأل الطلاب: أي الحالات التالية تؤدي إلى تمزق سجادة مستخدمة على المدى الطويل: حركة شخص كتلته 90 kg ينتعل حذاءً ذا كعب عالٍ مدّبب يمشي عددًا معينًا من المرات ذهابًا وإيابًا، أو حركة شخص كتلته 90 kg ينتعل حذاء ذا كعب عريض ويمشي العدد نفسه من المرات ذهابًا وإيابًا؟ سيبذل صاحب الحذاء ذي الكعب العالي ضغطًا أكبر على السجادة لأن كتلته مركزة على مساحة قليلة، في حين تتوزع كتلة الشخص الآخر على مساحة أكبر، لذا يكون الضغط الواقع على وحدة المساحة أقل. د م

التوسع

اسأل الطلاب أن يستخدموا تعريف الضغط لتفسير كيف يقوم الأشخاص الذين يمارسون رياضة الكاراتيه بكسر لوح سميك بأطراف أيديهم. يركزون قوة كبيرة على مساحة صغيرة ممّا يولّد ضغطًا كافيًا لكسر اللوح. ض م



الشكل 6-8 يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع الخارصين Zn لإنتاج غاز الهيدروجين الذي يتم جمعه عند درجة حرارة 20°C.

احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20°C إذا علمت أن الضغط الكلي لخليط غازي الهيدروجين وبخار الماء هو 100.0kPa.

استخدام قانون دالتون تستخدم الضغوط الجزئية للغازات لتحديد كمية الغاز الناتجة عن التفاعل، حيث يُجمع الغاز الناتج في وعاء ماء منكس، كما هو موضح في **الشكل 8–6**، فيحل الغاز محل الماء ويكون الغاز الناتج مزيجًا 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 بتراكيز 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°C هو (2.3 kPa). ويمكنك حساب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين بطرح الضغط الجزئي لبخار الماء من الضغط الكلي.

وستعرف لاحقًا أنك إذا عرفت ضغط غاز ما وحجمه ودرجة حرارته استطعت حساب عدد مولاته.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 6-1

الخلاصة

- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل انتشار غازين.
- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط من الغازات.

8. الفكرة الرئيسة فسر سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
9. صف كيف تؤثر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفقه.
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.

التقويم 6-1

8. تتكون الغازات من جسيمات صغيرة تتحرك عشوائيًا وتتصادم بتصادمات مرنة.
9. يقل معدل سرعة الانتشار والتدفق بزيادة الكتلة.
10. يقاس الضغط الجوي بالبارومتر، في حين يقاس ضغط الغاز في وعاء مغلق بالمانومتر.
11. إذا لم يقلب الوعاء فسيمر الغاز، الذي هو أقل كثافة من الماء، من خلال الماء ويتسرب من فتحة الوعاء.
12. 0.45 atm
13. يزداد معدل سرعة الجسيمات بزيادة درجة الحرارة، لذا ستنتشر الجسيمات بسرعة.

6-2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (21) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

قوى التجاذب بين الجزيئات اسأل الطلاب: كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الحالة الفيزيائية للمادة؟ تقبل الإجابات المنطقية جميعها، على أن تصحح المفاهيم غير الصحيحة. ض م

2. التدريس

عرض سريع

تجاذب الجزيئات استخدم رباط الأحذية اللاصق (الحلقة والخطّاف) لنمذجة كيف يؤثر حجم الجزيئات في قوة التجاذب بينها، ودع الطلاب يلاحظوا فصل رباطين، طولاهما مختلفان، واسألهم: أيهما أسهل: فصل الجزيئات الطويلة أم القصيرة ؟ د م

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى لمساعدة الطلاب الذين يجدون صعوبة في فهم القوى بين الجزيئات كلفهم عمل نماذج لجزيئات صغيرة وأخرى كبيرة مستخدمين قطعًا من ورق التجليد اللاصق. دع الطلاب يقصّوا دوائر بحجوم مختلفة من ورق التجليد، ثم انزع الورقة الخلفية وألصق بعضها فوق بعض. ودعهم يحاولوا فصل الدوائر بعضها عن بعض، ويقارنوا بين القوة التي يتطلبها فصل الدوائر وحجومها. د م

6–2

الأهداف

- **تصف** القوى الجزيئية.
- **تقارن** بين القوى بين الجزيئية.

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 الرئيسة **تحدّد القوى بين الجزيئات. ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية ـ حالةَ المادة عند درجة حرارة معينة.**

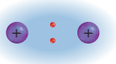
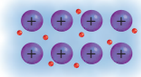
الربط مع الحياة تعلم أن الماء من المواد النادرة التي توجد في صورة صلب أو سائل أو غاز في الظروف العادية. وهذه الخاصية الفريدة ـ بالإضافة إلى الخصائص الأخرى التي أودعها الخالق عز وجل فيه ـ تجعله منبع هذه الحياة .

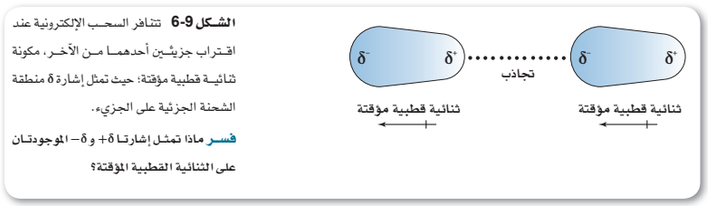
القوى بين الجزيئات Intermolecular Forces

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 2–6** ما قرأته سابقًا 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.

الجدول 2-6 المقارنة بين قوى التجاذب بين داخل الجزيئات

نوع الرابطة	النموذج	أسس التجاذب	مثال
الأيونية		الشحنات السالبة والموجبة.	NaCl
التساهمية		النواة الموجبة والإلكترونات المشتركة.	H_2
الفلزية		الأيونات الفلزية الموجبة والإلكترونات المتحركة.	Fe



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**، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحيانًا بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني- الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى.

تذكر أيضًا أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية. وعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر ـ ولا سيما عند تصادمهما ـ فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة ـ ولو لحظة ـ لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكّل 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 9-6.

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 كلّما 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.

مشروع الكيمياء

قوى التجاذب بين الجزيئات اطلب إلى الطلاب إعداد لوحات حائط تُفسِّر الأنواع المختلفة لقوى التجاذب بين الجزيئات، ثم يعرضونها في الصف. **د م**

التقويم

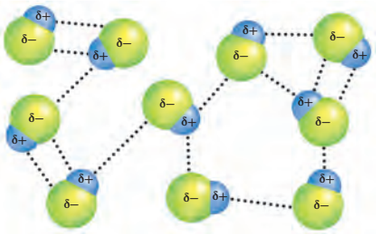
المهارة اطلب إلى الطلاب إعداد جدول للمقارنة بين قوى التجاذب بين الجزيئات، والقوى الثنائية القطبية، وقوى الروابط الهيدروجينية، وقوى التشتت، من حيث قواها النسبية، وكيفية تكوّن كل نوع، وإعطاء أمثلة على أنواع الجزيئات المكوّنة لها. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 9-6** يمثلان شحنة جزئية موجبة وشحنة جزئية سالبة على التوالي.

ماذا قرأت؟ تنتج عن إزاحة الكثافة الإلكترونية في السحابة الإلكترونية.

الخلفية النظرية للمحتوى

فريتز لندن Fritz London لندن عالم فيزيائي أمريكي من أصل ألماني. ولد في برسلاو بألمانيا (التي تعرف الآن ببولندا)، وتعلّم في ألمانيا وفرنسا وهاجر إلى الولايات المتحدة في عام 1939م. لقد كان أستاذًا للكيمياء في جامعة ديوك في ديورهام بولاية كارولينا الشمالية. وقد درس المواد الفائقة التوصيل والموائع الفائقة بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية.



الشكل 6-10 توجّه الجزيئات القطبية المجاورة نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معًا.

حدّد أنواع القوى الممثلة في الشكل.

وهذا الفرق في قوى التشتت يفسر سبب وجود كلٍّ من الفلور والكلور في الحالة الغازية، والبروم سائلاً، واليود صلبًا عند درجة حرارة الغرفة .

ماذا قرأت؟ **استنتج** الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين (At) عند درجة حرارة الغرفة، مبينًا سبب ذلك.

قوى ثنائية القطبية تحتوي الجزيئات القطبية على ثنائية قطبية دائمة، أي أن بعض المناطق في الجزيء القطبي تكون دائمًا سالبة جزئيًا، وبعضها الآخر يكون موجبًا جزئيًا، مما يخلق تجاذبًا بين هاتين المنطقتين المختلفتي الشحنة، وهذا ما يسمى **ثنائية القطبية** . أما الجزيئات القطبية المجاورة فتوجه نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معًا .

عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين بعضها من بعض تنجذب ذرة الهيدروجين الموجبة جزئيًا في الجزيء نحو ذرة الكلور في جزيء آخر، والتي تكون سالبة جزئيًا. يوضح **الشكل 10–6** 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 صحيحًا في الجزيئات القطبية الصغيرة؛ إذ إن لها ثنائية قطبية كبيرة. ومع ذلك فالكثير من الجزيئات القطبية ـ ومنها جزيئات كلوريد الهيدروجين HCl الموضحة في **الشكل 10–6** ـ 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.

ماذا قرأت؟ يجب أن يكون الإستاتين صلبًا مثل اليود وللأسباب نفسها؛ فجزيئات الهالوجين الأكبر حجمًا لها عدد إلكترونات أكثر، وقوة التشتت لها أكبر؛ مما يؤدي إلى تقارب الجزيئات بعضها من بعض وتكوين مواد صلبة عند درجة حرارة الغرفة.

تطبيقات الكيمياء

التجاذب والتنافر تعتمد قدرة الأقمشة المختلفة على امتصاص الماء على التركيب الكيميائي لها. فالقطن يتكون من السليلوز، وهو عبارة عن مبلمر من الجلوكوز، ويحتوي كل جزيء جلوكوز على مجموعتين من (OH–) اللتين تكوّنان روابط هيدروجينية مع أكثر من جزيء ماء، ولذا يمتص القطن الماء بسهولة مما يجعله مناسبًا للاستعمال في صناعة مناشف المطبخ والحمام. ولهذا السبب تُبرّد الملابس القطنية الجسم في الصيف، لأن طاقة الجسم الحرارية تبخّر الماء (العرق) الذي يمتصه القطن الملتصق به. وبالمقابل يتضمن تركيب النايلون عددًا قليلاً من المجموعات التي يمكن أن تكوّن روابط هيدروجينية مع الماء، حيث تتكون معظم مبلمرات النايلون من مجموعات ($-CH_2$) التي تكوّن روابط تشتت ضعيفة. وبما أن النايلون لا يمتص الماء لذا فهو يستخدم في صناعة المظلات والسترات الواقية من المطر.

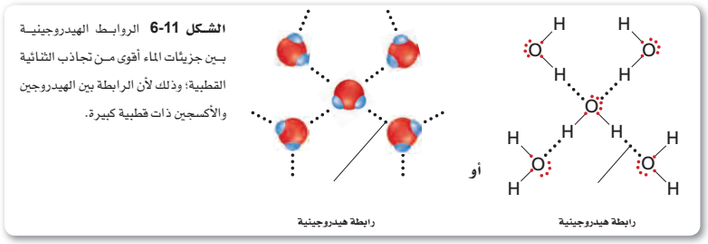
التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب البحث عن التركيب الكيميائي للعديد من أنواع الأنسجة المختلفة، على أن يستخدموا التركيب الكيميائي لهذه الأنسجة من حيث عدد الروابط الهيدروجينية التي يكونها النسيج مع الماء، ثم يختبروا قدرات كل منها على امتصاص الماء. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 10–6** القوى الثنائية القطبية.

دفتر الكيمياء

لينوس باولينج اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا ملخصًا حول عمل لينوس باولينج Linus Pauling فيما يتعلق بالروابط الهيدروجينية. ض م



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 11-6**.

الجدول 3-6 الخواص الفيزيائية لبعض المركبات الجزيئية

المركب	الشكل الفراغي	الكتلة المولية (g)	درجة الغليان (°c)
الماء (H_2O)		18.0	100
الميثان (CH_4)		16.0	−164
الأمونيا (NH_3)		17.0	−33.4

تفسر الرابطة الهيدروجينية سبب وجود الماء في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما تكون المركبات المشابهة للماء في كتلتها في الحالة الغازية. انظر إلى البيانات الواردة في **الجدول 3-6**. من السهل تفسير الفرق بين الماء والميثان؛ فجزيئات الميثان غير قطبية، والقوى الوحيدة التي تربط بين جزيئاتها هي قوى

ماذا قرأت؟ تنشأ القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات ذات القطبية الدائمة، في حين تنشأ قوى التشتت بين الجزيئات ذات القطبية المؤقتة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل الطلاب: ما نوع القوى بين الجسيمات التي يجب التغلب عليها من أجل:

a. صهر الثلج؟ الروابط الهيدروجينية

b. غلي الماء؟ الروابط الهيدروجينية

c. صهر NaCl؟ الروابط الأيونية

d. تسامي I_2؟ قوى التشتت ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب أن يرتبوا قوى التجاذب بين الجزيئات من حيث زيادة قوتها. قوى التشتت ← القوى الثنائية القطبية ← الروابط الهيدروجينية. ض م

التوسع

اسأل الطلاب: أيّ المركبات التالية يستطيع أن يكوّن القوى الثنائية القطبية؟ Cl_2، CO، NO، CH_4؛ CO، NO ض م

التشتت الضعيفة. أما الفرق بين الماء والأمونيا فغير واضح؛ حيث يمكن لجزيئات هذين المركبين تكوين روابط هيدروجينية. ولأن الأمونيا تكون غازًا عند درجة حرارة الغرفة فذلك يدل على أن قوى الترابط بين جزيئات الأمونيا ليست قوية. ولأن ذرات الأكسجين أكثر كهرسلبية 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 تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث قوى ثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

14. الفكرة الرئيسة **فسر** ما الذي يحدّد حالة المادة عند درجة حرارة معينة؟

15. قارن بين القوى بين الجزيئات، ثم صف القوى الجزيئية.

16. قوّم أيّ الجزيئات الآتية يستطيع تكوين روابط هيدروجينية، وأيّها 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، وأيهما في الحالة السائلة؟

التقويم 6-2

14. تحدد القوى بين الجزيئات الحالة الفيزيائية للمادة. ففي الحالة الصلبة تكون القوى بين الجزيئات قوية جدًّا وتبقى الجزيئات معًا. وفي الحالة السائلة تصبح القوى أضعف، أما في الحالة الغازية فلا تخضع الجزيئات لقوى تُذكر.

15. تتكون القوى بين الجزيئات نفسها. وتؤدي هذه القوى إلى ربط الجسيمات معًا.

16. الروابط الهيدروجينية: d، لأن الجزيئات قطبية وتحتوي ذرة ذات كهروسالبية عالية مرتبطة مع الهيدروجين.

قوى التشتت فقط: a، لأنه عبارة عن جزيئات غير قطبية.

17. إن وجود روابط أكثر يعني وجود إلكترونات أكثر لتكوين قطبية مؤقتة، كما يعني أيضًا قوى تشتت أكبر. فالميثان غاز في حين أن الأوكتان سائل.

6-3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (22) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

مدى الحركة املأ كأسًا صغيرة تمامًا بحبيبات الخرز أو كرات زجاجية صغيرة، وضع قطعة ورق مقوى على فوهة الكأس، وحركها بلطف. ستكون حركة حبيبات الخرز محدودة؛ لأن الكأس ممتلئة. ثم اطلب إلى الطلاب أن يصفوا حركة الحبيبات ويفسروا سبب محدودية حركتها. الحبيبات مرصوصة بشدة ولا يوجد فراغ تتحرك فيه. وضح للطلاب أن هذا يشبه حركة الجسيمات في المادة الصلبة، حيث تكون الجسيمات مرصوصة بشدة ولا يوجد مكان للحركة. ثم أخرج بعض الحبيبات على أن يصبح هناك مجال لحركتها، ثم ضع قطعة الورق المقوى، وحرك الكأس بلطف. واسأل الطلاب أن يصفوا حركة الحبيبات الآن. لقد أصبح للحبيبات فراغ أكبر للحركة، وأخذت تتحرك بحرية أكبر. ثم وضح لهم أن هذا الوضع مشابه لوضع الجسيمات في الحالة السائلة؛ حيث إن الجسيمات ليست مرصوصة بشدة، كما هو الحال في المادة الصلبة، ولديها فراغ للحركة. د م ض م

2. التدريس

بناء نموذج

حالات المادة اطلب إلى الطلاب أن يصمّموا نموذجًا أو ملصقًا أو رسمًا للحالات الثلاث لمادة ما، مثل الماء، واطلب إليهم أن يعرضوا عملهم أمام الطلبة في الصف. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 12–6** الجاذبية والضغط الجوي متساويان، ولكنهما متعاكسان في الاتجاه، مما يبقي سطح السوائل عند المستوى نفسه.

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
الصلب المتبلور
وحدة بناء
متآصل
مادة صلبة غير متبلورة

المواد السائلة والمواد الصلبة
Liquids and Solids

الفكرة الرئيسة **لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.**

الربط مع الحياة هل فكرت يومًا لماذا يكون سكب القَطْر (Syrup) المحفوظ في الثلاجة صعبًا مقارنة بسكب القطر المحفوظ خارجها؟ لعلك تعلم أن تسخين القطر يجعل سكبه سهلاً. ولكن لماذا تساعد زيادة درجة الحرارة على ذلك؟

السوائل Liguids

على الرغم من أن نظرية الحركة الجزيئية قد طُوّرت لتفسير سلوك الغازات، إلاّ أنه يمكن تطبيقها أيضًا على السوائل والمواد الصلبة، آخذين في عين الاعتبار قوى الترابط بين جسيماتها، إضافة إلى الطاقة الحركية لجسيماتها.

تعلم مما درست سابقًا أن السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها تحتفظ بحجمها ثابتًا، أي أن جسيماتها تتساب لتتكيف مع شكل الوعاء، ولكن السوائل لا تتمدّد لتملأ الوعاء تمامًا، كما هو موضح في **الشكل 12–6**. 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 الجسيمات قريبة ومتراصّة معًا في حجم ثابت.

الكثافة والضغط تكون السوائل أكثر كثافة من الغازات عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm. وتكون كثافة السوائل أكبر كثيرًا من أبخرتها عند الظروف الجوية نفسها. فكثافة الماء السائل مثلًا أكثر 1250 مرة تقريبًا من كثافة بخار الماء عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm. ونظرًا 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 معًا. وتختلف السوائل عن الغازات في أنها تعد غير قابلة للضغط في كثير من التطبيقات، والتغير في حجمها صغير جدًّا؛ لأن جسيمات السائل متراصّة بإحكام، ويتطلب الأمر ممارسة ضغط هائل عليه لتقليل حجمه مقدارًا ضئيلًا جدًّا.

الشكل 12-6 تتساب 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 معًا.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب المهتمين أن يصمّموا جهازًا أو تجربة لفحص توقعاتهم حول لزوجة عدة سوائل مختلفة. وارفع مستوى التحدي بأن تطلب إليهم تضمين تجربتهم دراسة تأثير الحرارة في اللزوجة. ف م

الخلفية النظرية للمحتوى

الذرات ديمقريطس فيلسوف يوناني عاش في الفترة بين 460–370 ق.م، وقد قال إن المواد جميعها تتكون من ذرات، وهي جسيمات متناهية في الصغر غير قابلة للتجزئة، وتختلف ذرات المواد بعضها عن بعض في الحجم والشكل. وقد اعتقد أيضًا أن الذرات لا تستحدث ولا تفنى. واستنتج ديمقريطس لاحقًا أن ذرات المواد الصلبة متلاصقة ومتراصة، في حين تتكون المواد اللينة من ذرات متباعدة بعض الشيء. ونظرًا إلى رفض أرسطو لهذه الأفكار فقد استبعدت نظريات ديمقريطس لأكثر من 2000 سنة.

الشكل 6-13 للغازات والسوائل القدرة على الانسياب والانتشار. وتظهر هذه الصورة انتشار أحد السوائل عبر الآخر.

الميوعة تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع؛ بسبب قابليتها للانسياب والانتشار. يوضح **الشكل 13–6** انتشار أحد السوائل عبر سائل آخر. وتنتشر السوائل عادة أبطأ من الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئية 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 تسرّب في الطابق السفلي مثلاً فلن يقتصر وجوده على الطابق السفلي فقط، وإنما سينتشر في كل أرجاء المنزل. ولأن الغاز الطبيعي بلا رائحة فإن الشركات تضيف إليه رائحة مميزة؛ لكي تحذّر الناس، وتمكّنهم من معرفة مكان تسرب الغاز، فيتمكن ساكنو المنزل من إغلاق مصدر الغاز المتسرِّب، 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 والانسياب؛ حيث تكون جسيمات السائل قريبة بعضها من بعض، حتى أن قوى التجاذب بينها تبطئ من حركتها عندما يتجاوز بعضها بعضًا. ويمكن تحديد لزوجة السائل من خلال نوع القوى بين الجزيئية 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، أي مقاومته للانسياب. ويوضح **الشكل 14–6** اكتشاف مفهوم الميوعة الفائقة، ومعلومات أخرى عن حالات المادة.

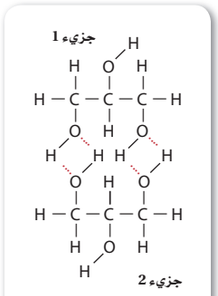
الشكل 6-14 دراسة حالات المادة لقد أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر عن حالات المادة.

مشروع الكيمياء

الموائع الفائقة اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا عن خصائص الموائع الفائقة ويقارنوا بين صفاتها وصفات الموائع العادية (الغازات والسوائل). ليس للموائع العادية والفائقة شكل محدد، ولكن لها قدرة على التدفق. تمتاز الموائع الفائقة بالقدرة على التدفق العديم الاحتكاك (لاتحتك جسيمات المائع بعضها مع بعض، ولا مع الإناء الذي توضع فيه)، والانسياب الفائق (التدفق خلال المواد)، ويتدفق المائع الفائق من الإناء الذي يوضع فيه في صورة نافورة، ويكوّن دوامات صغيرة عديدة بدلاً من واحدة. ض م

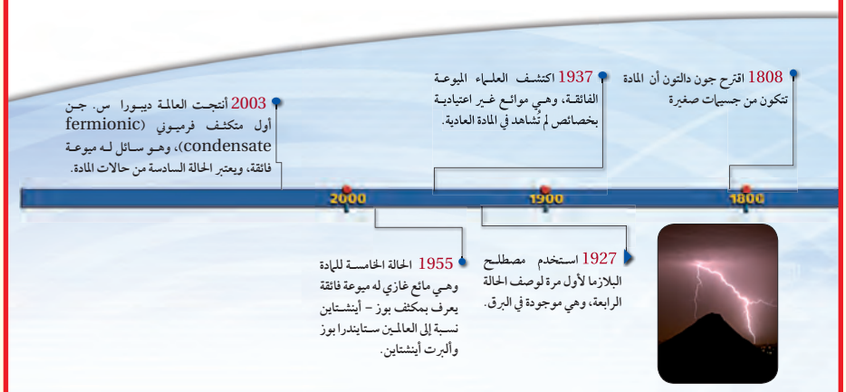
قوى التجاذب كلما كانت القوى بين الجزيئية في السوائل كبيرة زادت درجة لزوجتها. فمثلا تعد مادة الجليسرول التي تستخدم في المختبر في تشحيم الأدوات سائلًا لزجًا. ويوضح **الشكل 15–6** الصيغ البنائية للرابطة الهيدروجينية التي تجعل الجليسرول مادة لزجة جدًّا. حيث تستطيع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع ذرات الأكسجين في كل جزيء جليسرول تكوين روابط هيدروجينية مع جزيء جليسرول آخر. وتوضح النقاط الحمراء في **الشكل 15–6** أماكن تشكّل الروابط الهيدروجينية بين الجسيمات.

حجم الجسيمات وشكلها يؤثر حجم جسيمات المادة وشكلها في لزوجتها. تذَكر 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 ـ ومنها الزيت المستخدم في الطبخ أو زيت المحركات ـ أكبر من لزوجة الجسيمات ذات السلاسل القصيرة، على افتراض أنّ الجسيمات تبذل النوع نفسه من قوى التجاذب. ففي السلاسل الطويلة تكون المسافات بين ذرات الجسيمات المتجاورة قصيرة جدًّا، وبهذا تكون فرصة حدوث تجاذب بين الذرات أكبر.



الشكل 15-6 يوضح الشكل جزيئين من الجليسرول والرابطة الهيدروجينية بينهما.

حدّد عدد الروابط الهيدروجينية التي يمكن لجزيء من الجليسرول تكوينها مع جزيء آخر.



■ **إجابة سؤال الشكل 15–6** أربعة.

تطبيقات الكيمياء

المائع فوق الحرج يُعد الاستخلاص بطريقة المائع فوق الحرج (Super Critical Fluid) تقنية حديثة نسبيًّا لفصل المركبات والمخاليط. فالمائع فوق الحرج مادة لها– عند درجة الحرارة والضغط الحرجين– بعض صفات السوائل وبعض صفات الغازات. كما تذيب الموائع فوق الحرجة أكبر كمية ممكنة من المذاب كما في حالة المذيب السائل الجيد، ويمكن التخلص منه أو فصله بسهولة أكثر من الكثير من المذيبات السائلة عند نهاية عملية الاستخلاص. ويعد ثاني أكسيد الكربون أحد الموائع فوق الحرجة الأكثر استعمالاً على نطاق واسع لأسباب عدة، منها أنه غير سام، ورخيص الثمن، وله انتقائية جيدة. يستخدم ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج لاستخلاص الكافيين من حبوب القهوة لإعداد قهوة خالية من الكافيين، لذا فإنه يحل محل المذيبات السائلة السامة مثل ثنائي كلورو الميثان.

دفتر الكيمياء

اللزوجة اطلب إلى الطلاب ملاحظة اللزوجة في بعض المواد التي نستخدمها، على أن يسجلوا وصف كل حالة ويفسروها، ثم تلخيص ما هو مشترك بين هذه المواد، وربط هذه الملاحظات مع ما تعلموه عن أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات. ض م

عرض سريع

التوتر السطحي املأ كاسًا بالماء دون أن تفيض، ثم اسأل الطلاب كم قطعة نقدية يمكن وضعها في الكأس دون أن يفيض الماء منها؟ ستتنوع الإجابات. أضف بحذر القطع النقدية إلى الماء الواحدة تلو الأخرى، ثم اسأل الطلاب: لماذا لا تؤدي هذه القطع كلها إلى فيضان الماء؟ يؤدي التوتر السطحي للماء إلى تمدد سطح الماء كما لو كان غشاءً مطاطيًّا بدلاً من أن يفيض. أعد العرض السابق باستخدام سائل آخر مثل الكحول الطبي، ثم اسأل الطلاب أن يتوقعوا كيف تختلف النتائج عن نتائج استخدام الماء؟ **ض م**

ماذا قرأت؟ للمحافظة على أجزاء المحرك مشحّمة بصورة جيدة حتى لا يلتصق بعضها ببعض أو تسخن كثيرًا.

استخدام المفردات العلمية

الميوعة اطلب إلى الطلاب كتابة فقرة توضح معنى اللزوجة وخافض التوتر السطحي. **ض م**

درجة الحرارة تنخفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة، فلا ينتشر زيت الطبخ في المقلاة إلاّ 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 مثالًا آخر على تأثير درجة الحرارة في اللزوجة. ولذلك استعمل الناس قديمًا مزيجًا مختلفًا من زيت المحرك في الصيف والشتاء، فصُمّم زيت يُستخدم في الشتاء لينساب عند درجات حرارة منخفضة، وآخر في الصيف أكثر لزوجة لينساب درجات الحرارة المرتفعة جدًّا 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 نسبيًّا عند درجات الحرارة المنخفضة، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فيتحوّل شكل جسيمات المواد المضافة إلى خيوط طويلة تتشابك مع جسيمات زيت المحرك لترفع لزوجته.

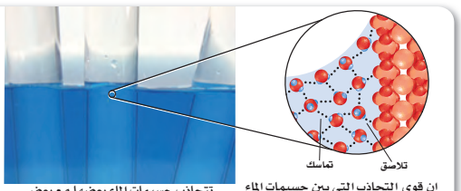
ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يجب أن يبقى زيت المحرك لزجًا؟

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. وتُسمّى الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين **التوتر السطحي**. وهذه الظاهرة مقياس لمقدار قوة السحب إلى الداخل بوساطة الجسيمات الموجودة داخل السائل.

الشكل 16-6 تُجذَب جسيمات الماء الموجودة عند سطحه نحو الداخل؛ حتى تتوازن قوى التجاذب والتنافر بينها.

تسمح ظاهرة التوتر السطحي لحشرة الماء بالسير على سطح الماء.

تعمل القوى بين الجزيئات تحت سطح الماء على إحداث التوتر السطحي.



إن قوى التجاذب التي بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج تجعل جسيمات الماء تزحف أعلى الزجاج.

تتجاذب جسيمات الماء بعضها مع بعض - تماسك - وتتجاذب مع جسيمات ثاني أكسيد السليكون في الزجاج - تلاصق.

الشكل 17-6 لجسيمات الماء خاصيتا التماسك والتلاصق.

استنتج لماذا يكون مستوى الماء مرتفعًا داخل الأنابيب الشعرية الدقيقة.

وعمومًا كلما زادت قوى التجاذب بين الجسيمات زاد التوتر السطحي؛ فللماء توتر سطحي عال؛ 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 مستوٍ عند وضعه في أوعية ضيّقة، 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.

الخاصيّة الشّعرية يرتفع الماء إلى أعلى في الأنبوب الأسطواني إذا كان رفيعًا جدًّا. وتسمى هذه الأنابيب الرفيعة الأنابيب الشّعرية. كما تسمى حركة ارتفاع الماء داخل هذه الأنابيب الخاصية الشّعرية التي تفسّر سبب امتصاص المناديل الورقية لكميات كبيرة من الماء؛ حيث يُسحب الماء داخل الفراغات الضيّقة بين ألياف السليلوز الموجودة في المناديل الورقية، باستخدام الخاصية الشّعرية، إضافة إلى تكوّن روابط هيدروجينية بين جسيمات الماء وجسيمات السليلوز.

المفردات

الاستخدامات العلمية والشائعة

القوة

الاستخدام العلمي: الدفع أو السحب المؤثران في الجسم اتجاهًا ومقدارًا.

توجد قوة الجاذبية بين أي جسمين لهما كتلة، وتتناسب القوة طرديًّا 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.

■ **إجابة سؤال** الشكل **17-6** قوى التلاصق أكبر في الأنبوب ذي القطر الأصغر منها في الأنبوب ذي القطر الأكبر.

تطبيقات الكيمياء

التمدد الحراري تُظهر معظم المواد الصلبة تمددًا حراريًّا موجبًا- فهي تتمدد بالحرارة وتتقلص بالبرودة، إلا أن تنغستات الزيركون (ZrW_2O_8) الذي اكتشف عام 1996م له تمدد حراريّ سالب، ويتقلص عندما يسخن. وفي الواقع فإنه يتقلص بصورة منتظمة في الأبعاد الثلاثة ضمن مدى درجات حرارة 0.3K إلى 1050K (درجة حرارة تفككه). وبسبب هذه الخصائص يستعمل في المواد التي نحتاج فيها إلى تمدد حراري قليل، كما في السفن الفضائية والدوائر الكهربائية والتليسكوب وحتى في طب الأسنان. لذا اطلب إلى الطلاب البحث عن تركيب هذا المركب لمعرفة سبب تمدده الحراري السالب، وابحث عن مجالات استخدامه. **ف م**

الخلفية النظرية للمحتوى

المواد الصلبة المتبلورة قد يتفاجأ الطلاب بالفرق القليل الذي يفصل بين درجات الانصهار والغليان للغازات النبيلة. لذا وضح لهم أن **الجدول 5–6** يصف الحالات الصلبة للمواد التي يمكن أن توجد في صورة غازات أو سوائل عند درجة حرارة الغرفة.

ماذا قرأت؟ تؤدي الروابط الهيدروجينية في الجليد إلى تكوّن تركيب أقل كثافة من الماء مما يجعل الجليد يطفو فوق الماء لأنه أقل كثافة.

التوسع

جبال الجليد انفصل أكبر جبل جليد معروف عن جرف روس آيس في القارة القطبية الجنوبية في 20 من مارس 2000م، وكان طوله 295 km، وعرضه 37 km، وعمقه 200 m تحت سطح البحر، وارتفاعه عن سطح البحر 30 m تقريبًا.

الشكل 18-6 يطفو الجبل الجليدي فوق الماء؛ لأن تركيبه الصلب الثلاثي الأبعاد يعمل على إبقاء دقائق الماء بعيدة بعضها عن بعض بالمقارنة بحالته السائلة. وهذا التركيب المفتوح والمتناسق للثلج ناتج عن الروابط الهيدروجينية.

مهن في الكيمياء

خبير المعادن خبراء المعادن مهندسون يهتمون بكل مراحل تصنيع المعادن، بدءًا من استخراجها والتنقيب عنها وتشكيلها على هيئتها النهائية. ولا بد لخبير المعادن في كل مرحلة من فهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن.

المواد الصلبة Solids

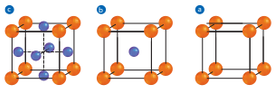
هل تساءلت يومًا عن سبب وجود المواد الصلبة بشكل وحجم محددين؟ حسب نظرية الحركة الجزيئية فإن لمول واحد من جسيمات المادة الصلبة كمية الطاقة الحركية نفسها الموجودة في مول واحد من المادة السائلة أو الغازية عند درجة الحرارة نفسها. وحسب التعريف فإن جسيمات المادة الصلبة يجب أن تكون في حركة ثابتة. ولكي تبقى المادة 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 نظامًا في حالة الصلابة أكثر منه في حالة السيولة، وبسبب هذا النظام لا تعتبر المادة الصلبة مائعًا بينما يمكن تصنيف السوائل والغازات على أنها موائع.

كثافة المواد الصلبة تكون جسيمات المادة الصلبة عمومًا 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% تقريبًا في الكثافة بين المواد في الحالة الصلبة والحالة السائلة. ولأن جسيمات المواد الصلبة متقاربة ومتراصة فإن مقدارًا عاديًّا من الضغط لن يُحدث تغيرًا في حجمها.

لا يمكنك توقع نسبة كثافة الثلج الصلب إلى الماء السائل معتمدًا على ما ورد في حالة البنزين؛ فمكعبات الثلج والجبال الجليدية تطفو فوق الماء؛ لأن كثافة الماء في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة. ويوضح **الشكل 18–6** السبب في هذه الحالة الاستثنائية للماء، فعندما يتجمد الماء يكوّن كل جزيء ماء أربع روابط هيدروجينية مع أربعة جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقاربًا 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 إلاّ 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 19-6 تبين هذه الرسوم ثلاث طرائق لترتيب الجسيمات في الشبكة البلورية، حيث تمثل كل كرة جسيمًا. 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 سابقًا، فوحدة البناء هي نموذج مصغّر من البناء الأكبر الكامل، ويمكن النظر إلى وحدة البناء على أنّ شكلها يحدد شكلَ البلورة كاملة.

يوضح **الجدول 4-6** سبعة تصنيفات للبلورات بناءً على الشكل، وتختلف أشكال البلورات بسبب أوجه أو سطوح وحدات البناء، التي لا تلتقي دائمًا في زوايا قائمة. كما أن أطراف تلك السطوح مختلفة في الطول.

استخدمت العلامات a، b، c في الجدول؛ لبيان الأطراف، وقد استخدمت العلامات α, β, γ لبيان الزوايا التي تلتقي عندها السطوح معًا.

الجدول 4-6 وحدات البناء

هالايت $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90°$ مكعب	فيزوفانايت $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90°$ رباعي الأوجه	أراجونايت $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90°$ متوازي مستطيلات
ميكروكلاين $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$ ثلاثي الميل	نورمالين $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90°,\ \gamma = 120°$ سداسي الأوجه	زمرد $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$ معيني	كروسيت $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$ أحادي الميل

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب ذوي القدرات في الرياضيات بناء أشكال وحدات بناء البلورات السبع وعرضها على الصف: وهي المكعب، ورباعي الأوجه، وسداسي الأوجه، ومتوازي المستطيلات، ومعيني الأوجه، وأحادي الميل، وثلاثي الميل. **ف م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في مهنة مرتبطة مع الأحجار الكريمة عن طريق مقابلة أحد الصاغة المحليين، وإعداد تقرير موجز عن نتائج بحثهم. ويمكن دعوة أحد المختصين في دراسة تركيب الأحجار الكريمة، وخصائصها، ونوعياتها، وملامحها، للتحدث أمام الصف. **ض م**

الإثراء

البلورات السائلة قد يرغب بعض الطلاب في معرفة أن بعض المواد تشترك في بعض خواص المواد الصلبة وبعض خواص المواد السائلة. لذا يمكن للبلورات السائلة أن تتدفق على الرغم من أن لها تركيبًا بلوريًّا. اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا عن البلورات السائلة وتطبيقاتها. وعليهم عرض تقرير شفهي قصير على الصف واستخدام بعض الوسائل البصرية. **ف م**

التقويم

الأداء وزع الطلاب في مجموعات ثنائية أو ثلاثية، واطلب إليهم بناء نماذج لإحدى وحدات بناء البلورة المكعبة، ودعهم يتبادلوا هذه النماذج فيما بينهم، ثم اسأل: هل يمكنهم تصنيف النماذج بصورة صحيحة؟ ض م تعلم تعاوني

الخلفية النظرية للمحتوى

الكوارتز هو ثاني أكثر المعادن شيوعًا على الأرض، ويوجد في صورتين: ألفا كوارتز، وله تركيب رباعي الأوجه. وبيتا كوراتز، وله تركيب سداسي الأوجه. وتستخدم بعض أنواع الكوارتز على أنها أحجار كريمة، ومنها الجشمت والتانزانيت والكوارتز المدخن والكوارتز الوردي. ويحتوي الحجر الرملي على الكوارتز، ويستخدم في البناء. وللكوارتز استخدامات أخرى، منها صناعة ورق الزجاج، والزجاج، والسيراميك، والمسننات.

الجدول 5-6 أنواع المواد الصلبة البلورية

النوع	وحدة الجسيمات	خصائص الحالة الصلبة	أمثلة
ذرية	الذرات	لينة إلى لينة جدًّا، درجة انصهار منخفضة، رديئة التوصيل.	عناصر المجموعة 18
الجزيئية	جسيمات	متوسطة اللين، تتفاوت درجات الانصهار بين المنخفضة والمرتفعة نسبيًّا، رديئة التوصيل.	I_2, H_2O, NH_3, CO_2, $C_{12}H_{22}O_{11}$
التساهمية الشبكية	ترتبط الذرات بروابط تساهمية	صلبة جدًّا، 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	لينة إلى صلبة، درجة انصهار بين المنخفضة والمرتفعة، قابلة للسحب والطرق، ممتازة التوصيل.	جميع العناصر الفلزية

تصنيف المواد الصلبة البلورية تصنف هذه المواد تبعًا 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.

الشكل 20-6 أكثر أنواع الكوارتز شيوعًا هو البلوري السداسي.

المواد الصلبة الجزيئية ترتبط الجسيمات في هذه المواد إما بوساطة قوى 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 أنَّ بعضَ المركبات الجزيئية ـ ومنها السكر ـ صلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ بسبب كتلتها الجزيئية الكبيرة. تحتوي الجزيئات الكبيرة على الكثير من الروابط الضعيفة التي تجتمع معًا 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

تجربة

الهدف يبني الطلاب نماذج وحدات بناء البلورة، ويقارنون بينها.

المهارات العملية تصنيف، مقارنة، بناء النماذج.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الاطلاع على تعليمات السلامة في المختبر، ولبس معطف المختبر، وارتداء النظارات. انتبه في أثناء استخدام المقص.

التخلص من الفضلات دع الطلاب يضعوا النماذج البلورية في الصناديق المصممة لها.

استراتيجيات التدريس

- يجب أن يعود الطلاب إلى جدول 4–6 في أثناء بنائهم النماذج.
- يمكن أن يعمل الطلاب نماذج البلورة فرادى أو في مجموعات.
- اجمع المكعبات لإحدى أنواع وحدات بناء البلورة المكعبة جميعها، واعرضها على الطلاب لتوضيح كيف يمكن عمل شبكة بلورية كبيرة منها.
- ذكّر الطلاب أنهم درسوا سبع وحدات بناء أساسية، وهناك أنواع أخرى سوف يتعلمونها لاحقًا.

النتائج المتوقعة سوف يبني الطلاب النماذج السبعة الموضحة في الجدول 4–6.

تحليل النتائج

1. النموذجان البلوريان اللذان لهما ثلاثة أطوال محاور متساوية هما المكعب والمعين، ويختلفان في أن المكعب زواياه 90°، في حين أن المعين لا توجد فيه أي زاوية 90°.
2. النموذج البلوري الرباعي الأوجه.
3. النماذج الثلاثة البلورية التي لها ثلاثة محاور غير متساوية هي المعين وأحادي الميل، وثلاثي الميل.
4. ليست منتظمة تمامًا، حيث يمكن أن تتأثر بقوى وظروف خارجية.

تجربة

نمذجة وحدات بناء البلورة

كيف يمكنك تصميم نماذج فيزيائية توضح تركيب البلورة؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. أحضر مجموعة اطباق 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. **قوّم** أي النماذج له ثلاثة محاور متساوية الطول؟ ما وجه الاختلاف بينها؟
2. **حدّد** أيّ النماذج تتضمن مربعًا ومستطيلًا؟
3. **حدّد** أيّ النماذج له ثلاثة محاور غير متساوية؟
4. **استنتج** هل البلورات مثالية – في رأيك – أم فيها خلل؟ فسر إجابتك.

الشبكية، هي: الألماس والجرافيت والبكمنستر فوليرين. وتسمى ظاهرة وجود عنصر مثل الكربون بثلاثة أشكال في الحالة الفيزيائية نفسها (صلبة أو سائلة أو غازية) **التآصل**. ارجع إلى كتيب العناصر في نهاية كتاب الطالب لمعرفة المزيد حول متآصلات الكربون.

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 هشة، فعند طرق البلورة الأيونية تزاح 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. فمثلًا، ينصهر القصدير عند 232°C، بينما ينصهر النيكل عند 1455°C. وتجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات قابلةً للطرق والسحب، وعند تسليط قوة على الفلز تتحرك الإلكترونات لتجعل الأيونات مترابطة في مواقعها الجديدة. كما أن الإلكترونات المتحركة هي السبب أيضًا 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 أسلاكًا فلزية لنقل الكهرباء. والفلز المستخدم في العادة هو النحاس، إلا أن بعض الفلزات الأخرى تستخدم في تطبيقات خاصة.

ماذا قرأت؟ الفلزات قابلة للطرق، في صورة صفائح رقيقة يمكن تشكيلها لتستخدم في التصاميم الزخرفية المختلفة. والفلزات قابلة أيضًا للسحب، ويمكن استخدامها في صناعة الأقراط والعقود والسلاسل.

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب: ما سبب الالتباس في تصنيف تركيب الزجاج؟ يبدو من خلال حيود أشعة X أن الزجاج ليس له تركيب بلوري، إلا أنه عند استخدام النيوترونات يبدو أنه يوجد بنمطٍ منتظم في بعض المناطق فيه. واطلب إليهم تعريف المادة الصلبة غير المتبلورة. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل الطلاب أن يصفوا كيف يختلف السائل ذو اللزوجة العالية عن السائل ذي اللزوجة المنخفضة في المظهر. السائل ذو اللزوجة العالية مظهره كثيف ولا يتدفق بسهولة عند صبه، في حين يظهر السائل ذو اللزوجة المنخفضة خفيفًا ويتدفق بسهولة عند صبه. ض م

إعادة التدريس

وضح للطلاب خاصية التوتر السطحي باستخدام ماء ودبوس ذي طبعة، واطلب إلى الطلاب أن يرسموا مخططًا يظهر كيف تترتب جزيئات الماء حول الدبوس على أن يبقى طافيًا على السطح. ارجع إلى الشكل 16–6 ض م

التوسع

اسأل الطلاب أن يصمّموا تجربة لفحص التوصيل الحراري والكهربائي لأنواع مختلفة من المواد الصلبة المتبلورة. ض م

الشكل 22-6 استخدم الناس قديمًا الزجاج غير المتبلور (الزجاج البركاني) لعمل رؤوس السهام والسكاكين؛ لأنه يكوّن 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 22–6** مواد صلبة غير متبلورة.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

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 الزجاج الموصل للكهرباء.

التقويم 3-6

الخلاصة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنّف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

18. الفكرة الرئيسة قارن بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.

19. صف العوامل المؤثرة في اللزوجة.

20. فسّر سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.

21. قارن بين وحدة البناء والشبكة البلورية.

22. صف الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.

23. فسر سبب تكوين سطح الماء بشكل هلالي في المخبار المدرج.

24. استنتج سبب تكون سطح الزئبق في المخبار المدرّج على صورة سطح محدب.

25. 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.

26. صمّم من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبلَ أن يغرق. صمم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

التقويم 3-6

18. الجسيمات متقاربة في المواد الصلبة أكثر مما في المواد السائلة بسبب قوى التجاذب بين الجزيئات.

19. تتحدد لزوجة السائل بنوع قوى التجاذب بين الجزيئات في السائل، وحجوم الجسيمات وأشكالها، ودرجة الحرارة.

20. يقلل الصابون والمنظفات من التوتر السطحي للماء عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

21. وحدات البناء هي وحدات بناء الشبكة البلورية.

22. تتكون المادة الصلبة الجزيئية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة قوى تجاذب جزيئية، وهي أضعف من الروابط التساهمية، وتتكون المواد الصلبة التساهمية الشبكية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة روابط تساهمية.

23. لأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء. لذا يصعد الماء على الحواف الداخلية للمخبار المدرج.

24. قوى التماسك بين ذرات الزئبق أكبر من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج.

25. الذي يبرد أسرع في وعاء الثلج تكون المادة غير المتبلورة حيث تتكون المواد غير المتبلورة في العادة من مواد منصهرة تبرد بسرعة كبيرة على أن تكون بلورات.

26. تأكد أن الطلاب يستخدمون خطوات عمل صحيحة في تصميم تجاربهم.

6-4

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (23) الـواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

تغير الحالة الفيزيائية ضع كأس ماء فوق سخان كهربائي، ودع الماء يسخن حتى درجة الغليان. ثم اطلب إلى الطلاب أن يصفوا التغير في الطاقة بين السخان الكهربائي والماء. تضاف الطاقة الحرارية إلى الماء بوساطة السخان الكهربائي. واسألهم أيضًا أن يصفوا التغيرات في الماء. يتحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. ووضح لهم أن الجسيمات تتحول من حالة فيزيائية إلى أخرى عند إضافة الطاقة أو إزالتها. د م

2. التدريس

التوسع

توليد طاقة كهربائية قد يرغب الطلاب في معرفة كيفية استعمال البخار لتوليد الكهرباء. يتحول الماء إلى بخار باستخدام طاقة الوقود الأحفوري والطاقة النووية. ويستخدم البخار المضغوط في تشغيل المولِّدات (التوربينات) الضخمة المولِّدة للكهرباء.

- **إجابة سؤال الشكل 23–6** انصهار وتجمد.
- **إجابة سؤال النص** الطاقة الحرارية من المحيط.

6–4

الأهداف

- **تفسّر** كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية للمادة.
- **تفسر** مخطط الحالة الفيزيائية.

مراجعة المفردات

تغير الحالة: هو تغير المادة من حالة إلى أخرى.

المفردات الجديدة

درجة الانصهار
التبخر
التبخر السطحي
ضغط البخار
درجة الغليان
درجة التجمد
التكاثف
الترسب
مخطط الحالة الفيزيائية
النقطة الثلاثية

تغيرات الحالة الفيزيائية Phase Changes

الفكرة الرئيسة **تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.**

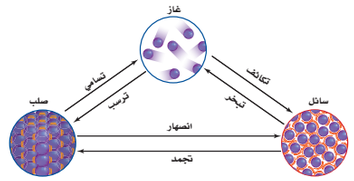
الربط مع الحياة هل تساءلت يومًا أين تذهب المادة الصلبة الموجودة في ملطف الجو؟ تكون مادة ملطف الجو صلبة، وتعطي عبقًا قويًا عند فتحها لأول مرة، ومع الأيام تقلّ المادة الصلبة، وفي النهاية لا يتبقى منها شيء تقريبًا، ويكون قد حان وقت وضع قطعة أخرى مكانها. لماذا لم تلاحظ تكون كمية من السائل، كتلك التي تنشأ عن الانصهار.

تغيرات الحالة الفيزيائية الماصة للطاقة
Phase Changes That Require Energy

توجد معظم المواد في ثلاث حالات؛ اعتمادًا على درجة الحرارة والضغط. وتوجد بعض المواد، ومنها الماء، في الحالات الثلاث تحت الظروف الطبيعية. وعند وجود حالتين للمادة ممزوجتين معًا 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 ـ الثلج والسائل وبخار الماء ـ مألوفة لديك، وقد راقبت تغيراتها، لذا يمكن استخدام الماء مثالًا أساسيًا 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، فتتدفق 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 معًا في مكعبات الثلج عندها تتحرك جسيمات السطح مبتعدًا 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؟



الشكل 23-6 يوضح الشكل التحولات الستة المحتملة بين حالات المادة.

حدد ما تغيرات الحالة الفيزيائية التي تحدث بين المواد الصلبة والمواد السائلة؟

دفتر الكيمياء

ملاحظة التغيرات في الحالة الفيزيائية اطلب إلى الطلاب أن يدوّنوا ملاحظاتهم عن التغيرات في الحالات الفيزيائية التي يلاحظونها يوميًا في دفاترهم مدة أسبوع، ويكتبوا اسم العملية (تجمد، تكثف، تبخر، انصهار، تسامي، ترسب) التي تغيرت فيها الحالة الفيزيائية التي لاحظوها. ض م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يكون لدى الطلاب مفاهيم غير صحيحة حول نشاط الجزيئات في أثناء تغيرات الحالة الفيزيائية.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اسأل الطلاب: ماذا يحدث لجزيئات المادة الصلبة في أثناء انصهارها؟ ربما تكون إجاباتهم أن الجزيئات نفسها تتكسر، وقد يفسرون الغليان والتسامي بالطريقة نفسها.

عرض المفهوم

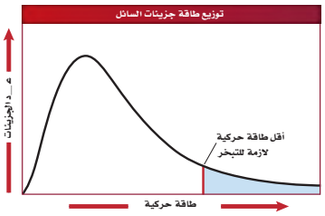
بيّن للطلاب، باستخدام الرسوم والنماذج، أن قوى التجاذب بين الجزيئية لا قوى التجاذب الجزيئية، هي التي تتكسر عند تسخين المادة.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلاب رسم عدة جزيئات للماء، موضحين قوى التجاذب بين الذرات في الجزيء بخط متصل، وقوى التجاذب الجزيئية (بين الذرات في الجزيء). ثم اطلب إليهم إعادة رسم الجزيئات في أثناء تسخين الماء. يتم التغلب على قوى التجاذب بين الجزيئية، أما قوى التجاذب الجزيئية فتبقى دون تغيير. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 24–6** يتم إزاحة القمة في الرسم البياني إلى اليمين بسبب زيادة الطاقة الحركية.

إجابة اختبار الرسم البياني تكون الجسيمات في الحالة البخارية.



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.

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 نسبيًّا. 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. **فدرجة انصهار** المادة الصلبة المتبلورة هي درجة الحرارة التي تتكسر عندها القوى التي تربط جسيمات الشبكة البلورية بعضها 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 بالإرتفاع لذلك يصعب تحديد نقطة الإنصهار.

التبخر 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 الجسيماتُ السائلَ فإنها تدخل في الحالة الغازية. وتسمى الحالة الغازية للمواد التي تكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة البخار.

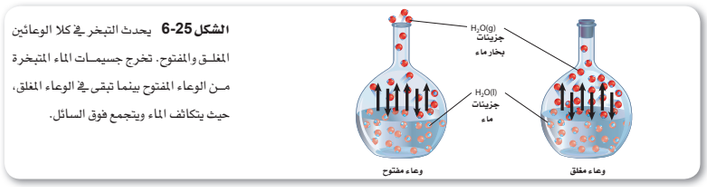
الكيمياء في الحياة الواقعية

التبخر

التعرق التبخر 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.

مشروع الكيمياء

درجة حرارة الجسم اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في آليات عمل الجسم لتنظيم درجة حرارته والتبعات الصحية الناتجة عن توقف هذه الآليات عن العمل. ثم دع الطلاب يعدّوا تقريرًا كتابيًّا أو شفهيًّا حول الموضوع ويعرضوه على الصف. ف م



الشكل 6-25 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.

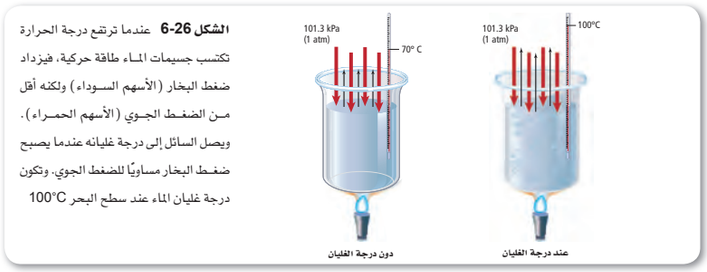
والتبخر هو العملية التي يتحول من خلالها السائل إلى غاز أو بخار.

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 للتحول إلى بخار، ومع زيادة درجة الحرارة يزداد عدد الجسيمات التي تتحول إلى الحالة الغازية.

يوضح **الشكل 6–25** مقارنة بين التبخر في وعاء مغلق وآخر مفتوح. فالماء الذي في الوعاء المفتوح تتبخر 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 6–26** 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 فقاقيع بخار السائل تحت سطح السائل، ثم ترتفع إلى السطح.



الشكل 6-26 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

التوسع

درجات الانصهار دع الطلاب يبحثوا عن درجات انصهار عشرة مركبات ليست مذكورة في كتابهم، ثم اطلب إليهم أن يلخصوا هذه البيانات في جداول في دفاتر الكيمياء. ض م

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب تصميم تجربة (على أن تتضمن بناء الجهاز) لقياس كمية الغاز الناتجة عن تسامي معطر الجو الصلب. يجب أن تبين هذه التصاميم جهازًا محكم الإغلاق مع أنبوب يمر من وعاء معطر الجو إلى مخبار مدرج مقلوب في صحن ماء. ض م

مختبر الكيمياء يمكنك تنفيذ مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل في هذه المرحلة من الدرس.

مشروع الكيمياء

متحف العينات اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا تقريرًا يقارنون فيه بين عملية التجميد المجفف الحديثة (freeze–drying) والعملية القديمة للتحنيط المستخدمة في حفظ عينات الحيوانات في المتاحف. واطلب إليهم أيضًا إحضار عينات حفظت بكلتا الطريقتين إذا أمكن ذلك. ض م

استخدام المفردات العلمية

تغيرات حالات المادة الفيزيائية اطلب إلى الطلاب كتابة نصوص تفسر معنى المفردات التالية: انصهار، تبخير، تبخر، تسامي، تكاثف، تجمّد، ترسب. د م

■ **إجابة سؤال الشكل 27–6** يتسامى الجليد الجاف بدلاً من أن يكوِّن ماءً سائلاً، إذ يلحق الماء السائل الضرر بمنتجات الأطعمة.

ماذا قرأت؟ يتكاثف بخار الماء في الهواء على نوى التكاثف عندما يتصاعد ، أو يمر على الأرض الباردة أو الماء.

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 تعكس الحالة ويصبح الهواء أكثر دفئًا عند المرتفعات وهذا الانقلاب قد يحصر الدخان فوق المدن والضباب في وديان الجبال.

التسامي هو تحول المادة مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة. فمثلًا، يتسامى كلًّا من اليود الصلب وثاني 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 صقيعًا على نافذة منزلك، أو نقاطًا 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.

التجمّد 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 الروابطُ الهيدروجينية التي بين جسيمات الماء الجسيماتِ ثابتةً 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 سطحًا باردًا 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 تَنتج 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 جدًّا معلقة في الهواء تسمى نوى التكاثف. يمكن أن تكون هذه الجسيمات غبارًا أو سناجًا أو رذاذًا (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** ضبابًا ناتجًا عن هذا الانقلاب.

ماذا قرأت؟ **صف** تكاثف بخار الماء في الجو.

دفتر الكيمياء

قطرات الندى في الصباح ما الذي يؤدي إلى تكوّن الندى؟ يصبح الهواء في الأيام الحارة والشديدة الرطوبة مشبعًا بالرطوبة، ولكنه يستطيع حمل كمية محدودة من الماء عند درجة حرارة معينة، وتقل هذه الكمية بانخفاض درجة الحرارة. وتكون أقل درجة حرارة في الليل في ساعات ما قبل شروق الشمس، وعندما تنخفض درجة الحرارة لا يستطيع الهواء حمل كمية الرطوبة التي كان يحملها في بداية الليل، لذا تتكاثف الرطوبة الزائدة على أي شيء بارد يلامس الهواء، مثل العشب. ويتبخر الندى من دفء أشعة الشمس عند شروقها ويختفي. اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا بحثًا عن تكون قطرات الندى مضمّنين إبداعاتهم الحقائق العلمية. ض م

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.

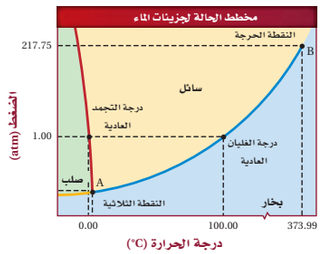
مخطط الحالة الفيزيائية Phase Diagram

يتحكم متغيران معًا في حالة المادة، هما: الضغط ودرجة الحرارة. ولهذين المتغيرين تأثيرات عكسية على المادة. حيث تعمل زيادة درجة الحرارة مثلًا على رفع معدل تبخر الماء، بينما تعمل زيادة الضغط على رفع معدل تكاثف البخار. **ومخطط الحالة الفيزيائية** رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يوضح حالة المادة تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والضغط.

يظهر **الشكل 29-6** مخطط الحالة الفيزيائية 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 المنحنى حالتان فيزيائيتان معًا للماء. يوضّح المنحنى الأصفر القصير ظروف الضغط والحرارة التي يوجد عندها بخار وثلج معًا. أما المنحنى الأزرق الطويل فيوضح ظروف الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة سائل وبخار معًا، في حين يوضح المنحنى الأحمر الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة ثلج وسائل معًا.

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 معًا.

ويمكن للتغيرات الستة كلها أن تحدث عند النقطة الثلاثية: التجمد والانصهار والتبخر والتكاثف والتسامي والترسب. وتعرف النقطة (B) بالنقطة الحرجة، وهي النقطة التي تمثل كلًا 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 الحالة الفيزيائية للماء عند درجات حرارة وضغوط مختلفة.

اختبار الرسم البياني؟
حدد حالة الماء الفيزيائية عند درجة حرارة 100.00°C وضغط (2.00atm).

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى يواجه بعض الطلاب صعوبة في تفسير مخطط الحالة الفيزيائية، لذا اقترح عليهم أن يتناولوا محور واحد من الرسم في كل مرة ويفسروه. فمثلًا، يتعين على الطلاب أخذ درجة الحرارة في الحسبان أولاً لتعريفهم بالمواد الصلبة والسائلة والغازية. مثال: درس الطلاب أن الماء يكون ثلجًا عند درجة حرارة أقل من 0°C وبارتفاع درجة الحرارة في البداية يصبح سائلاً ثم غازًا. فإن المقطع الأيسر لمخطط الحالة الفيزيائية يمثل الحالة الصلبة والمقطع الأوسط يمثل الحالة السائلة، أما المقطع الأيمن فيمثل الحالة الغازية. وذلك لا ينطبق على بعض المواد التي لها خصائص غير عادية. وعندما يأخذ الطلاب محور الضغط في الحسبان فسيتوصلون للنتيجة نفسها. وبمعرفة أن المواد تنضغط إلى الحالة الصلبة عند الضغط العالي، فإنّ المقطع عند الضغط العالي يمثل الحالة الصلبة ويمثل المقطع الذي يليه الحالة السائلة ويمثل مقطع الضغط الأقل الحالة الغازية. د م

عرض سريع

التسامي والتكاثف ضع قطعة صغيرة من معطر الجو الصلب في كأس زجاجية مغطاة بغطاء زجاجي فيه ثلج. ثم ضع الكأس والغطاء الزجاجي والثلج في وعاء فيه ماء دافئ. واطلب إلى الطلاب أن يراقبوا ما يحدث، ثم يسموا العملية التي حدثت. يتسامى معطر الجو الصلب بوساطة حرارة الماء الدافئ، ثم يتكاثف البخار الناتج على سطح الغطاء الزجاجي البارد فيتحول إلى مادة صلبة مرة أخرى. وإذا كان معطر الجو ملوّنًا فاسأل الطلاب لماذا تكون المادة المتسامية بيضاء؟ بما أن الصبغة مركب آخر منفصل عن معطر الجو فلا تتسامى معه. ض م

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب عمل ملصق يوضح حركة جسيمات المادة خلال الحالات الفيزيائية الثلاث، على أن توضح الرسومات المسافات النسبية بين الجسيمات في الحالات الفيزيائية كلها، ويوضح أيضًا ما إذا كانت الطاقة ناتجة أو ممتصة خلال كل تحول. ض م

التعزيز

الطاقة الحركية وضح للطلاب أن متوسط الطاقة الحركية للجسيمات تحدد درجة حرارتها. وبين لهم أنّ الماء الموجود في وعاء مفتوح سيتبخر حتى عند درجات حرارة أقل من 100°C؛ وذلك لأنه لا يتطلب وصول السوائل إلى درجات الغليان حتى تتحول إلى غازات.

إجابة اختبار الرسم البياني سائل.

إجابة اختبار الرسم البياني يكون الماء في الحالة الصلبة عند ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة، وهو ما لا ينطبق على ثاني أكسيد الكربون.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب تصنيف عمليات الانصهار والتكاثف والتجمد والتسامي والترسب والتبخير إلى ماصة للطاقة أو طاردة لها. الماصة للطاقة: الانصهار والتسامي والتبخير. والطاردة للطاقة: التكاثف والتجمد والترسب. ض م

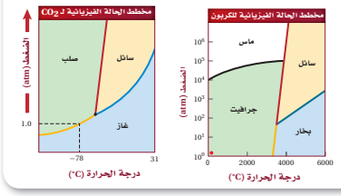
إعادة التدريس

اسأل الطلاب: ما الذي يحدث على المستوى الجزيئي خلال فصل الشتاء؟ وكيف يختفي الثلج تدريجيًّا دون أن ينصهر؟ يستطيع الماء الصلب أن يتسامى عند الظروف المناسبة. ض م

التوسع

اسأل الطلاب أن يستخدموا الشكل 30–6 لتحديد درجة الحرارة والضغط اللذين يكون عندهما ثاني أكسيد الكربون في الحالة الصلبة، وفي الحالة الغازية. ستتنوع الإجابات غير أنها يجب أن تتفق مع الشكل. ض م

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 30-6 يظهر مخطط الحالة الفيزيائية معلومات مفيدة، منها: لماذا يتسامى ثاني أكسيد الكربون في الظروف العادية؟ وسبب وجود نوعين من الكربون الصلب.

يختلف مخطط الحالة الفيزيائية للموادّ؛ وذلك بسبب اختلاف درجات تجمدها وغليانها. 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 الحالة الفيزيائية معلومات مهمة عن المواد. فعلى سبيل المثال، يوضح مخطط الحالة الفيزيائية لثاني أكسيد الكربون في **الشكل 30–6** سبب تسامي ثاني أكسيد الكربون تحت الظروف العادية. إذا بحثت عن 1.0 atm على منحنى ثاني أكسيد الكربون، وتتبعت الخط المنقط للمنحنى الأصفر فستجد أن ثاني أكسيد الكربون يتغير من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية عند 1atm 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 الحالة الفيزيائية 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 استقرارًا عند درجات الحرارة والضغط العاليين. والألماس الموجود عند درجة حرارة الغرفة وضغطها يتكوَّن في الأصل عند درجة حرارة وضغط عاليين.

التقويم 6-4

الخلاصة

- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الحالة الفيزيائية تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة.

27. الفكرة الرئيسة اشرح كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية؟

28. فسر الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمد.

29. قارن بين الترسب والتسامي.

30. قارن بين التسامي والتبخر.

31. صف المعلومات التي يوضحها مخطط الحالة الفيزيائية.

32. فسر ماذا تمثل كل من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الحالة الفيزيائية؟

33. حدد الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على **الشكل 29–6**، عند درجة حرارة 75.00°C وضغط (3.00 atm).

التقويم 6-4

27. تؤدي إضافة الطاقة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات مما يقلل من قوى التجاذب بين الجزيئات. في حين تؤدي إزالة الطاقة إلى تقليل الطاقة الحركية للجسيمات وتزداد قوى التجاذب بين الجزيئات.

28. يحدث التجمد عندما يتحول السائل إلى الحالة الصلبة وتنطلق الطاقة. ويحتاج الانصهار إلى طاقة لتحويل المادة الصلبة إلى الحالة السائلة.

29. تمر المادة بمرحلة الترسب عندما تتحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة، في حين أنها تمر بمرحلة التسامي عندما تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة.

30. تصبح المادة في كلتا العمليتين بخارًا فهي تتحول خلال التسامي من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة، أمّا عندما تكتسب جسيمات السائل الطاقة الكافية فإنها تتحول إلى الحالة الغازية.

31. يبين مخطط الحالة الفيزيائية درجة الحرارة والضغط التي تكون عندها المادة في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.

32. النقطة الثلاثية: هي درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في الحالات الفيزيائية الثلاث. أمّا النقطة الحرجة فهي درجة الحرارة والضغط التي لا يمكن للمادة أن توجد بعدهما في الحالة السائلة.

33. سائل.

الهدف

سيتعلم الطلاب كيف أنَّ حجم الجسيمات وكمية الزبد يؤديان معًا إلى التأثير في لزوجة الشوكولاته السائلة.

الخلفية النظرية

يمكن شراء الشوكولاته بأسعار متنوعة وذلك حسب جودتها. ناقش الطلاب كيف أن تغير حجم الجسيمات وكمية الزبد يمكن أن تغير في نوعية الشوكولاتة وثمنها اعتمادًا على المعلومات التي يتضمنها المقال، والأخذ في الحسبان أن سعر زبد الكاكاو هو الأغلى بين مكونات الشوكولاتة.

استراتيجيات التدريس

تُعد الشوكولاتة من المواد الجيدة للتحليل في المختبر. فالعديد من المشاريع موصوفة في كتاب علم الشوكولاتة: The Science of chocolate by stephen T. Beckeh الذي نشرته الجمعية الملكية للكيمياء سنة 2000.

الكيمياء من واقع الحياة

كيمياء الكاكاو

الشوكولاتة مادة غذائية، موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والمكسيك. وقد نقل هنري كورتز حبوب الكاكاو وطريقة صناعة مشروب الشوكولاتة إلى إسبانيا، بعدما قدم حاكم الأزتيك مونتيزوما 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 مونتيزوما؛ 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 مزيجًا صلبًا 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 تكُون الشوكولاتة سائلة في أثناء عملية التحضير، ويغلف زبدُ 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 2.0×10^{-5} m و 3.0×10^{-5} m تقريبًا.

السيطرة على التدفق وكما تلاحظ من الشكل (1) للعدد الكبير من الجسيمات الصغيرة مساحة سطحية أكبر من قطعة واحدة لها الكتلة نفسها.

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.

الشكل 2 تتم معالجة الشوكولاتة ببطء، حتى يظهر التركيب البلوري فيها مما يعطي للشوكولاتة المظهر الخاص به.

تتطلب جسيمات الشوكولاتة الأصغر حجمًا كمية أكبر من زبد الكاكاو لتغطية سطحها الصلب، ويسمح المزيد من زبد الكاكاو بين الجسيمات الصلبة بانسياب الشوكولاتة.

الملمس السلس إذا احتوت الشوكولاتة على كمية قليلة من زبد الكاكاو بين جسيماتها الصلبة فإنها تصبح لزجة جدًّا ما يمنع انسيابها في القالب. ولتحسين انسياب الشوكولاتة دون تكبير مساحة السطح يقوم المصنعون بإضافة المزيد من زبد الكاكاو، أو مستحلب الليسثين 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 يتمّ رج الشوكولاتة بصورة مناسبة تتكون بلورات تعطي نوعًا رديئًا من الشوكولاتة. تجعل البلوراتُ المطلوبة الشوكولاتةَ – كما هو ظاهر في **الشكل (2)** – أكثر صلابة ولمعانًا، ويسهل قضمها، وتنصهر عند درجة حرارة الجسم.

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن معلومات أخرى عن الشوكولاتة، ثم اكتب تقريرًا قصيرًا.

الكتابة في الكيمياء

البحث قد تحتوي التقارير على العديد من المعلومات، مثل مكان نمو الحبوب، وكيفية معالجتها، وكيفية توزيع المنتج النهائي وبيعه.

مختبر الكيمياء

مقارنة معدلات التبخر

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية اكتساب المعلومات وتحليلها، التصنيف، التوصل إلى استنتاجات، الملاحظة والاستنتاج، التمييز بين السبب والنتيجة.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الاطلاع على تعليمات السلامة في المختبر قبل بدء العمل. **تحذير: الأسيتون والإيثانول وكحول الأيزوبروبيل كلها مواد قابلة للاشتعال – والأبخرة قد تكون قابلة للانفجار. لذا دع اللهب بعيدًا عن أبخرة هذه السوائل.** واحذر من إجراء هذه التجربة إذا لم توجد تهوية جيدة؛ نظرًا إلى أن هذه السوائل قد تجفف البشرة وتهيج الأعين.

التخلص من النفايات أرشد الطلاب إلى إعادة السوائل غير المستعملة إلى الأوعية الملائمة لها لإعادة استخدامها.

خطوات العمل

- أخبر الطلاب أنه إذا كانت نقطة السائل لا تزال مرئية بعد 5 min فعندئذٍ يجب تسجيل الزمن على أنه 300 s.
- يمكن تسخين الإيثانول بوساطة السخان الكهربائي أو حمام ماء ساخن.

النتائج المتوقعة

السائل	زمن التبخر (S)	الملاحظات: شكل نقطة السائل (المنظر الجانبي والعلوي)
الماء المقطر	300<	العلوي: كروي الجانبي: مقبب
الإيثانول	140	العلوي: دائري متعرج الجانبي: مسطح
الإيثانول الدافئ	140>	العلوي: دائري متعرج الجانبي: مسطح
كحول الأيزوبروبيل	146	العلوي: دائري متعرج الجانبي: مسطح
الأسيتون	8.4	العلوي: دائري صغير الجانبي: مسطح
الأمونيا	300<	العلوي: كروي الجانبي: مقبب

مختبر الكيمياء

مقارنة معدلات التبخر

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 قطارات
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. أعدّ ساعة الإيقاف، وضع قطرة واحدة من الماء المقطر على المكان المحدّد على الورقة الشمعية، ثم احسب الوقت اللازم لتبخر نقطة الماء. وإذا احتاجت النقطة إلى أكثر من 5 دقائق فسجل ذلك في جدولك في صورة (> 300 دقائق).
7. كرر الخطوة 6 مع السوائل الأربعة الأخرى.

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** اعتمادًا 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. اعتمادًا 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.

التحليل والاستنتاج

1. الأسيتون هو الأسرع، وأما الماء والأمونيا فهما الأبطأ.
2. في السائل غير القطبي الذي يتبخر بسرعة (الأسيتون).
3. كلما زاد التوتر السطحي كان شكل النقطة كرويًّا أو مقببًا. تزيد قوى التجاذب بين الجزيئية من التوتر السطحي.
4. يمكن أن يتبخر الكحول النقي أسرع لأن لديه روابط هيدروجينية أضعف.
5. ماء أكثر؛ لأن سرعة تبخير الأمونيا مشابهة لسرعة تبخير الماء.
6. يتبخر الإيثانول الساخن أسرع من الإيثانول عند درجة حرارة الغرفة بسبب زيادة الطاقة الحركية.
7. قدّم المساعدة لمن يحتاج إليها من الطلاب.
8. من خلال تحديد الحجم الدقيق لكل سائل يتم اختباره.

الاستقصاء

تأكد أن الطلاب يستخدمون خطوات عمل علمية في تصاميم تجاربهم.

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

استخدام المفردات

اطلب إلى الطلاب كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل لتعزيز معرفتهم بالمفردات. ض م

مراجعة الاستراتيجيات

- اطلب إلى الطلاب عمل مخطط توضيحي للمقارنة بين خصائص المادة الصلبة والسائلة والغازية. ض م
- اطلب إلى الطلاب تعرّف المصطلحات ذات المعاني المتناقضة: التبخر والتكاثف، التسامي والترسب، التجمد والانصهار. ض م

الفصل 6 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

6-1 الغازات

الفكرة الرئيسة تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.

المفردات

- الضغط الجوي
- البارمتر
- قانون دالتون للضغوط
- الانتشار
- التصادم المرن
- قانون جراهام للتدفق
- النظرية الحركية الجزيئية
- باسكال
- الضغط
- درجة الحرارة

المفاهيم الرئيسة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل سرعة انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

6-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسة تحدّد القوى بين الجزيئات – ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية – حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- قوى ثنائية القطبية
- روابط هيدروجينية
- قوى التشتت

المفاهيم الرئيسة

- القوى الجزيئية أقوى من القوى بين الجزيئية.
- قوى التشتت قوى بين جزيئية بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسة لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

المفردات

- تآصل
- صلب غير متبلور
- التوتر السطحي
- صلب متبلور
- وحدة بناء
- عوامل خافضة للتوتر السطحي
- اللزوجة

المفاهيم الرئيسة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد السائلة والصلبة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

يمكن للطلاب زيارة الموقع:

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- طلبًا للمزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن .

6-4 تغيرات الحالة الفزيائية

الفكرة الرئيسة تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

المفردات

- درجة الغليان
- التكاثف
- الترسب
- التبخر السطحي
- درجة التجمد
- درجة الانصهار
- مخطط الحالة الفيزيائية
- النقطة الثلاثية
- النقطة الحرجة
- التبخر
- ضغط بخار السائل

المفاهيم الرئيسة

- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الحالة الفيزيائية تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة الفيزيائية.

6-1

إتقان المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟

35. كيف تتغير الطاقة الحركية للجسيمات تبعًا لدرجات الحرارة؟

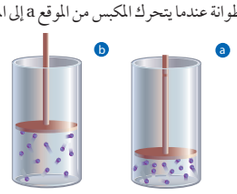
36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدد والانضغاط .

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 6–31**، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 6–31

41. صناعة الخبز فسّر لماذا تختلف تعليمات 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؟

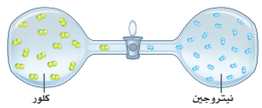
46. ما ضغط الغاز الكلي في دورق مغلق يحتوي على أكسجين له ضغط جزئي يساوي 0.41 atm وبخار ماء له ضغط جزئي يساوي 0.58 atm ؟

47. تبلغ قيمة الضغط عند قمة أعلى جبل في العالم، قمة إفرست، 33.6kPa تقريبًا، حوّل 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 تقريبًا. ما قيمة الضغط بوحدتي atm وtorr؟

49. يساوي الضغط على عمق 76.21 m في المحيط 8.4 atm تقريبًا. ما قيمة الضغط بوحدتي kPa و mmHg؟

50. يمثل **الشكل 6–32** تجربة؛ إذ يملأ الدورق الأيسر فيها بغاز الكلور، ويملأ الدورق الأيمن بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح الصمام بينهما. افترض أن درجة حرارة النظام ثابتة خلال التجربة.



الشكل 6–32

6-2

إتقان المفاهيم

51. وضح الفرق بين القطبية المؤقتة و القطبية الدائمة.

52. لماذا تعد قوى التشتت أضعف من القوى الثنائية القطبية؟

6–1

إتقان المفاهيم

34. الذي لا يفقد الطاقة الحركية.

35. تتناسب طاقة حركة الجسيمات طرديًّا مع درجة حرارتها.

36. يمكن أن تنضغط الغازات بسهولة في حجم صغير عندما يقع الضغط عليها؛ وذلك نظرًا للفراغات بين جسيماتها. وتساعدها حركتها العشوائية على العودة لتتمدد عند إزالة الضغط عنها.

37. (1) تتكون المادة من جسيمات صغيرة.

(2) تتحرك الجسيمات باستمرار ويتصادم بعضها ببعض تصادمًا مرنًا.

(3) للجسيمات طاقة حركية، ويمثل متوسط هذه الطاقة درجة الحرارة.

38. للغازات كثافة قليلة، ويمكن ضغطها، كما أنها تتمدد لتملأ الحيز المتاح لها، وتنتشر، وتتدفق.

39. كلاهما يتضمن حركة جسيمات الغاز فالانتشار هو حركة إحدى المواد من خلال الأخرى، أما التدفق فهو تَسَرُّب المادة خلال الثقوب الصغيرة نتيجة للضغط. ويتناسب معدل كل من الانتشار والتدفق عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغاز.

40. تقل الكثافة لأن جسيمات الغاز تحتل حجمًا أكبر في وحدة المساحة.

41. بسبب اختلاف ضغط الهواء نتيجة اختلاف الارتفاع. يقل الضغط على المرتفعات العالية مؤديًا إلى انخفاض في درجة غليان الماء، لذا يزداد زمن إعداد الخبز.

إتقان المسائل

42. $36.0\ g/mol$

43. $\frac{\text{معدل تدفق Kr}}{\text{معدل تدفق Ne}} = 0.4931$

44. $3.56\ g/mol$

45. $0.01 atm$

46. $0.99\ atm$

47. $0.332 atm$ وهو ثلث الضغط عند سطح البحر.

48. $6.30\times10^{3}\ torr = 0.829\ atm = 84.0\ kPa$

49. $6.4\times10^{3}\ mmHg = 8.5\times10^{2}\ kPa = 8.4\ atm$

50. سوف تنتشر الغازات حتى تمتلئ الحجرتان بخليط الغاز نفسه.

6–2

إتقان المفاهيم

51. تتكوّن القطبية المؤقتة عندما يقترب جزيء من جزيء آخر، وتتنافر الإلكترونات بعضها مع بعض منتجة كثافة إلكترونية أكبر على جانب واحد من الجزيء. وتوجد القطبية الدائمة في الجزيئات القطبية التي يكون فيها دائمًا بعض الأماكن في الجزيء ذات شحنة موجبة جزئية وأخرى سالبة جزئية.

52. تكون قوى التشتت بين الأقطاب المؤقتة، في حين تكون القوى الثنائية القطبية بين الأقطاب الدائمة.

تقويم الفصل 6

53. فسر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم القوى الثنائية القطبية؟

54. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئية 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 الكهرسلبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:

a. HF b. HBr c. NO d. CO

57. ارسم تجاذبًا ثنائي القطبية بين جزيئين من CO.

58. أي المواد الآتية تكوّن روابط هيدروجينية؟

a. H_2O b. H_2O_2 c. HF d. NH_3

59. أي الجسيمات الآتية يكوّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جسيمات منها موضحًا ترابطها معًا بوساطة الروابط الهيدروجينية.

a. NaCl b. $MgCl_2$ c. H_2O_2 d. CO_2

6-3

إتقان المفاهيم

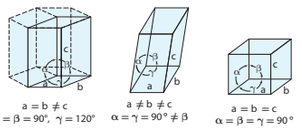
60. ما التوتر السطحي؟ وما الشروط الواجب توافرها لحدوثه؟

61. فسر سبب انحناء سطح الماء في المخبار المدرج؟

62. أي السائلين أكثر لزوجة عند درجة حرارة الغرفة: الماء أم الدبس؟ فسر إجابتك

63. فسر كيف تؤدي قوتان مختلفتان دوريهما في الخاصية الشعرية؟

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. فسر لماذا يمكن ثني الفلزات عند ضربها، بينما تتكسر المواد الأيونية؟

67. عدِّد أنواع المواد المتبلورة التي تعد موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.

68. كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في لزوجة المادة؟

69. فسر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أكبر منه للجازولين ذي الجسيمات غير القطبية؟

70. قارن بين عدد الجسيمات لكل وحدة بناء لكل مما يلي:

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** أيّ المواد الصلبة الآتية يمكن أن توصل محاليلها التيار الكهربائي أفضل: السكر أم الملح؟

73. فسر لماذا يطفو مكعب الثلج فوق الماء، بينما يغرق مكعب البنزين الصلب في البنزين السائل؟ أي السلوكين طبيعي أكثر؟

53. تتضمن الرابطة الهيدروجينية اختلافًا كبيرًا في الكهروسالبية بين ذرة الهيدروجين والذرة المرتبطة معها (F،N،O) مما يجعل الرابطة ذات قطبية عالية جدًّا.

54. تربط قوى التجاذب الجزيئية بين الذرات في الجزيء معًا، في حين تربط قوى التجاذب بين الجزيئات المختلفة معًا.

55. لأن الجزيئات الطويلة لها مساحة سطح أكبر، لذا تزداد قوى التجاذب بين الجزيئات.

إتقان المسائل

56. **a.** $H^+ - F^-$ **c.** $H^- - O^-$

b. $H^+ - Br^-$ **d.** $C^+ - O^-$

57. بالرجوع إلى **الشكل 9–6** يجب أن يظهر الرسم جزيئي CO على أن تكون C موجبة جزئيًّا، و O سالبة جزئيًّا، على أن ترتبط C من جزيء مع O من جزيء آخر.

58. تكوّن المواد كلها روابط هيدروجينية.

59. يكوّن H_2O_2 روابط هيدروجينية، ارجع إلى الدرس من أجل الرسم.

6-3

إتقان المفاهيم

60. الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين.

61. التلاصق بين الماء والزجاج أكبر من التماسك بين جزيئات الماء.

62. الدبس. تمنع قوى التجاذب القوية بين الجزيئات الدبس من التدفق.

63. تنتج الخاصية الشعرية عن تعارض قوى التماسك والتلاصق. ولأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وجزيئات الزجاج في الأنبوب الشعري أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء، لذا يرتفع الماء في الأنبوب الشعري.

64. الجوانب كلها في النظام البلوري للمكعب لها الأطوال نفسها، وقيم زواياه هي 90°، وفي النظام الأحادي الميل تكون (a، b، c) مختلفة، والزوايا α، γ تساوي 90°، في حين أن الزاوية β ليست كذلك. أما في النظام البلوري السداسي الأوجه فإن a و b لهما أطوال متساوية، في حين أن C ليست كذلك. والزوايا α و β متساوية وهي 90°، في حين أن الزاوية γ تساوي 120°.

65. تتماسك الجسيمات بعضها مع بعض في المواد الصلبة الشبكية بروابط تساهمية، أما المواد الأيونية الصلبة فتتماسك بقوى تجاذب كهربائية.

66. تستطيع الإلكترونات التي تربط أيونات الفلز بعضها مع بعض التحرك بسهولة لاستيعاب المؤثرات الخارجية. ففي المواد الصلبة الأيونية تستطيع القوة القوية فصل المادة الصلبة على طول السطح وربط مجموعة من الذرات معًا.

67. المواد الصلبة الفلزية؛ المواد الصلبة الأيونية عند انصهارها أو ذوبانها في محلول مائي.

68. تُنتج قوى التجاذب القوية بين الجزيئات لزوجة أعلى؛ لأن القوى تمسك بالجسيمات بطريقة محكمة لتمنعها من التدفق.

69. يزداد التوتر السطحي بزيادة القوى بين الجسيمات، فجزيئات الماء يتماسك بعضها ببعض بروابط هيدروجينية قوية مما ينتج عنه توترًا سطحيًّا عاليًا جدًّا. في حين تنتج قوى التشتت الضعيفة بين جزيئات البنزين توترًا سطحيًا منخفضًا.

70. **a.** 8

b. 9

تقويم الفصل 6

إتقان المسائل

74. إذا أعطيت أطوال الأضلاع وقيم زوايا الوجه، فتوقَّع شكل كل بلورة مما يلي:

a. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 3\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 90°$

b. $a = 4\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 100, \gamma = 90°$

c. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 90°$

d. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 120°$

6-4

إتقان المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسب؟

76. قارن بين التبخر والغليان.

77. ما المقصود بدرجة الانصهار؟

78. فسر العلاقة بين كل من الضغط الجوي وضغط البخار للسائل ودرجة الغليان.

79. فسر تكوُّن الندى في الصباح البارد.

80. ثلج فسر سبب تقلّص كومة ثلج ببطء، حتى في الأيام التي لا تزيد درجة الحرارة فيها على درجة تجمد الماء.

إتقان المسائل

الشكل 6-34

81. انسخ الشكل 6-34 ثم حدّد عليه منطقة الحالة الصلبة والسائلة والغازية، والنقطة الثلاثية والنقطة الحرجة.

82. لماذا تكون الطاقة التي نحتاج إليها لغلي 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 المواقع؟

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 760 mmHg 13.5 g/ml بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط (1.00 g/ml). فسر هذا الاختلاف، اعتمادًا على قوى التجاذب بين الجزيئية 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. عدِّد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئية.

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؟

71. المادة التي تم تبريد مصهورها بسرعة في حوض من الثلج، لأن المواد الصلبة غير المتبلورة تنتج عن التبريد السريع لمصاهيرها.

72. الملح لأنه يتكون من أيونات، في حين أن السكر مادة صلبة جزيئية خالية من الأيونات.

73. يزداد التوتر السطحي بزيادة قوى التجاذب بين الجسيمات، تتماسك جزيئات الماء بوساطة روابط هيدروجينية قوية مما ينتج عنه توترًا سطحيًّا عاليًا جدًا. في حين تنتج قوى التشتت الضعيفة بين جزيئات البنزين توترًا سطحيًا منخفضًا. فالبنزين أقرب إلى الواقع.

إتقان المسائل

74. a. مكعب

b. أحادي الميل

c. رباعي الأوجه

d. سداسي الأوجه.

6-4

إتقان المفاهيم

75. يحدث التسامي عند تحول المادة الصلبة إلى غازية، ويحدث الترسب عند تحول المادة الغازية إلى صلبة.

76. التبخر تحول المادة السائلة (جزيئات سطح السائل) إلى غاز، أما الغليان فيحدث عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي الخارجي؛ ويحدث عند سطح السائل وداخله في المكان الذي تتكون فيه الفقاقيع.

77. درجة الحرارة التي تتحلل عندها الشبكة البلورية للمادة الصلبة وتصبح مادة سائلة.

78. درجة الغليان : هي درجة حرارة السائل عندما يكون الضغط البخاري الناتج عن جزيئات السائل المتسربة من سطحه مساويًا للضغط الجوي فوق سطح السائل.

79. عندما يلامس الهواء الجوي المحمل ببخار الماء سطح جسم بارد؛ فإن بخار الماء يتكاثف على هذا الجسم.

80. يتسامى بعض الثلج.

إتقان المسائل

81. ارجع إلى الدرس.

82. لا يحتاج الانصهار إلى طاقة كبيرة؛ لأن الجسيمات في المادة الصلبة يجب ألا تتحرك بعيدة بعضها عن بعض أو تكتسب حركة أكبر لتكوين السائل.

مراجعة عامة

83. لأن الجسيمات في الحالة السائلة والغازية تتماسك بقوى تجاذب أقل منها في الحالة الصلبة مما يسمح لها بالتدفق.

84. جزيئات الأكسجين غير قطبية ويتماسك بعضها ببعض بوساطة قوى التشتت مما يجعل فصلها أسهل. أما جزيئات الماء فتتماسك بوساطة روابط هيدروجينية قوية مما يجعل من الصعب فصلها، وعليه فإن للماء درجة غليان أعلى.

85. لأن الجسيمات في الحالة الغازية ينفصل (يتباعد) بعضها عن بعض بصورة أكثر منها في الحالة الصلبة أو السائلة، ولذا يوجد فراغ أكبر بين الجسيمات مما يمكن ضغطها.

تقويم الفصل 6

86. الروابط الفلزية التي تمسك ذرات الزئبق معًا هي أقوى من الروابط الهيدروجينية التي تمسك جزيئات الماء معًا، لذا فإن ذرات الزئبق متراصة أكثر بعضها فوق بعض مما ينتج عنه كتلة أكبر في وحدة الحجم.

87. الوعاء الذي يوجد فيه ضعف الضغط نجد فيه ضعف عدد الجسيمات.

88. الروابط الهيدروجينية، قوى التشتت، القوى الثنائية القطبية.

89. لا، التغير الوحيد في الحالة الفيزيائية الذي يحدث هو تبخر الماء السائل لتكوين بخار الماء. يظل السكر دائمًا في الحالة الصلبة حتى عند عدم رؤيته. وتصبح البلورات كبيرة بدرجة كافية مع الزمن بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

التفكير الناقد

90.a 100° C

b 78.5° C

c 94° C

91.a مادة صلبة جزيئية

b مادة صلبة فلزية

c مادة صلبة أيونية

d مادة صلبة تساهمية شبكية

92. ينتج ضاغط الهواء الطاقة بصورة سريعة؛ لأن الغازات يمكن ضغطها بسهولة. بينما تتضمن الأنظمة الهيدروليكية السوائل التي لا يمكن ضغطها بهذه السهولة وهي أكثر فائدة لإنتاج طاقة ثابتة ببطء.

93. ارجع إلى الدرس، أو إلى دليل حلول المسائل ص 47.

94. تستخدم الطاقة في تكسير الروابط التي تربط جسيمات المادة الصلبة معًا.

95. الانتشار؛ لأن جسيمات الغاز في العطر تختلط بجسيمات الهواء.

96.a أكثر كثافة.

b أقل سرعة.

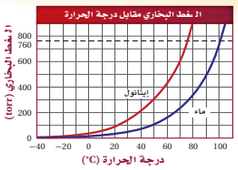
97. تذوب الأمونيا في الماء بصورة أكثر من الميثان؛ لأن الأمونيا والماء يكوِّنا قوى تجاذب بين جزيئاتها أقوى (روابط هيدروجينية) بين بعضهما، في حين يكوّن الماء والميثان قوى تشتت فقط تكون أضعف من الروابط الهيدروجينية.

98. تستهلك طاقة: الانصهار والتسامي والتبخر.

ينتج طاقة: التجمد والترسب والتكاثف.

99. الضغط أعلى من 73 bar ودرجة الحرارة فوق 31.1 °C

التفكير الناقد



الشكل 35–6

90. تفسير الرسوم البيانية ارجع إلى **الشكل 35–6** الذي يوضح ضغط بخار كل من الماء والإيثانول مقابل درجة الحرارة للإجابة عما يأتي:

a. ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟

b. ما درجة غليان الإيثانول عند درجة حرارة 1 atm؟

c. 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؟

a. مادة تنصهر ويعاد تشكيلها عند درجات حرارة منخفضة.

b. مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.

c. مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة .

d. مادة صلبة جدًّا وغير موصلة للكهرباء.

92. قارن يستخدم ضاغط الهواء الطاقة لضغط جسيمات الهواء معًا، 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 الحالة الفيزيائية للأمونيا.

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 كليًا. ماذا يحدث للطاقة الحرارية للنظام خلال الانصهار؟

95. تواصل أي العمليتين تجعلك قادرًا على شم العطور من زجاجة مفتوحة وبعيدة عنك: الانتشار أم التدفق؟ فسر إجابتك.

96. استنتج يتضمن عرض مختبري صَبَّ 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.

a. هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقل من الهواء؟

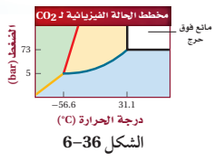
b. هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صبه فوق سائل آخر؟

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. قوّم عدِّد ثلاث تغيرات تنتج طاقة، وثلاثة أخرى تستهلكها.

99. قوّم 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 36–6** لتحديد الظروف التي يجب توافرها لتكوين ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

تقويم الفصل 6



الشكل 36–6

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 محلول متجانس أو محلول غير متجانس:

a. الهواء
b. الدم
c. أمونيا
d. الخردل
e. الماء

102. أعطيت محلولين مائيين شفافين صافيين، وقد قيل لك إن أحد المحلولين يحتوي مركبًا أيونيًّا، ويحتوي الثاني على مركب تساهميّ. كيف تحدد أيهما أيوني؟ وأيهما 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؟

$$K_2CO_{3(aq)} + BaCl_{2(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + BaCO_{3(s)}$$

a. احتراق
b. إحلال مزدوج
c. إحلال بسيط
d. تحضير

105. من أول كيميائي وضع أول جدول دوري، وكان أوسع استخدامًا وأكثر قبولًا؟

a. ديمتري مندليف
b. هنري موزلي
c. جون نيولاندز
d. لوثر ماير

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 صناعيًّا والطبيعية من جسيمات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجسيمات المركبات الأخرى المكونة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكيد على إطلاق العطر بصورة بطيئة ومستمرة. اكتب تقريرًا عن كيمياء مكونات العطور، مؤكدًا 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 يُسيَّل ويطلق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد ومساوئ تخزين ونقل البروبان سائلًا لا غازًا.

108. **حالات المادة الأخرى** ابحث في إحدى الموضوعات الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids). واكتب تقريرًا 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 تمامًا، 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 سائلًا. وعند إمالة الأنبوب تحرك السائل على طول جانب الأنبوب في مجرّى ضيق، وتصلب بسرعة.

109. لماذا يتسامى اليود بسهولة؟ فسر إجابتك باستخدام ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية.

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؟

مسألة تحفيز

100. 300 ml

مراجعة تراكمية

101. a. مخلوط متجانس
b. مخلوط غير متجانس
c. مركب
d. مخلوط غير متجانس
e. مركب

102. يمكن قياس مدى قدرتها على إيصال التيار الكهربائي. يوصل محلول المركب الأيوني التيار الكهربائي، في حين أن محلول المركب التساهمي غير موصل.

103. b

104. b

105. a

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

106. يجب أن يظهر في تقارير الطلاب أن معدل التدفق البطيء ينتج عنه سرعة إنتشار قليلة، وبالتالي استمرار أطول للرائحة.

107. يحتاج السائل إلى وعاء أصغر من الغاز، لذا يمكن أن يحتوي الوعاء على كمية وقود سائل أكثر من الغاز.

108. افحص تقارير الطلاب.

أسئلة المستندات

109. قوى التشتت التي تمسك جزيئات اليود معًا في البلورة الصلبة قوًى ضعيفة نسبيًّا ولذا فعند تكسير هذه الروابط تتحول الذرات مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.

110. ينصهر اليود الصلب عند 112.9°C، ويغلي عند 183.0°C، وضغطه البخاري هو 100 mmHg عند درجة حرارة 116.5°C وعند تسخينه بسرعة أو في أنبوب مغلق ينصهر. ويجب توافر ضغط بخاري مقداره 100 mmHg للسماح لليود السائل بالتكون ومنع حدوث التسامي. في الأوعية المفتوحة البلورات في العادة تتسامى كاملة قبل أن تنصهر.

111. لأنه إذا لم يكن الأنبوب مغلقًا بإحكام فإن بخار اليود يتسرب إلى الغرفة.

112. يبرد اليود بسرعة في أثناء الإمالة.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. c
2. b
3. b
4. d
5. d
6. c

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 الجزيئية؟

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.

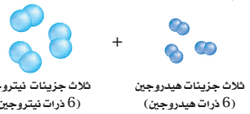
3. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربتون والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق 3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكل من Ne وKr هو 0.435 atm و1.613 atm على التوالي، فما الضغط الجزئي لغاز Ar؟

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 الجزيئية.
b. حجم وشكل الجزيء.
c. درجة حرارة السائل.
d. الخاصية الشعرية.

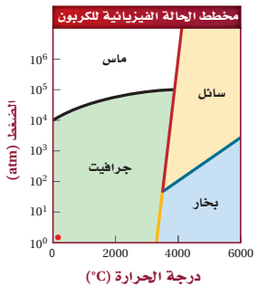
استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 5.



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 جزيئًا هيدروجين.
c. يتكوّن 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي جزيء.
d. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزيئًا نيتروجين.

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة 8–6



6. ما الظروف التي يتكون فيها الألماس؟

a. درجة الحرارة < 5000K والضغط > 100atm
b. درجة الحرارة < 6000K والضغط > 25atm
c. درجة الحرارة < 3500K والضغط < 10^5atm
d. درجة الحرارة < 4500K والضغط > 10atm

اختبار مقنن

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 الأسئلة 9 و 10

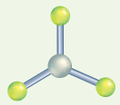
خصائص الرابطة الأحادية		
الرابطة	طاقة الرابطة kJ/mol	طول الرابطة (pm)
H–H	435	74
Br–Br	192	228
C–C	347	154
C–H	393	104
C–N	305	147
C–O	356	143
Cl–Cl	243	199
I–I	151	267
S–S	259	208

9. ارسم العلاقة بين طول الرابطة وطاقة الربط بيانيًّا، واضعًا طاقة الربط على المحور السيني.

10. لخص العلاقة بين طاقة الرابطة وطول الرابطة.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 11.

الشكل الهندسي لـ $AlCl_3$ و PCl_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 لها الصيغة الكيميائية نفسها؟

7. d

8. b

أسئلة الإجابات القصيرة

9. ارجع إلى الدرس لعمل الرسوم البيانية، أو دليل حلول المسائل ص 51.

10. يقل طول الرابطة بزيادة قوتها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. $AlCl_3$ له شكل مثلث مسطح، في حين أن PCl_3 له شكل هرمي. يعود السبب في اختلاف أشكالهما إلى اختلاف عدد أزواج الإلكترونات غير المرتبطة. ولأن للألومنيوم ثلاثة إلكترونات تكافؤ تستخدم جميعها في الارتباط بالكلور ولا يتبقى أي منها غير مرتبط فإنه ينتج عنه شكل مثلث مسطح. أما PCl_3 فله شكل هرمي؛ لأن للفوسفور 5 إلكترونات تكافؤ وتستخدم ثلاثة فقط منها في الارتباط مع ثلاث ذرات كلور مما يترك زوجًا من الإلكترونات غير مرتبط، ويتنافر مع الأزواج المرتبطة لتكوين شكل ثلاثي الأبعاد.

المخطط التنظيمي للفصل 7 : الغازات Gases

الفكرة العامة **تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.**

القسم	أهداف القسم
7-1 قوانين الغازات **الفكرة الرئيسة** **إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابته من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.**	1. يكتب العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز. 2. يطبق قوانين الغاز على المسائل التي تتضمن الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار محدّد من الغاز.
7-2 قانون الغاز المثالي **الفكرة الرئيسة** **يربط قانون الغاز المثالي عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.**	1. يربط عدد الجسيمات بالحجم مستخدمًا مبدأ أفوجادرو. 2. يربط كمية الغاز بضغطه ودرجة حرارته وحجمه مستخدمًا قانون الغاز المثالي. 3. يقارن بين خصائص الغاز الحقيقي والغاز المثالي.
7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات **الفكرة الرئيسة** **عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.**	1. يحدد النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة مستخدمًا المعاملات الموجودة في المعادلة الكيميائية. 2. يطبق قوانين الغازات لحساب كميات الغازات المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 7 / الغازات (6 حصص)				
القسم	7-1	7-2	7-3	التقويم
عدد الحصص	2	2	1	1

مصادر تقويم التعلم	المواد الإثرائية الداعمة	المواد والأدوات المختبرية
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 94، 95، 97، 101، 104 ماذا قرأت؟ صفحة 102 اختبار الرسم البياني ، صفحة 97 مختبر الكيمياء ، صفحة 119 تقويم القسم، صفحة 104	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 70 ض م شريحة التركيز رقم 24 د م شريحة التعليم رقم 19، 20 ض م شريحة مهارات الرياضيات رقم 11 ض م	**تجربة استهلالية** صفحة 93 بالونات ، دلو ، ثلج ، خيط. **الزمن** 15 دقيقة **عرض توضيحي** صفحة 94 قارورة مياه غازية شفافة حجم 2 L مع غطاء، قطارة، ملون طعام. **الزمن** 10 دقائق **عرض سريع** صفحة 102 حبات ذرة عدد 100، زيت نباتي، موقد بنزين، كأس سعة 500ml **الزمن** 15 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 106، 107، 109، 111 ماذا قرأت؟ صفحة 107 تقويم القسم، صفحة 112	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 73 ض م شريحة التركيز رقم 25 د م شريحة مهارات الرياضيات رقم 12 ض م	**عرض سريع** صفحة 107 ماء، بالون، كربيد الكالسيوم (CaC_2) **الزمن** 10 دقائق **مختبر الكيمياء** صفحة 119 حبات ذرة، مخبار مدرج سعة 10 ml، زيت نباتي، كأس سعة 250 ml، شبكة تسخين مربعة، ماسك كأس، موقد بنزن، ميزان، حامل للحلقة، ماء مقطر، حلقة حديدية صغيرة، ورق تنشيف. **الزمن** 45 دقيقة **تجربة** صفحة 110 مقياس حرارة، بارومتر، شمعة، لاصق، علبة ثقاب، صودا الخبيز ($NaHCO_3$)، حمض الأسيتيك تركيزه 5%، كأس، ورق ألومنيوم. **الزمن** 20 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 117 تقويم القسم، صفحة 117 **تقويم ختامي** تقويم الفصل صفحة 121	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 75 ض م شريحة التركيز رقم 26 د م شريحة التعليم رقم 21 ض م شريحة مهارات الرياضيات رقم 13 ض م	**عرض سريع صفحة 115** **15 دقيقة** دورق مخروطي سعة 500 ml، ميزان، فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، خميرة جافة.

الفصل 7

الفكرة العامة

الاستجابات المتوقعة لعرض الفكرة العامة لهذا الفصل وجه الطلاب لمناقشة أشياء تحدث بطرائق متوقعة. اسأل الطلاب عما يمكن أن يحدث عندما تضغط على دواسة السيارة، من المتوقع أن تتسارع السيارة، اسألهم عما يحدث عندما تغير الضغط على الدواسة. إن أنت ضغطت بلطف فإن السيارة تتسارع ببطء، وإن أنت ضغطت بشدة فإن السيارة تتسارع بشكل أكبر. هناك طريقة أخرى لعرض هذا المفهوم هي أن تضع مقياسًا لدرجة الحرارة في ماء بارد وماء حار. وتجعل الطلاب يتوقعون ما الذي يمكن أن يحدث لمقدار درجة الحرارة في مقياس الحرارة. من المؤكد أن درجة الحرارة سوف ترتفع في الماء الحار، وتنخفض في الماء البارد.

الربط بالمعرفة السابقة

اطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

الكثافة

موازنة المعادلة الكيميائية

حسابات التفاعلات الكيميائية

نظرية الحركة الجزيئية

ضغط الغاز

استعمال الصورة

منطاد الهواء الساخن اسأل الطلاب عن سبب حاجة منطاد الهواء الساخن للموقد كي يبقى مرتفعًا في الجو. يستخدم الموقد لتسخين الهواء في المنطاد، وعندما ترتفع درجة حرارة الهواء في المنطاد فإن حجم الهواء الموجود فيه وضغطه يزدادان، وهذا الأمر يبقي المنطاد مرتفعًا. وسيتعرف الطلاب في هذا الفصل على كل من جاك شارل، وجوزيف جاي لوساك اللذين ساهمت أعمالهما في إجابة هذا السؤال.

تجربة استهلالية

كيف تؤثر درجة الحرارة في حجم الغاز؟

تعمل شعلة المنطاد ـ انظر الصفحة اليمنى ـ على رفع درجة حرارة الهواء داخله ليبقى محلقًا في الجو.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. انفخ بالونًا ثم اربطه.
3. اسكب ماءً باردًا في دلو إلى منتصفه، ثم أضف إليه قطع من الثلج.
4. استخدم خيطًا لقياس محيط البالون.
5. حرك الماء والثلج في الدلو جيدًا، 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 انخفضت درجة حرارته.
2. توقع ما يحدث لحجم البالون لو كان الدلو يحتوي ماءً ساخنًا.

استقصاء ماذا يحدث إذا ملأت البالون بالهيليوم بدلاً من الهواء، وأجريت التجربة مرة أخرى؟

المطويات منظمات الأفكار

قوانين الغاز اعمل المطويات الآتية لتساعدك على تنظيم دراسة قوانين الغاز.

خطوة 1 أحضر ثلاث ورقات، وضع بعضها فوق بعض، ودع حوافها العليا متباعدة رأسيًّا بمقدار 2 cm

خطوة 2 اثن الأطراف السفلية للأوراق على أن تكوّن خمس طيات متساوية. ثم اضغط على الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبت المطوية، كما في الشكل، وعنون الطيات على النحو الآتي: قوانين الغاز، بويل، شارل، جاي-لوساك، القانون العام، قانون الغاز المثالي.

المطويات **استخدم هذه المطوية في أثناء قراءة القسمين 1–7 و 2–7.** لخص قوانين الغازات بكلماتك الخاصة.

التحليل

1. قلّ حجم البالون عندما انخفضت درجة الحرارة.
2. سيزداد حجم البالون إذا زادت درجة الحرارة.

الاستقصاء سيقل حجم البالون إذا كان يحتوي غازًا مثاليًا كالهيليوم عندما تنخفض درجة الحرارة، وسيزداد عندما ترتفع درجة الحرارة. ويمكن أن يلاحظ الطلاب أيضًا أن كثافة الهيليوم أقل من كثافة الهواء. وعليه يمكن أن تطرح عليهم سؤالاً إضافيًا حول كيفية تأثير درجة الحرارة في سرعة صعود البالون. إنه سيصعد بسرعة أكبر عند درجات الحرارة العالية، وبصورة أبطأ عند درجات الحرارة المنخفضة.

تجربة استهلالية

الهدف يوضح الطلاب العلاقة بين درجة حرارة الغاز وحجمه في نظام مغلق.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

تحذير: يؤدي انسكاب المياه إلى الانزلاق. وقد يكون لدى بعض الطلاب حساسية ضد المطاط الذي يدخل في صناعة البالونات. لذا يفضل تعرف الطلاب الذين يعانون من الحساسية لهذه المادة قبل بدء التجربة، وإيجاد مادة بديلة عنها. كما يجب تذكير الطلاب بضرورة لبس القفازات وإبقاء البالونات في أماكنها.

استراتيجيات التدريس

- زوّد كل طالب بكمية كافية من الثلج لإعداد حمام ثلجي.
- ذكّر الطلاب بضرورة قياس محيطات البالونات حول أعرض جزء فيها. كما يمكنهم استعمال قلم تخطيط لتحديد النقطة التي بدؤوا منها قياس محيط البالون.
- يجب قياس محيط البالون البارد بمجرد إخراجه من الدلو، على ألا تدع البالون يسخن.

النتائج المتوقعة يكون محيط البالون البارد أقل من محيط البالون عند درجة حرارة الغرفة.

7-1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (24) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

التحكم بالمتغيرات ذكّر الطلاب بالتجربة الاستهلالية، واسألهم عمّا حدث للبالون عندما وضع في الماء البارد. لقد نقص حجمه. واسأل أيضًا هل أثر التغير في درجة الحرارة في حجم الغاز، وكيف نعرف ذلك؟ نعم؛ لأن حجم البالون قد نقص، وعليه يكون حجم الغاز قد نقص أيضًا. ثم اسأل: هل أثر تغير درجة الحرارة في ضغط الغاز في البالون؟ واطلب إليهم تفسير إجاباتهم. نعم؛ لأن جوانب البالون كانت أقل صلابة، وهذا يدل على أن ضغط الغاز قد قل. د م ض م ف م

2. التدريس

تطوير المفهوم

الغاز ذكّر الطلاب بأن حجم الغاز على الأغلب فراغ، وأن حجم عينة من الغاز أكبر من مجموع حجم جسيماته. د م

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب أن يستخدموا كأسًا، ومخبارًا مدرجًا، وقطع أنابيب مطاطية، وماءً ليصمموا تجربة لقياس حجم الغاز في البالون. يمكن أن يقيس الطلاب حجم الغاز الموجود في البالون من خلال ملء المخبار المدرج بالماء، وقلبه في كأس مملوءة بالماء، ثم إدخال غاز البالون في المخبار المدرج باستعمال الأنابيب المطاطية، وتسجيل حجم الماء المزاح من المخبار المدرج. ض م

■ **إجابة سؤال** اختبار الرسم البياني: 4 L.

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 محدّد من الغاز.

مراجعة المفردات

القانون العلمي: يصف علاقةً في الطبيعة تدعمها عدة تجارب.

المفردات الجديدة

قانون بويل
قانون شارل
الصفر المطلق
قانون جاي – لوساك
القانون العام للغازات

قوانين الغازات The Gas Laws

الفكرة الرئيسة **إذا تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.**

الربط مع الحياة ماذا يحدث لغاز في بالون إذا قلّت حجمه بالضغط عليه؟ ستشعر بزيادة في المقاومة، وقد تشاهد انتفاخًا في جزء من البالون.

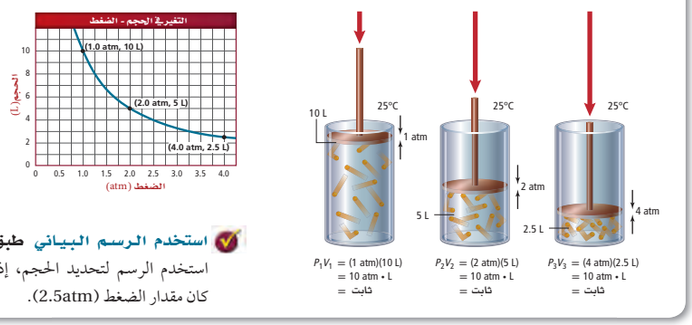
قانون بويل Boyle's Law

ضغط الغاز وحجمه مترابطان. وقد وصف العالم الأيرلندي روبرت بويل (1627– 1691) هذه العلاقة.

كيف يرتبط الضغط مع الحجم؟ لقد صمّم بويل تجربة كالمبينة في الشكل 7–1، ووضّح 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. وتعرّف العلاقة التي يزيد فيها أحد المتغيرين عندما يقل الآخر بعلاقة التناسب العكسي.

ينص **قانون بويل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته. يبين **الشكل 7–1** العلاقة العكسية بين الضغط والحجم، حيث يتجه المنحنى إلى أسفل .

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).

عرض توضيحي

قانون بويل

الهدف

يوضح قانون بويل.

المواد والأدوات

قارورة مياه غازية فارغة وشفافة حجم 2 L مع غطاء، قطارة، ملون طعام.

احتياطات السلامة

التخلص من الفضلات يمكن إعادة استعمال القوارير والقطّارات المستعملة، لذا اغسلها جيدًا بالماء داخل المغسلة.

خطوات العمل

املأ القارورة بالماء حتى يصل مستواه أعلى من مسافة 4 cm من الفوهة. واملأ القطارة إلى منتصفها بالماء الملوّن بصبغة نباتية، ثم أضفها إلى الماء في

لاحظ أن ناتج ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في **الشكل 1-7** يساوي 10 atm.L
لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضيًّا على النحو الآتي:

قانون بويل

$P_1V_1 = P_2V_2$ P: تمثل الضغط، V: 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 1-7

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.

المعطيات	المطلوب
$V_1 = 0.75\ L$ $P_1 = 2.25\ atm$ $P_2 = 1.03\ atm$	$V_2 = ?\ L$

2 حساب المطلوب استخدم قانون بويل لإيجاد قيمة V_2 واحسب الحجم الجديد.

ضع نص قانون بويل: $P_1V_1 = P_2V_2$

جد قيمة: $V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

عوض $V_1 = 0.75\ L$, $P_1 = 2.25\ atm$, $P_2 = 1.03\ atm$: $V_2 = 0.75\ L\left(\frac{2.25\ atm}{1.03\ atm}\right)$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها: $V_2 = 0.75\ L\left(\frac{2.25\ atm}{1.03\ atm}\right) = 1.6\ L$

3 تقويم الإجابة قل الضغط بمقدار النصف تقريبًا، 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 :

1. إذا كان حجم غاز عند ضغط 99.0 kPa هو 300.0 ml ، وأصبح الضغط 188 kPa فما الحجم الجديد؟
2. 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؟
3. **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%؟

إثراء

خصائص الغازات قسّم الطلاب إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم أن يبحثوا في خصائص عنصر يوجد في الحالة الغازية في الظروف الطبيعية من الضغط الجوي، ودرجة حرارة الغرفة. وكلف كل مجموعة بإعداد عرض لنتائجهم. ض م تعلم تعاوني

مثال في الصف

السؤال ضغطت عينة من غاز الهيليوم في بالون فنقص حجمها من 4.0 L إلى 2.5 L عند درجة حرارة ثابتة. فإذا كانت قيمة ضغط الغاز عند حجم 4.0L تساوي 210 kPa، فما قيمة ضغط الغاز عندما أصبح حجمه 2.5 L؟

الإجابة 340 kPa

$$P_2 = 210\ kPa\left(\frac{4.0\cancel{L}}{2.5\cancel{L}}\right)$$
$$= 340\ kPa$$

مسائل تدريبية

1. 158 ml
2. 0.494 atm
3. 117 ml

القارورة، وأغلقها بإحكام. ثم اضغط جانبي القارورة بشدة حتى تغوص القطارة.

النتائج

عند الضغط على القارورة يخرج الهواء من القطارة ويحل الماء محله، فيرتفع مستوى الماء الملون في القطارة ، وتصبح القطارة أكثر كثافة فتهبط إلى الأسفل.

التحليل

اطرح هذه الأسئلة:

1. هل يؤدي زيادة ضغط الهواء في القطارة إلى نقصان حجم الهواء أو زيادته؟ نقصان الحجم.
2. هل العلاقة بين حجم الغاز وضغطه علاقة عكسية أم طردية؟ عكسية.
3. اذكر نص قانون بويل. يتناسب حجم الغاز المحصور تناسبًا عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة نص قانون بويل.

يتناسب حجم الغاز المحصور تناسبًا عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة. ض م

مختبر حل المشكلات

الهدف سيطبق الطلاب قانون بويل على وظيفة الرئة في جسم الإنسان.

المهارات العملية إدراك علاقات السبب والنتيجة، تحليل وتفسير الرسومات، تطبيق المفاهيم.

استراتيجيات التدريس

- استخدم محقنًا طبيًا بلاستيكيًا بلا إبرة لتوضيح وظيفة الرئة. ادفع مكبس المحقن كليًا داخل الأسطوانة، وكلف الطلاب بوضع أيديهم أسفل فوهته دون ملامستها، واسحب المكبس إلى الأعلى، ودع الطلاب يصفوا ما يشعرون به، ثم اضغطه واطلب إليهم وصف ما يشعرون به.
- اطلب إلى الطلاب مقارنة أجزاء المحقن بمكوّنات الرئتين، ووصف كيف أدى تغير الحجم داخل المحقن إلى تغير الضغط وحركة الهواء.

التفكير الناقد

1. ينص قانون بويل على أن حجم الغاز يتناسب تناسبًا عكسيًا مع الضغط الواقع عليه عند درجة حرارة ثابتة، فيزداد حجم الرئتين في أثناء عملية الاستنشاق، ويقل الضغط مما يسمح للهواء بالدخول إلى الرئتين، ويقل حجم الرئتين في أثناء عملية الزفير ويزيد الضغط مما يسمح للهواء بالخروج منهما.
2. عندما يضرب أحد على بطنه فإن الحجاب الحاجز يشّل مؤقتاً، وعندما لا يتحرك الحجاب الحاجز إلى الأعلى والأسفل فإن حجم الرئتين لا يتغير، وإذا لم يتغير حجم الرئتين فإن الضغط داخلهما لا يتغير، وعليه فلن يخرج الهواء من الرئتين أو يدخل إليهما.
3. يسبب فقدان أجزاء من الرئتين إلى نقصان مرونتها مما يجعل التغير في حجمها أمرًا صعبًا، وعليه فسيقل الاختلاف في الضغط ، ويصبح من الصعب خروج الهواء من الرئتين أو الدخول إليهما.
4. عندما يصعد غواص بجهاز التنفس إلى أعلى سطح الماء، يقل الضغط وينتج عنه ازدياد في الحجم، فإذا حبس الغواص أنفاسه في أثناء صعوده إلى الأعلى فإن حجم الهواء في الرئتين سوف يزداد.

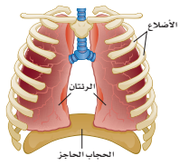
مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

ما علاقة قانون بويل بالتنفس؟ أنت تتنفس 20 مرة في الدقيقة، وتستبدل بغاز ثاني أكسيد الكربون غازَ 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 تتمكن من الشهيق، كما يتقلص حجم الرئتين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أعلى، وبذلك تتمكن من الزفير.



التفكير النّاقد

1. طبّق قانون بويل لتفسير السبب الذي يجعل الهواء يدخل إلى الرئتين عند الشهيق ويخرج منهما عند الزفير.
2. وضّح ما يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض الإنسان لضربة على البطن، ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل لتفسير إجابتك.
3. استنتج تَفْقد 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 عدمَ حبس أنفاسهم في أثناء صعودهم من المياه العميقة.

قانون شارل Charles's Law

لاحظت في التجربة الاستهلالية أن محيط البالون قد قل بعد غمره في الماء والثلج. لماذا حدث ذلك؟ كما أنك تلاحظ أنّ كرة القدم تظهر غير منتفخة جيدًا إذا تركتها في مكان بارد فترة من الوقت، في حين تراها منتفخة جيدًا 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 (1746–1823) الفيزيائي الفرنسي العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة، حيث لاحظ أن كلًا 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 وقوة اصطدامات جسيمات الغاز بجدار الإناء فإن هذا يؤدي إلى زيادة الضغط، وحتى يبقى الضغط ثابتًا لا بد أن يزيد الحجم؛ إذ تحتاج الجسيمات إلى الانتقال إلى مسافات أبعد قبل أن تصطدم بالجدار، مما يقلل من عدد اصطدامات الجسيمات بجدار الإناء.

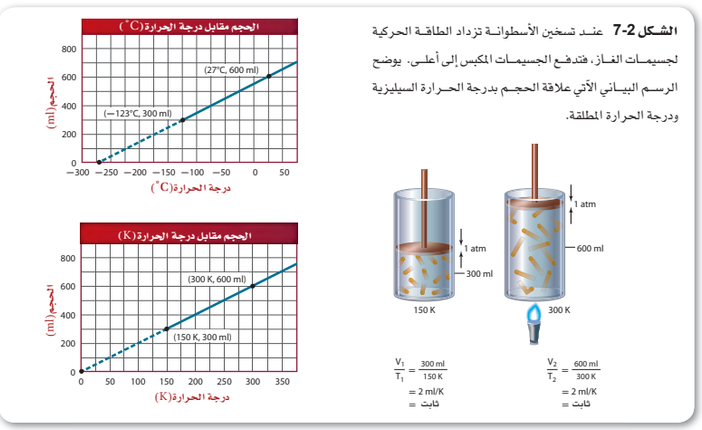
توضح الأسطوانات في **الشكل 2–7** كيف يتغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه.

دفتر الكيمياء

علاقات الضغط اطلب إلى الطلاب كتابة الأسئلة الآتية في دفاتر الكيمياء والإجابة عنها بمجرد حصولهم على المعلومات الكافية عند دراسة هذا القسم:

1. ما السبب في انتفاخ الخبز والكعك عند خبزهما؟ تنتج الخميرة أو مسحوق الخبيز الموجود في العجين غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتمدد بالتسخين.
2. لماذا ترتفع بالونات الهيليوم في الهواء؟ الهيليوم أقل كثافة من الهواء.
3. لماذا توضع كرات التنس في علب مضغوطة ؟ تحتوي كرات التنس على غازات محصورة تحت تأثير الضغط لإعطائها مرونة في الارتداد، وعند فتح العلب يتسرب الغاز منها تدريجيًا.

ض م



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 وبدرجة الحرارة المطلقة.

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 مقياسًا لزيادة حجم الغاز عندما يسخن.

رسم العلاقة بين درجة الحرارة والحجم يوضّح **الشكل 2-7** أيضًا العلاقة بين درجة الحرارة والحجم لمقدار محدّد 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 تناسبًا مباشرًا. فمثلًا 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 حجمًا مقداره 0 ml، وعند مضاعفة درجة الحرارة يتضاعف الحجم. ويعرف الصفر على تدريج كلفن **بالصفر المطلق**، وهو يمثل أقل قيمة ممكنة لدرجة الحرارة التي تكون عندها طاقة الذرات أقل ما يمكن.

اختبار الرسم البياني فسّر لماذا يوضح الرسم البياني الثاني في **الشكل 2-7** تناسبًا طرديًا مباشرًا، في حين لا يوضح الرسم البياني الأول ذلك.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى قد يجد بعض الطلاب أن حل المسائل المتعلقة بقوانين الغازات عملية سهلة إذا قاموا بتوقع إجابتها أولاً ثم حلها، ومقارنة الإجابة الناتجة عن عملية الحساب بما توقعوه. فعلى سبيل المثال، إذا استخدم الطلاب قانون بويل في حساب الضغط النهائي للغاز، عند إعطائهم مقدار الضغط الابتدائي والحجمين الابتدائي والنهائي للغاز، فاسألهم: هل يعتقدون أن الضغط سيزداد أو سينقص قبل أن يبدؤوا بعملية الحساب. وإذا لم تطابق توقعاتهم إجابتهم فيتعين عليهم معاودة فحص حساباتهم. **د م**

إجابة سؤال النص أدى وجود الماء المثلج، في التجربة الاستهلالية، إلى انخفاض درجة حرارة الغاز في البالون مما أدى إلى نقصان الحجم. أما في الطوافة، فقد سخنت الشمس الغاز الموجود داخلها مما أدى إلى زيادة الحجم.

الخلفية النظرية للمحتوى

إنتاج الغازات صناعيًا يُعد إنتاج غازات الأكسجين، والنيتروجين، والإثيلين، والبروبلين والكلور من أهم الصناعات الكيميائية. وتُعد صناعة الفولاذ من أكثر الصناعات التي يُستخدم فيها الأكسجين، حيث يتفاعل مع الشوائب في الحديد الخام. أما النيتروجين فيستخرج من الهواء ويتفاعل مع الهيدروجين لتكوين الأمونيا، التي تستخدم في صناعة الأسمدة والمتفجرات. على حين يُنتج كل من الإثيلين والبروبلين عن طريق عملية تسمى التكسير الحراري، وذلك بتسخين النفط إلى درجة حرارة 500 °C تقريبًا بوجود المحفزات، ويستخدم هذان الغازان في صناعة البلاستيك. أما الكلور فيتم الحصول عليه من التحليل الكهربائي لملح الطعام NaCl .

التقويم

المعرفة اطلب إلى كل طالب أن يكتب سؤالاً حول قانون بويل أو قانون شارل، واطلب إليهم تبادل الأسئلة فيما بينهم، واختبار بعضهم بعضًا. **ض م**

■ **إجابة سؤال اختبار الرسم البياني** في الرسم البياني الثاني، تناظر درجة حرارة 0 K الحجم 0 ml، ومضاعفة درجة الحرارة يؤدي إلى تضاعف الحجم. أما في الرسم البياني الأول فلا تناظر درجة الحرارة 0 °C الحجم 0 ml، ولا تؤدي مضاعفة درجة الحرارة إلى تضاعف الحجم.

مثال في الصف

السؤال ما حجم الهواء في بالون يشغل حيزًا مقداره 0.620 L إذا انخفضت درجة الحرارة من $25^{\circ}C$ إلى $0^{\circ}C$؟

الإجابة 0.57 L

$$T_1 = 25°C + 273 = 298\ K$$

$$T_2 = 0.00°C + 273 = 273\ K$$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{(0.620\ L)(273\ K)}{298\ K} = 0.57\ L$$

دفتر الكيمياء

الغـازات في واقـع الحيـاة اطلب إلى الطـلاب أن يحتفظوا بسجل في دفاترهم يدونون فيه كيف يستخدمون الغازات في أنشطة حياتهم اليومية. واطلب إليهم أن يقوموا بذلك يومياً وعلى مدار أسـبوعين، ووجههـم إلى ملاحظة هل كان الغاز مضغوطًا أم لا في كل حالة لاحظوها؟ ض م

استخدام قانون شـارل ينص **قانون شـارل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته المطلقة 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

حاصل قسمة حجم كمية محددة من الغاز على درجة حرارته المطلقة عند ثبوت ضغطه يساوي كمية ثابتة.

تمثل V_1، T_1 في المعادلة أعلاه الظروف الابتدائية، في حين تمثل V_2 ، T_2 الظروف الجديدة، كما في قانون بويل، فإذ عرفت ثلاث متغيرات أمكنك حساب المتغير الرابع.

وعند استخدام قانون شارل يجب التعبير عن درجة الحرارة بالكلفن. وكما قرأت سابقًا، عليك إضافة 273 إلى درجة الحرارة السيليزية لتحويل درجة الحرارة من التدريج السيليزي إلى التدريج 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 $40.0^{\circ}C$، فإذا وقفت السيارة في ساحة البيت في يوم حار وارتفعت درجة الحرارة داخلها إلى $75.0^{\circ}C$، فما الحجم الجديد للبالون إذا بقي الضغط ثابتًا؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون شارل على أن حجم مقدار محدّد من الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته إذا بقي الضغط ثابتًا. لذا يزداد حجم البالون ، ويجب ضرب الحجم الابتدائي في نسبة درجة حرارة أكبر من واحد.

المعطيات

$T_2 = 40.0°C$

$V_1 = 2.32\ L$

$T_2 = 75.0°C$

المطلوب

$V_2 = ?\ L$

2 حساب المطلوب

حوّل درجة الحرارة السيليزية إلى الكلفن.

استخدم معامل التحويل $T_K = 273 + T_C$

عوض بقيمة $T_1 = 273 + 40.0\ ^{\circ}C = 313.0\ K$

عوض بقيمة $T_2 = 273 + 75.0\ ^{\circ}C = 348.0\ K$

استخدم قانون شارل لإيجاد V_2، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أُعيد ترتيبها.

اكتب نص قانون شارل
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

جد قيمة V_2
$$V_2 = V_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

عوض $V_1 = 2.32\ \text{L}$، $T_1 = 313.0\ \text{K}$، $T_2 = 348.0\ \text{K}$
$$V_2 = 2.32\ \text{L}\left(\frac{348.0\ \text{K}}{313.0\ \text{K}}\right)$$

اضرب واقسم الوحدات والأرقام
$$V_2 = 2.32\ \text{L}\left(\frac{348.0\ \text{K}}{313.0\ \text{K}}\right) = \mathbf{2.58\ L}$$

3 تقويم الإجابة

كانت الزيادة في درجة الحرارة بالكلفن صغيرة نسبيًّا، 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 عن 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 الاستهلالية 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.

مسائل تدريبية

4. 3.1 L
5. 332°C
6. 2.58 L
7. 190 K

التعزيز

الخبز اطرح على الطلاب السؤال الآتي: لماذا تختلف تعليمات الخبز في الأماكن المرتفعة عنها في الأماكن الأخرى؟ يكون الضغط الجوي في المرتفعات أقل منه في المنخفضات، مما يجعل الماء الموجود في الطعام يغلي عند درجات حرارة منخفضة؛ ولذا فإن الوقت المستغرق في الطهي لا بد من أن يزيد، أو تُزاد درجة حرارة الفرن. ض م د م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد الطلاب أن الهواء يملأ الفراغات بين جسيمات الغاز.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلاب أن يرسموا جسيمات الغاز الموجودة داخل البالون، ويمثلوا جسيماته على صورة دوائر، على أن توضح رسومهم عدد الجزيئات الموجودة والمسافات بينها.

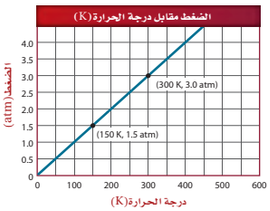
توضيح المفهوم

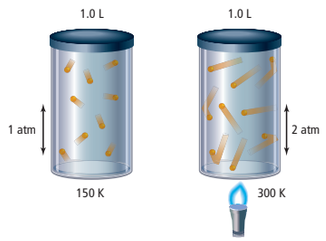
اطلب إلى كل طالب أن يستخدم أصبعه ليسد نهاية المحقن المنزوع الإبرة. واطلب إليهم أن يستخدموا المكبس لضغط الهواء الموجود في المحقن ، ويكرروا ذلك باستعمال الماء بدلاً من الهواء. سيلاحظ الطلاب انضغاط الماء مقارنة بالهواء، لذا ناقشهم في ضرورة وجود فراغات بين جسيمات الغاز، وإلاّ فإن الغاز لن ينضغط.

تقويم المعرفة الجديدة اطلب إلى الطلاب أن يرسموا ما يحدث لجسيمات الغاز الموجودة في البالون عند ضغطها، على أن تبين هذه الرسوم جسيمات الغاز متباعدة في البداية، ثم يقترب بعضها إلى بعض عند ضغط البالون. ض م

إجابة سؤال الرسم البياني الرسوم البيانية الثلاثة عبارة عن خطوط مستقيمة. ويُظهر الرسمان البيانيان اللذان عُبّر فيهما عن درجة الحرارة بالكلفن تناسبًا طرديًا. في حين تُظهر الرسوم البيانية في الشكل 2–7 ارتباط الحجم بدرجة الحرارة، ويُظهر الرسم البياني 3–7 ارتباط الضغط بدرجة الحرارة.

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.





$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5\ atm}{150\ K}$
$= 0.01\ atm/K$
$=$ ثابت

$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0\ atm}{300\ K}$
$= 0.01\ atm/K$
$=$ ثابت

استخدم الرسم البياني قارن بين الرسوم البيانية في الشكلين 2–7و 3–7.

الكيمياء في واقع الحياة

قانون جاي-لوساك

أواني الضغط لوعاء الضغط غطاء محكم الإغلاق، وحجمه ثابت. وعند تسخينه يزداد الضغط في الإناء، وبزيادة الضغط تستمر درجة الحرارة في الارتفاع، فيتم بذلك طهو الطعام بسرعة أكبر.

وقد وجد جاي لوساك (1850–1778) أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طرديًا مع الضغط، كما هو موضح في **الشكل 3–7**. وينص **قانون جاي لوساك** على أن ضغط مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة له، عند ثبوت الحجم. ويمكن التعبير عنه رياضيًا كما يأتي:

قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

P تمثل الضغط

T تمثل درجة الحرارة

حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة المطلقة لمقدار محدد من الغاز ذي حجم ثابت يساوي مقدرًا ثابتًا.

وكما هو الحال في قانوني بويل وشارل، فإذا عرفت ثلاثة متغيرات أمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون مطلقة (k) أينما استخدمت في معادلات قوانين الغاز.

مثال 3-7

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 ثابتًا. لذلك يقل الضغط في أسطوانة الأكسجين. يجب ضرب مقدار الضغط الابتدائي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

المعطيات	المطلوب
$P_1 = 5.00\ atm$	$P_2 = ?\ atm$
$T_1 = 25.0\ ^\circ C$	
$T_2 = -10.0\ ^\circ C$	

2 حساب المطلوب

حول درجات الحرارة السيليزية إلى مطلقة

استخدم معامل التحويل: $T_K = 273 + T_C$

عوّض $T_1 = 25.0\ ^\circ C$: $T_1 = 273 + 25.0\ ^\circ C = 298.0\ K$

عوّض $T_2 = 10.0\ ^\circ C$: $T_2 = 273 + (-10.0\ ^\circ C) = 263.0\ K$

استخدم قانون جاي لوساك؛ لإيجاد قيمة P_2، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

اكتب نص قانون جاي لوساك: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

لإيجاد قيمة P_2: $P_2 = P_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

عوض $P_1 = 5.00\ atm$, $T_1 = 298.0\ K$, $T_2 = 263.0\ K$: $P_2 = 5.00\ atm\left(\frac{263.0\ K}{298.0\ K}\right)$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها: $P_2 = 5.00\ atm\left(\frac{263.0\ K}{298.0\ K}\right) = \mathbf{4.41\ atm}$

3 تقويم الإجابة

تقل درجة الحرارة المطلقة، لذا يقل الضغط. وحدة الضغط atm، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

افترض أن حجم الغاز ومقداره 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؟

مثال في الصف

السؤال وجد أنّ ضغط غاز محصور في أسطوانة مغلقة يساوي 125 kPa عند درجة حرارة 30°C، كم تصبح درجة حرارته إذا ازداد الضغط في الأسطوانة ليصل 201 kPa؟

الاجابة 214°C

$T_1 = 30.0^\circ C + 273 = 303\ K$

$T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1} = \frac{(303\ K)(201\ kPa)}{125\ kPa} = 487\ K$

$487\ K - 273 = 214^\circ C$

مسائل تدريبية

8. 1.96 atm

9. 138 °C–

10. 273 °C

بناء نموذج

قوانين الغازات اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات لبناء نموذج يمثل قانون بويل، أو قانون شارل، أو قانون جاي– لوساك، وعرضه على الصف. ض م تعلم تعاوني

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب، أيّ قوانين الغازات يحتاجون إليها لحل المسألة الآتية؟ ثم اطلب إليهم حلها.

يشغل غاز عند درجة حرارة 20°C حيزًا مقداره 1 L، ما الحجم الذي سيشغله الغاز نفسه عند درجة حرارة 30°C على فرض أن الضغط يبقى ثابتًا؟ يحتاج الطلاب إلى استعمال قانون شارل لحل هذه المسألة؛ لأنه يربط بين درجة حرارة الغاز وحجمه.

الإجابة = 1.03L ض م

مشروع الكيمياء

الطقس والضغط الجوي اطلب إلى الطلاب أن يسجلوا يوميًا ولمدة أسبوعين الضغط الجوي وحالة الطقس.

واطلب إليهم أيضًا أن يربطوا بين حالة الطقس ومستوى الضغط الجوي، وتلخيص استنتاجاتهم التي توصلوا إليها، وأن يتبادلوا النتائج فيما بينهم، ويناقشوا كيف يسهم الضغط الجوي في التنبؤ بالطقس. ض م

تطبيقات الكيمياء

الضغط في الإطارات املأ إطار دراجة هوائية بالهواء حتى يصل إلى الضغط المطلوب، واطلب إلى الطلاب أن يتوقعوا ما سيحدث للضغط عندما تتغير درجة الحرارة، ودعهم يقترحوا طريقة لاختبار توقعاتهم ويطبقوها. يمكن للطلاب اختبار توقعاتهم من خلال وضع الإطارات في أماكن مختلفة في درجة الحرارة، ثم قياس الضغط باستعمال (مقياس الضغط). سوف يزداد الضغط بازدياد درجة الحرارة ويقل بانخفاضها. ض م

عرض سريع

الكتلة سجل كتلة ما يقارب 100 حبة ذرة، ثم قم بتسخينها وتحويلها إلى فوشار، وسجل كتل الحبات التي تحولت والأخرى التي لم تتحول. واطلب إلى الطلاب أن يفسروا كيف يرتبط الفرق في كتل نوعي الحبات بقوانين الغازات. فقدت حبات الذرة المتحولة جزءًا من كتلتها بسبب انطلاق بخار الماء عند تفتح النوى في أثناء تسخينها. ويحدث ذلك بسبب تبخر الماء الموجود في النوى عند التسخين، وعليه يزداد كل من ضغط الغازات الموجودة في النوى وحجمها كلما زاد التسخين مما ينتج عنه تحول جبيبات الذرة إلى فوشار.

ماذا قرأت؟ يمكن التعبير عن القانون العام للغازات على النحو الآتي:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

وتكون درجة الحرارة ثابتة بالنسبة لقانون بويل، أي أن $T_1 = T_2$، لذا يمكن ضرب طرفي معادلة القانون العام للغازات في T للحصول على صيغة قانون بويل $(P_1V_1 = P_2V_2)$. أما بالنسبة لقانون شارل فيبقى الضغط ثابتًا، بمعنى أن $P_1 = P_2$، وعليه فإنه عند قسمة طرفي معادلة القانون العام للغازات على P نحصل على صيغة قانون شارل. $(V_1/T_1 = V_2/T_2)$.

الشكل 4-7 يُثبّت الحبلُ المربوط بأحد جانبي بالون الطقس، البالون في مكانه في أثناء تعبئته بالهيليوم أو الهيدروجين. ويحمل بالون الطقس أجهزة ترسل بيانات تتعلق بدرجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة، إلى مستقبليها على الأرض. وعندما يرتفع البالون يستجيب حجمه للتغيير الذي يطرأ على درجة الحرارة والضغط.

مهن في الكيمياء

الأرصاد الجوية العلاقات التي تربط الضغط ودرجة الحرارة مع الحجم تساعد علماءَ الأرصاد الجوية على فهم حالة الطقس والتنبؤ بها. فمثلًا، تنتج الرياح والجبهات الهوائية عن تغير الضغط الذي يسببه التسخين الشمسي غير المنتظم للغلاف الجوي المحيط بسطح الأرض.

The Combined Gas Law القانون العام للغازات

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 يحدّد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محدّدة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسيًّا مع الحجم، وطرديًّا مع درجة الحرارة. ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضيًّا على النحو الآتي:

القانون العام للغازات

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P = تمثل الضغط، V = تمثل الحجم، T = تمثل درجة الحرارة

حيث حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسومًا على درجة الحرارة المطلقة لمقدار محدّد من الغاز يساوي مقدارًا ثابتًا.

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.

مثلًا 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 $P_1V_1 =P_2V_2$، والتي ينبغي أن تستنتج أنها قانون بويل.

ماذا قرأت؟ اشتق قانون شارل، وقانون جاي-لوساك من القانون الجامع للغازات.

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف السمع يكون الطلاب الذين يتعلمون بصرياً قادرين على فهم القانون العام للغازات بصورة أفضل إذا اكتشفوه بأنفسهم تدريجيًا. لذا اطلب إليهم كتابة الرموز $P_1, V_1, T_1, P_2, V_2, T_2$ في بطاقات وأن يرتبوها ليكوّنوا قانون بويل، وشارل، وجاي- لوساك، ثم اطلب إليهم أن يرتبوا الأوراق جميعها في معادلة واحدة تُبقي العلاقات الطردية والعكسية في القوانين الثلاثة صحيحة. ض م **تعلم تعاوني**

مثال 4-7

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 ترتفع بمثل هذا المعامل الضخم، لذلك فإن الحجم الجديد سيكون أقل من الحجم الابتدائي.

المعطيات

$P_2 = 440\ \text{kPa}$ $P_1 = 110\ \text{kPa}$

$T_2 = 80.0\ ^\circ\text{C}$ $T_1 = 30.0\ ^\circ\text{C}$

$V_1 = 2.00\ \text{L}$

المطلوب

$V_2 = ?\ \text{L}$

2 حل المطلوب

حوّل درجات الحرارة من السيليزية إلى مطلقة.

طبق معامل التحويل $T_K = 273 + T_C$

عوض $T_1 = 30.0\ ^\circ\text{C}$ $T_1 = 273 + 30.0^\circ\text{C} = 303.0\ \text{K}$

عوض $T_2 = 30.0\ ^\circ\text{C}$ $T_2 = 273 + 80.0^\circ\text{C} = 353.0\ \text{K}$

استخدم قانون الغازات العام، لتجد قيمة V_2 ثم عوض القيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

اكتب القانون العام للغازات $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

حل لإيجاد V_2 $V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

عوض $P_1 = 110\ \text{kPa}$. $P_2 = 440\ \text{kPa}$. $T_1 = 303.0\ \text{K}$. $T_2 = 353.0\ \text{K}$ $V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \text{kPa}}{440\ \text{kPa}}\right)\left(\frac{353.0\ \text{K}}{303.0\ \text{K}}\right)$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها $V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \text{kPa}}{440\ \text{kPa}}\right)\left(\frac{353.0\ \text{K}}{303.0\ \text{K}}\right) = \mathbf{0.58\ L}$

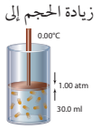
3 تقويم الإجابة

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 مقدار الغاز ثابت في المسائل الآتية :

11. تُحدث عينة من الهواء في حقنة ضغطًا 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 المجاورة لتصل إلى 30.0°C ، وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل يتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب المهتمين أن يستخدموا الأدوات الآتية في تصميم جهاز لاختبار توقعاتهم المبنية على القانون العام للغازات: كرة قابلة للنفخ، منفاخ إطارات، مقياس درجة الحرارة، شريط قياس. واطلب إليهم أيضًا إجراء تجربة يتوقعون ما يحدث خلالها، ثم يستخدمون الجهاز لاختبار هذه التوقعات. ف م تعلم تعاوني

مثال في الصف

السؤال عبوة مشروب غازي مرنة، مغلقة وباردة حجمها 2.00L ، تحتوي 46ml من الغاز تحت ضغط 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0 °C ، فإذا أسقطت العبوة في بحيرة وغمرت حتى عمق كان الضغط عنده 1.52 atm وكانت درجة الحرارة 2.09 °C، فكم يصبح حجم الغاز في العبوة؟

الاجابة 39 ml

$T_1 = 5.0^\circ\text{C} + 273 = 278.0\ \text{K}$

$T_2 = 2.09^\circ\text{C} + 273 = 275.09\ \text{K}$

$$V_2 = \frac{P_1T_2V_1}{P_2T_1} = \frac{(1.30\ \cancel{\text{atm}})(275.09\ \cancel{\text{K}})(46.0\ \text{ml})}{(1.52\ \cancel{\text{atm}})(278.0\ \cancel{\text{K}})}$$

$$= 39\ \text{ml}$$

مسائل تدريبية

11. 0.214 ml

12. 72 ml

13. أسفل

استعمال المفردات العلمية

قوانين الغاز اطلب إلى الطلاب كتابة جمل توضح معاني مصطلحي: الحجم المولي، وقانون الغازات العام.

التعزيز

المشاركة في الحلول كلف الطلاب بالعمل في مجموعات لحل مسائل مختلفة حول القانون العام للغازات، واطلب إلى المجموعات تبادل الحلول فيما بينها. تعلم تعاوني

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب أن يحددوا المعلومات الإضافية التي يحتاجون إليها لحل السؤال الآتي: إذا نقلت عينة غاز درجة حرارتها 12.0 °C وضغطها 1.06 atm إلى وعاء حجمه 2.30 L ودرجة حرارته 24.9 °C، فما الضغط النهائي للغاز؟ يحتاج الطلاب إلى معرفة الحجم الابتدائي للغاز لحل هذه المسألة باستعمال القانون العام للغازات. ض م

3. التقوّيم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب المقارنة بين علاقة التناسب الطردي المباشر وعلاقة التناسب العكسي ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب تفسير السبب في ارتفاع بالون الهواء الساخن. كثافة الهواء الساخن أقل من كثافة الهواء المحيط به، لذا تكون كتلة وحدة الحجوم منه أقل، مما يساعد البالون على الارتفاع. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب أن يفسروا لماذا لا يساوي الضغط الجوي المعياري 1 atm الضغط الجوي دائمًا؟ يتغير الضغط الجوي تبعًا لتغير الارتفاع وحالة الطقس.

الجدول 1-7 قوانين الغازات

القانون	بويل	شارل	جاي لوساك	القانون العام
الصيغة	$P_1V_1 = P_2V_2$	$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$	$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$
ما الثابت؟	مقدار الغاز ودرجة الحرارة	مقدار الغاز والضغط	مقدار الغاز والحجم	مقدار الغاز
رسم تنظيمي				

مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات لا بد أنك لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي- لوساك قد سبق تطوير التدريج المطلق (K)، على الرغم من أن قانونيهما تطلبا استخدام درجة الحرارة المطلقة (K). حيث استخدم العلماء في القرن 17 وبدايات القرن 18 مقاييس حرارة مختلفة. فعلى سبيل المثال استخدم تدريج ريومر في فرنسا حتى في العصر نفسه الذي عاش فيه شارل تقريبًا. وباستخدام هذا التدريج أو أي تدريج لا يعتمد على الصفر المطلق تصبح المعادلة التي تعبر عن قانون شارل أكثر تعقيدًا؛ فهي تحتاج إلى ثابتين إضافة إلى الحجم V ودرجة الحرارة T. وقد بسّط التدريج المطلق الأمور، ونتجت قوانين الغازات المستخدمة الآن.

عرفت الآن كيف تؤثر متغيرات الضغط والحرارة والحجم في عينة من الغاز. ويمكنك أيضًا استخدام قوانين الغازات التي تم تلخيصها في **الجدول 1-7** إذا كانت كمية الغاز ثابتة، لكن ماذا يحدث إذا تغيرت كمية الغاز؟ هذا ما ستدرسه لاحقًا.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 1-7

الخلاصة

- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار محدّد من الغاز يتناسب عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.
- ينص قانون شارل على أن حجم مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط.
- ينص قانون جاي- لوساك على أن ضغط مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة المطلقة عند ثبوت الحجم.
- يربط القانون العام للغازات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.

14. الفكرة الرئيسة **وضح** العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز.

15. **اشرح** أي المتغيرات الثلاثة، التي تؤثر في كمية ثابتة من الغاز، تتناسب تناسبًا طرديًّا، وأيها تتناسب عكسيًّا؟

16. **حلل** أُطلق بالون طقس إلى الغلاف الجوي، وأنت تعرف كلًّا 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 توضّح فيها العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل، وشارل، وجاي- لوساك.

التقويم 1-7

14. تُمثل هذه العلاقة بقانون الغازات العام: $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$ فعلى سبيل المثال: عندما ترتفع درجة الحرارة، فإما أن يزيد الحجم أو الضغط (أو كلاهما).

15. يتناسب كل من الضغط p والحجم V تناسبًا طرديًا مع درجة الحرارة، كما يتناسب الضغط P والحجم V بعضهما مع بعض عكسيًا.

16. نحتاج إلى معرفة درجة الحرارة والضغط النهائيين لحساب الحجم النهائي. استخدم القانون العام للغازات.

17. كلما حصرت كتلة أكبر من الغاز في حجم أقل أصبح نقل الغاز وتخزينه أسهل. وتؤدي زيادة درجة الحرارة إلى ازدياد الضغط، وبالتالي قد تنفجر الأسطوانات. يجب ازالة ضغط الأكسجين قبل استنشاقه.

18. 711 torr

19. يجب أن توضح الخريطة المفاهيمية كيف يتناسب كل من T,V,P مع الآخر. ويتعين على الطلاب تسمية كل زوج من المتغيرات يُستخدم في قوانين الغازات.

7-2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (25) الـواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

قانـون الغـاز المثـالي يوضـح العلاقـات المتبادلة بـين الحجم والضغـط ودرجة الحـرارة وكمية الغاز. اطلـب إلى الطلاب أن يضعـوا قائمـة بجميـع الطرائق التـي يعتقدون أنهـا تزيد حجم البالـون. قد تتضمن الإجابات إضافة المزيـد من الهواء أو زيادة درجـة الحـرارة أو خفض الضغط. واسـألهم أيضًـا كيف يمكن توضيـح أثـر تخفيـض الضغط. وضـع البالون في حجـرة تفريغ الهواء. د م ض م ف م

2. التدريس

التعزيز

عـدد جسـيمات الغـاز ينص معكـوس مبدأ أفوجـادرو على أن الأعـداد المتسـاوية من جسـيمات الغاز عند نفـس درجة الحرارة والضغط لها الحجم نفسـه. ويمكن أن يستخدم هذا المبدأ لتعزيز مفهوم المول لأنه يسـاعد الطلاب على فهم أن الأعداد المتسـاوية مـن جزيئـات الغازات المختلفة لها الحجم نفسـه عـلى الرغم من اختلاف الكتل. فعلى سبيل المثال، 1 mol أو 6.02×10^{23} جزيء من غاز الهيدروجين عند الظروف المعيارية لها الحجم نفسه الذي يمتلكـه 1 mol أو 6.02×10^{23} جزيء من غاز النيتروجين على الرغم من اختـلاف كتلتهما، حيث إن كتلة الهيدروجين مقدارها 2 g، في حين أن كتلة النيتروجين مقدارها 28 g.

■ **إجابة سؤال الشكل 5–7** على الرغم مـن تفاوت حجوم الجسـيمات التـي تتكـون منها الغـازات المختلفـة، إلا أن نظرية الحركـة الجزيئيـة تنـص عـلى أن جزيئات الغـاز تكـون متباعدة بصورة تضمن ألا يكون للحجم الحقيقي للجسـيم أثر في تحديد حجـم الغاز، أما في السـوائل والمـواد الصلبة فتكـون الجزيئات متقاربة بعضها إلى بعض بحيث تُحدث اختلافًا في حجومها.

7–2

الأهداف

- **تربط** عدد الجسيمات بالحجم مستخدمًا مبدأ أفوجادرو.
- **تربط** كميـة الغـاز بضغـطه ودرجـة حـرارتـه وحجـمـه مستخدمًا قانون الغاز المثالي.
- **تقارن** بـين خصـائـص الغـاز الحقيقي والغاز المثالي.

مراجعة المفردات

المـول: وحـدة قياسـيـة دوليـة تستخـدم لقيـاس كميـة المـادة، وتمثـل مـقـدار المـادة النقيـة التي تحتوي عـلى 6.02×10^{23} من الجسيمات.

المفردات الجديدة

مبدأ أفوجادرو
الحجم المولاري
ثابت الغاز المثالي (R)
قانون الغاز المثالي

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

الفكرة الرئيسة **يربـط قانـون الغـاز المثالي بين عـدد المولات وكل من الضـغط ودرجة الحرارة والحجم.**

الربط مع الحياة تعلم أن إضافة الهواء إلى إطار السيارة يزيد من ضغط الهواء في الإطار، ولكـن هـل تعلم أن قيمة الضغط المحددة للإطار هي قيمة الضغط في الإطار عندما يكون بـاردًا؟ فعندمـا تتحرك إطارات السـيارات عـلى الطريق يعمل الاحـتـكاك على رفع درجة الحرارة، فيزيد الضغط.

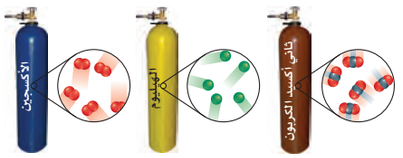
مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle

تختلف حجوم جسـيمات الغازات، ومع ذلك تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغـاز في أي عينـة تكون متباعـدة كثيرًا جدًّا، بحيـث يصبح تأثير حجم الجسـيمات قليلًا جدًّا على الحجم الذي يشـغله الغاز. فمثلًا يشغل 1000 جسيم من غاز الكربتون الكبيرة نسـبيًّا الحجـم نفسـه لـ 1000 جسـيم من غـاز الهيليـوم الأصغر حجمًا عنـد نفس درجة الحـرارة والضغـط. وكان أفوجـادرو في عـام 1811م أول مـن قدم هـذه الفكرة. وينص **مبـدأ أفوجـادرو** على أن الحجوم المتسـاوية من الغـازات المختلفة تحتوي العدد نفسـه من الجسـيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط. ويبين **الشـكل 5–7** حجومًا متسـاوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجـم وعـدد المـولات درسـت سـابقًا أن المـول الواحـد مـن أي مـادة يحتـوي عـلى 6.02×10^{23} من الجسـيمات. و**الحجم المولاري** لغاز هو الحجم الذي يشـغله 1 mol منه عند درجة حرارة 0.0°C، وضغط جوي 1atm.

وتعرف درجة الحرارة 0.0°C والضغط الجوي 1atm بدرجة الحرارة والضغط المعياريين. هذا وقد بيَّن أفوجادرو أن 1mol من أي غاز يشغل حجمًا مقداره 22.4 L، لذا يمكنك استعمال 22.4 L/mol بوصفه معامل تحويل عندما يكون الغاز في الظروف المعيارية. فإذا رغبت مثلًا 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، وتحتوي أعدادًا متساوية من جسيمات الغاز بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه كل منها.

استنتج لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والمواد الصلبة؟

مثال في الصف

السؤال غاز مجهول حجمه 11.2 L، وكتلته 22 g عند الظروف المعيارية (STP). فما مقدار الكتلة الجزيئية للغاز؟ استخدم أولاً الحجم المولي لحساب عدد المولات، ثم احسب الكتلة المولية؟

الإجابة $1\text{mol}/22.4\text{ L} \times 11.2\text{ L} = 0.5\text{ mol}$

$22\text{ g}/0.5\text{ mol} = 44\text{ g/mol}$.

مسائل تدريبية

20. 1.03 L

21. 2.00 g

22. 102 ml

23. 0.111 L

24. 3.6×10^3 L

25. 14.6 L

التقويم

المعرفة ضع لترًا واحدًا من كل من الغازات المختلفة، مثل الهيدروجين، والميثان، والبروبان، والنيتروجين في بالونات منفصلة، واكتب الرمز الكيميائي الخاص بالغاز على البالون الذي يحتويه. وإذا لم تتوفر الغازات فارسم البالونات على السبورة ، ثم اسأل الطلاب فيما إذا كانت تتساوى الغازات في كل من: الحجم؟ نعم. وعدد الجزيئات؟ نعم. الكتلة؟ لا. عدد المولات؟ نعم . ض م

مثال 5-7

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

$m = 2.00\text{ kg}$

$T = 0.00\,^{\circ}\text{C}$

$P = 1.00\text{ atm}$

المطلوب

$V = ?\text{ L}$

2 حساب المطلوب

حدّد الكتلة المولية للميثان

حدد الكتلة المولية عبر عن الكتلة الجزيئية باستخدام g/mol لتصل إلى الكتلة المولية.

$$M = 1\,\cancel{\text{C atom}}\left(\frac{12.01\text{ amu}}{1\,\cancel{\text{C atom}}}\right) + 4\,\cancel{\text{H atoms}}\left(\frac{1.01\text{ amu}}{1\,\cancel{\text{H atom}}}\right)$$
$$= 12.01\text{ amu} + 4.04\text{ amu} = 16.05\text{ amu} = 16.05\text{ g/mol}$$

حدّد عدد مولات الميثان

حوّل الكتلة المولية من وحدة Kg إلى g

$$2.00\,\cancel{\text{kg}}\left(\frac{1000\text{ g}}{1\,\cancel{\text{kg}}}\right) = 2.00 \times 10^3\text{ g}$$

اقسم على الكتلة المولية لإيجاد عدد المولات.

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3\text{ g}}{16.05\text{ g/mol}} = 125\text{ mol}$$

استخدم الحجم المولاري لتحديد حجم الميثان في الظروف المعيارية STP.

استخدم الحجم المولاري 22.4 L/mol للتحويل من المولات إلى الحجم.

$$V = 125\,\cancel{\text{mol}} \times \frac{22.4\text{ L}}{1\,\cancel{\text{mol}}} = \mathbf{2.80 \times 10^3\text{ L}}$$

3 تقويم الإجابة

مقدار الميثان الموجود أكبر من 1 mol ؛ لذا يجب أن تتوقع حجمًا كبيرًا، 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 الكربتون في الظروف القياسية 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 أُخرج 0.205 g من غاز الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما الحجم الجديد؟

التنوع الثقافي

التكيف فوق المرتفعات العالية يعيش كثير من سكان العالم فوق المرتفعات العالية من مثل أمريكا الجنوبية وسكان الهيمالايا في آسيا. ونظرًا لأن الضغط الجزئي لأكسجين الهواء على ارتفاع 5334 m عند قمة إيفرست في الهيمالايا يساوي نصف ضغطه عند مستوى سطح البحر. لذا فإن كثيرًا من متسلقي الجبال يستخدمون أسطوانات الأكسجين فوق جبل إيفرست، في حين أن المرشدين المحليين أقل اعتمادًا على الأكسجين الإضافي. وقد عكف العلماء في السنوات المئة الماضية على دراسة التكيفات الجينية والشكلية لهذه المجتمعات لتحديد الاختلافات في التكيف بينها وبين من يعيشون في المناطق المنخفضة.

يمتلك الكثير ممن يعيشون في المناطق المرتفعة تركيزًا عاليًا من الهيموجلوبين في دمهم، مما يمكّنهم من الإفادة من أي كمية موجودة من الأكسجين بكفاءة. في حين يمتلك معظم الناس الذين تكيفوا للعيش في المناطق العالية قبل سن البلوغ حويصلات كبيرة وواسعة مما يساعد على زيادة قدرة رئاتهم أكثر من الآخرين. ويكون عدد هذه الحويصلات وحجمها في رئاتهم أكبر من مثيلاتها لدى الناس الذين يعيشون عند مستوى سطح البحر. وقد تساعد هذه المعرفة على معالجة الحالات الصحية المزمنة لدى سكان المناطق المرتفعة مثل ارتفاع ضغط الشريان الرئوي، التورم، ومرض الأماكن المرتفعة المزمن. وقد تساعد أيضًا على تحديد الاحتياطات الطبية التي يجب أن يتخذها متسلقو الجبال، ورجال الإنقاذ، وغيرهم ممن يعيشون فوق المرتفعات ويعانون من صعوبات في التكيف.

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 حجوم جسيمات الغازات صغيرة جدًّا، 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 و درجة الحرارة لمقدار محدّد من الغاز.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

وتبقى علاقة الضغط والحجم ودرجة الحرارة دائمًا نفسها لعينة محدّدة من الغاز. ويمكن إعادة كتابة العلاقة الممثلة في القانون العام للغازات على النحو الآتي :

$$\frac{PV}{T} = \text{مقدارًا ثابتًا}$$

يوضّح **الشكل 6-7** أن زيادة مقدار الغاز الموجود في العينة يؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كانت درجة الحرارة والحجم ثابتين، كما أنّ الحجم يزداد عند إضافة المزيد من جسيمات الغاز. ونحن نعرف أن كلًّا من الحجم والضغط يتناسبان تناسبًا طرديًّا مع عدد المولات (n)، لذا يمكن وضع عدد المولات (n) في معادلة القانون العام للغازات، كما يأتي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابتًا}$$

ولقد حددت التجارب التي استخدمت فيها قيم معروفة لكل من V، T،P.n قيمة هذا الثابت، والذي يعرف **بثابت الغاز المثالي**، ويرمز له بالرمز R. فإذا كان الضغط مقيسًا بوحدة atm فإن قيمة R هي 0.0821 L.atm /mol.K .

لاحظ أن وحدة R تجمع ببساطة وحدات المتغيرات الأربع. ويبين **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 شيوعًا 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

$PV = nRT$

- P = الضغط.
- V = الحجم.
- n = عدد المولات.
- R = ثابت الغاز المثالي.
- T = درجة الحرارة بوحدات كلفن.

إن حاصل ضرب الضغط في الحجم في كمية معينة من الغاز عند درجة حرارة ثابتة يساوي مقدرًا ثابتًا.

الشكل 6-7 يبقى حجم ودرجة حرارة هذا الإطار ثابتًا 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	$\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$
8.314	$\frac{L \cdot kPa}{mol \cdot K}$
62.4	$\frac{L \cdot mmHg}{mol \cdot K}$

عرض سريع

الغاز والحجم ضع 5 ml من الماء في بالون، وأضف إليه قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم CaC_2، وأغلق البالون بإحكام، ثم اطلب إلى الطلاب أن يفسروا ما يلاحظونه من تغيرات. يزداد حجم الغاز في البالون لأن مقداره قد ازداد، في حين بقي كل من درجة الحرارة والضغط ثابتين. **ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب حل المسألة الآتية: تزن عينة من غاز جاف 2.1025 g، وتشغل حيزًا مقداره 2.850 L عند درجة حرارة 22.0 °C، وضغط 740 Hg mm. فما عدد مولات الغاز؟ 0.115mol **ض م**

ماذا قرأت؟ يتناسب كل من الحجم والضغط طرديًا مع عدد المولات.

مختبر الكيمياء يمكنك تنفيذ مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل في هذه المرحلة من الدرس.

دفتر الكيمياء

تاريخ الكيمياء اطلب إلى الطلاب كتابة ملخص حول الأبحاث التي قام بها الكيميائيون في العصور الوسطى في دفاترهم. واطلب إليهم تعرف ما اكتشفه هؤلاء العلماء حول طبيعة الغازات، وتضمين ملخصاتهم رسمًا لأداة مختبرية استخدموها. **ض م**

عرض سريع

مولات الغاز كلف طالبًا بنفخ كرة أو إطار، واسأل الطلاب الآخرين، في أثناء مراقبتهم له، كيف يمكن لهم حساب عدد مولات الغاز في الكرة أو الإطار؟ عدد المولات (n) يساوي PV /RT، حيث (R) قيمه ثابتة، ويمكنهم استعمال مقياس الحرارة في قياس درجة حرارة الهواء، ومقياس ضغط الإطارات في قياس ضغط الهواء في الإطار، ويمكنهم لإيجاد حجم الهواء في الإطار قياس حجم الكرة أو الإطار، ثم حساب الحجم، أو تفريغ الهواء في مخبار مدرج مملوء بالماء موضوع بصورة مقلوبة داخل وعاء يحتوي على الماء، ثم قياس حجم الماء المزاح . ض م

مثال في الصف

السؤال حدّد درجة الحرارة المطلقة بالكلفن التي يتطلبها 0.014 mol من غاز لملء بالون حجمه 1.20 L تحت تأثير ضغط مقداره 0.988 atm.

الإجابة 307 K

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{(0.988\ atm)(1.20\ L)}{(0.0470\ mol)(0.0821\ \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K})}$$

$$T = 307\ K$$

مثال 6-7

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا NH_3 الموجودة في وعاء حجمه 3.0 L عند 3.0×10^2 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 أنَّ قيم الضغط ودرجة الحرارة قريبة من الظروف المعيارية، لكن الحجم أصغر كثيرًا من 22.4 L، فعليك أن تتوقع أنّ الإجابة أقل كثيرًا من مول واحد.

المعطيات

$V = 3.0\ L$

$T = 3.00 \times 10^2\ K$

$P = 1.50\ atm$

$R = 0.0821\ \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$

المطلوب

$n = ?\ mol$

2 حساب المطلوب

استخدم قانون الغاز المثالي، ثم عوِّض بالقيم المعروفة لإيجاد قيمه (*n*)

اكتب قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

حل لإيجاد n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوض $V = 3.0\ L$, $T = 3.00 \times 10^2\ K$, $P = 1.50\ atm$

$R = 0.0821\ L \cdot atm/mol \cdot K$

$$n = \frac{(1.50\ atm)(3.0\ L)}{\left(0.0821\ \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}\right)(3.00 \times 10^2\ K)}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$n = \frac{(1.50\ \cancel{atm})(3.0\ \cancel{L})}{\left(0.0821\ \frac{\cancel{L} \cdot \cancel{atm}}{mol \cdot \cancel{K}}\right)(3.00 \times 10^2\ \cancel{K})} = \mathbf{0.18\ mol}$$

3 تقويم الإجابة

تتفق الإجابة مع توقع أنّ عدد المولات أقل كثيرًا من 1 mol ، وحدة الإجابة mol، وتحتوي رقمين معنويين.

مسائل تدريبية

26. ما درجة حرارة 2.49 mol من الغاز بوحدات سيلزيوس، 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) ـ 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 ثابتًا، فما حجمه الجديد؟

مسائل تدريبية

26. – 266 °C

27. 7.81 L

28. 5.14 atm

29. 6.9×10^{-3} mol

30. 12 L

دفتر الكيمياء

الأوزون في الغلاف الجوي اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا حول رحلة جزيء كلوروفلوركربون (CFC) في الغلاف الجوي، علمًا بأن مركبات الكلوروفلوركربون (CFCs) تحتوي على الفريون المحظور استخدامه. ويتعين عليهم أن يتتبعوا الذرات في (CFC) بمجرد انتقالها إلى الغلاف الجوي حيث يتفاعل الكلور مع الأوزون. ض م

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 كلًّا من الكتلة ودرجة الحرارة والضغط وحجم الغاز معروفًا. تذكر ما تعلمته سابقًا، حيث إن عدد مولات الغاز(n) تساوي الكتلة (m) مقسومة على الكتلة المولية (M). لذلك يمكن التعويض عن n بمقدار m /M .

$$PV = nRT \quad \rightarrow \quad n = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad PV = \frac{mRT}{M}$$

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 الحجوم (V)، وبعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية يمكن التعويض عن (m /V) بالقيمة D .

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad \rightarrow \quad D = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad M = \frac{DRT}{P}$$

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 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.

المفردات

أصل الكلمة

المول Mole

جاءت من الكلمة الألمانية Mol،وهي اختصار Molekulargewicht، وتعني الوزن الجزيئي.

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؟

التقويم

المهارة اكتب القانون العام للغازات بالكلمات على السبورة، واطلب إلى الطلاب أن يعبروا عنه بصيغة رياضية. يتناسب مقدار محدد من الغاز تناسبًا عكسيًا مع حجمه وطرديًا مع درجة حرارته، كما يتناسب حجمه تناسبًا طرديًا مع درجة حرارته. $P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$ **ض م**

إثراء

ثاني أكسيد الكربون اصطحب الطلاب إلى مطعم قريب يمتلك آلة صودا موصولة بخزان غاز ثاني أكسيد الكربون، واطلب إلى أحد الموظفين أن يوضح لهم كيف تُضاف الكربونات إلى الشراب. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 7–7** كثافة غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر من كثافة الهواء.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا كيف يُطبق قانون الغاز المثالي على الغازات الحقيقية، ويمكنهم استعمال معادلة فان دير فال بعد إدخال الثوابت a، b الخاصة بكل غاز على المعادلة العامة للغازات لتصبح: $(P+ n^2a /V^2) (V-nb)=nRT$، حيث يصحح الجزء الأول من هذه المعادلة حجم جزيئات الغاز الحقيقي، ويصحح الجزء الثاني قوى التجاذب بين الجسيمات. لاحظ أن a، b ثوابت يتم تحديدها تجريبيًا لكل غاز على حدة. **ف م**

تجربة

الهدف سيستخدم الطلاب مبدأ أفوجادرو والقانون العام للغازات لحساب كثافة الغازات الثلاثة والمقارنة بينها عند درجة حرارة الغرفة، ثم تحديد الضغط الجوي.

المهارات العملية استعمال الأرقام، كتابة الفرضيات.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة في المختبر قبل بدء العمل. وراجع معايير السلامة للمواد السامة. ويتعين على الطلاب ارتداء معطف المختبر والقفازات، وذكّرهم بضرورة توخي الحذر من لهب الشمعة والألمنيوم الساخن.

التخلص من الفضلات يتعين على الطلاب القيام بغسل الدوارق في المغسلة والتخلص من أعواد الثقاب.

استراتيجيات التدريس

- ارجع إلى كيفية تحضير المحاليل.
- اطلب إلى الطلاب حساب حجم غاز CO_2 اللازم لملء الأسطوانة.

$V = \pi r^2 h$ ؛850 ml

- ذكّر الطلاب بوضع فوهة الأنبوب بصورة صحيحة، على أن يتدفق الغاز مباشرة نحو اللهب.

النتائج المتوقعة إن غاز CO_2، والذي هو أثقل من الهواء، سوف يتدفق إلى الأسفل في أسطوانة الألمنيوم، ويطفئ لهب الشمعة.

التحليل

1. نجد باستعمال قانون $V_2 = P_1V_1T_2/(T_1P_2)$ عند 298 k و 98.6 kPa، أن الحجم المولي = 25.1 L.
2. CO_2: 44.0 g/25.1 L = 1.75 g/L
   O_2: 32.0 g/25.1 L = 1.27 g/L
   N_2: 28.0 g/25.1 L = 1.12 g/L
3. نعم، يتحرك CO_2 إلى أسفل عبر الاسطوانة مؤديًا إلى إزاحة الهواء وإطفاء لهب الشمعة.

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. لفّ قطعة من ورق القصدير أبعادها 23 cm×30 cm على أسطوانة ارتفاعها 30 cm ونصف قطرها 6 cm تقريباً ثم ألصق أطراف قطعة القصدير.
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 أسطوانة القصدير 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.

تحليل

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 Versus Ideal Gases

ماذا يعني مصطلح الغاز المثالي؟ تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقًا. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدومًا، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزًا، 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 و إن كان صغيرًا، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تمامًا. 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.

ماذا قرأت؟ يتبع الغاز المثالي افتراضات نظرية الحركة الجزيئية جميعها: الجسيمات لا تشغل حيزًا، ولا يوجد قوى تجاذب فيما بينها، وتصادماتها مرنة تمامًا.

استراتيجية حل المسائل

اشتقاق قوانين الغازات إذا أتقنت الاستراتيجيات الآتية، فإن عليك تذكر قانون الغاز المثالي فقط. خذ مثالًا، 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 كلًّا من P،R،n ثابت تحت هذه الظروف، فإنه يمكنك جعل كل من الحجم ودرجة الحرارة متساويين لاشتقاق قانون شارل.

$PV_1 = nRT_1$ $PV_2 = nRT_2$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P}$ $\frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P}$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

تطبيق الاستراتيجية

اشتق قانون بويل وجاي- لوساك والقانون العام للغازات استنادًا 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 8-7** 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 مكوّنًا سائلًا. ويسلك غاز البروبان في الخزان الظاهر في **الشكل 8-7** أيضًا سلوكَ 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 ـ ومنها البروبان ـ إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.

يمكن تخزين كمية من البروبان السائل أكبر 270 مرة منها في الحالة الغازية في الحجم نفسه. وتستخدم أسطوانات صغيرة من البروبان السائل وقودًا للطهي في المنازل.

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.

الشكل 8-7 لا يتبع الغاز الحقيقي قانون الغاز المثالي عند قيم الضغط ودرجات الحرارة كلها.

مشروع الكيمياء

جوزيف برستلي اطلب إلى الطلاب البحث في أعمال العالم البريطاني جوزيف برستلي الذي يُعد مكتشف الأكسجين. ض م

استراتيجية حل المسائل

تطبيق الاستراتيجية

يتعين على الطلاب استعمال هذه الاستراتيجية في اشتقاق قانون بويل $(P_1V_1=P_2V_2)$ من قانون الغاز المثالي والحصول على قانون جاي لوساك $(P_1/T_1=P_2/T_2)$ والقانون العام للغازات $P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2$.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب أن يظهروا مهاراتهم في استخدام البارومتر. ثم افحص الضغط أولًا، واشرح للطلاب كيفية قراءة قياس الجهاز، ثم اطلب إلى كل طالب أن يقرأ قياس الضغط الجوي، ويسجل كل قراءة على قطعة من الورق. د م ض م

الرياضيات في الكيمياء

حساب نسبة التغير تتضمن بعض مسائل قوانين الغازات حساب النسبة المئوية للزيادة أو النقصان في كل من درجة الحرارة أوالحجم أو الضغط. يحتاج الطالب في هذه الحالة أن يحسب نسبة القيمة النهائية إلى القيمة الابتدائية لحساب نسبة الزيادة أو النقصان باستعمال العلاقة الآتية:

$$\text{نسبة التغير المئوية} = [(X_2/X_1)-1]\times 100\%$$

X تمثل درجة الحرارة أو الضغط أو الحجم أو الكمية.

مسألة تتعلق بقانون جاي لوساك: إذا تركت قارورة صودا بلاستيكية مغلقة حجمها 1.00 L في مكان مشمس ثم ارتفعت درجة الحرارة من 20°C إلى 31°C، فاسأل الطلاب: هل سيزداد الضغط أو سينقص؟ سيزداد. احسب نسبة الزيادة $P_2/P_1=T_2/T_1= 1.038$. وهذا يعني أن الضغط قد زاد بنسبة 3.8% ض م

التعلم البصري

الشكل 7-20 اطلب إلى الطلاب تفسير لماذا يكون سلوك الغازات غير القطبية أقرب من سلوك الغازات القطبية إلى الغاز المثالي. يوجد بين جزيئات الغاز القطبي قوى تجاذب أكبر نظرًا لوجود أقطاب مختلفة الشحنة تتجاذب مع الأقطاب المخالفة لها في الشحنة في الجزيئات الأخرى للغاز نفسه.

اطلب إلى الطلاب أن يرسموا مخططاً لجزيئات الغازات الآتية: CO و N_2 وNH_3 ويحددوا ما إذا كان كل غاز منها قطبياً، أو غير قطبي. ثم اطلب إليهم تحديد القطب الموجب، والقطب السالب لكل غاز قطبي. N_2 غير قطبي، CO و NH_3 غازان قطبيان، الأقطاب الموجبة هي C في CO، H في NH_3، أما الأقطاب السالبة فهي O في CO، N في NH_3 ض م

3. التقوّيم

التحقق من الفهم

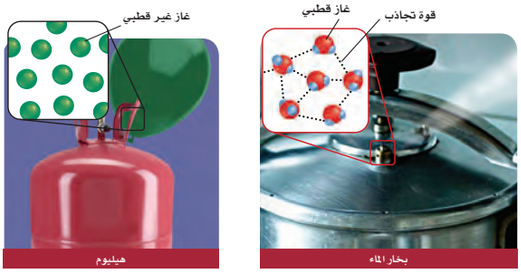
اطلب إلى كل مجموعة من الطلاب كتابة مسألتين تتعلقان بقانون الغاز المثالي ثم حلهما. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب أن يحددوا كيفية حساب عدد مولات الغاز التي يحتويها إطار منفوخ. يمكن للطلاب استعمال قانون الغاز المثالي لعمل هذه الحسابات، إذا كان لديهم مقياس ضغط الإطارات، ومقياس الحرارة، والشريط المتري. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب إجراء بحث لتحديد الغازات النبيلة التي يمكن أن تتفاعل في ظل ظروف خاصة، وكتابة معادلات تفاعل هذه الغازات. ف م



الشكل 7-9 التجاذب بين جسيمات الغاز غير القطبي ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قويًا.

القطبية وحجم الجسيمات تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلًا 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 بوساطة قوى كهروستاتيكية، كما في **الشكل 9-7**، لذا، لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان C_4H_{10} حيزًا 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 2-7

الخلاصة

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم 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 أيضًا استخدامه لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معروفة.
- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكًا مغايرًا لسلوك الغاز المثالي.

31. الفكرة الرئيسة **فسر** لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟

32. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.

33. حلّل كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مستخدمًا نظرية الحركة الجزيئية؟

34. توقع الظروف التي يحتمل أن يختلف عندها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟

35. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعًا 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°C–.

37. ارسم رسمًا بيانيًّا واستخدمه ينخفض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1psi (14.7psi=1.0 atm) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار 6°C ، ارسم رسمًا بيانيًّا يوضح التغير في الضغط داخل الإطار، عندما تتغير درجات الحرارة من 20°C إلى 20°C– (افترض أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة 20.0°C).

التقويم 2-7

31. لأن حجم جزيئات الغاز يتم اهمالها سواءً كانت صغيرة أو كبيرة مقارنة بالحجم الكلي للغاز.

32. $PV = nRT$

33. يسلك الغاز الحقيقي سلوكًا مشابهًا لسلوك الغاز المثالي في الظروف التي تزيد فيها المسافة وتقل فيها قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له. وأفضل الظروف لذلك هي عندما تكون درجات الحرارة مرتفعة والضغط منخفضًا.

34. ينحرف الغاز الحقيقي في سلوكه عن الغاز المثالي عند الظروف التي تقل فيها المسافة وتزيد قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له. ويحدث ذلك عندما تقل درجة الحرارة، ويرتفع الضغط.

35. P: atm, mm Hg, torr, kPa; V: L, ml; T: K; n: mol

36. 4.16 g

37. يجب أن يوضح الرسم البياني ضغط الهواء وعلاقته بدرجة الحرارة، المنحنى الناتج سيكون خطًا مستقيمًا يبين علاقة التناسب الطردي بين المتغيرات.

7-3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الـدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (26) الـواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

موازنـة معـادلات تفاعـلات الغـاز استـخدم نـماذج ورقيـة لتوضيح المعادلة الكيميائيـة الموزونة بين غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين لتكوين بخار الماء:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

تمثـل الداوئر البيضاء ذرات غـاز الهيدروجين، فيما تمثل الدوائر الحمراء ذرات الأكسجين. اطلب من الطلاب أن يقرأوا المعادلة الكيميائية بصوت عالٍ بطريقتين مختلفتين:

2 mol مـن غـاز الهيدروجـين +1mol مـن غـاز الأكسـجين يكونان 2 mol من بخار الماء.

حجمان من غاز الهيدروجين + حجم واحد من غاز الأكسجين يكونان حجمين من بخار الماء. د م ض م

2. التدريس

بناء نموذج

جزيئات الغاز اطلب من الطلاب أن يستخدموا نماذج الكرات والعصي لتمثيـل جزيئات الغاز وتوضيح ما يحدث للغاز عندما يتعـرض لضغطٍ عالٍ جدًا ودرجـات حرارة منخفضة. يجب أن يوضـح الطـلاب تحـرك الجزيئات ببـطء، واقترابها مـن بعضها البعض، وقوى التجاذب بين جزيئاتها. د م

إثراء

مراجعـة الجـبر راجع مع الطـلاب خطوات الجـبر التي تلزم لحل معادلة الغاز المثالي لكلٍ من المتغيرات T، n،V،P.

واستخدم تحليل الأبعاد لتوضيح ان كل متغير له وحدة مناسبة. ض م

7–3

الأهداف

- **تحدد** النـسـب الحـجـمـيـة للغازات المتـفـاعـلـة والناتـجـة مستخدمًا المعاملات الموجودة في المعادلة الكيميائية.
- **تطبق** قوانين الغازات لحساب كميـات الغـازات المتفاعلـة والناتجة في التفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

المعاملات: الرقـم الـذي يكتب عن يسـار المواد المتفاعلة أو الناتجة في المعادلة الكيميائية والذي يخبرنا عن أقل عـدد من جسـيمات المادة المتضمنة في التفاعل.

الحسابات المتعلقة بالغازات Gas Stoichiometry

الفكرة الرئيسة **عندما تتفاعـل الغـازات فـإن المعامـلات في المعـادلات الكيميائيـة 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 مشـابهة فإن نسبًا صحيحة من المتفاعلات تلزم في التفاعـل 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.

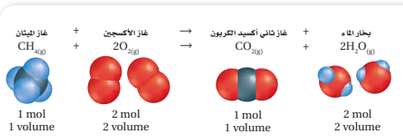
$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

تخبرك المعادلة الكيميائية الموزونة بالنسب المولية للمواد في التفاعل؛ فمثلاً تبين معادلة التفاعل أعلاه أنّ 2 mol من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج 2 mol من بخار الماء.

كما ينص مبدأ أفوجادرو على أنّ الحجوم المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط لها عدد الجسيمات نفسه، وهكذا فإن معاملات المواد الغازية في المعادلة الكيميائية الموزونة لاتمثل عدد المولات فقط، وإنما تمثل الحجوم النسبية أيضًا. 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 10–7** مثلاً، والذي يوضح احتراق غاز الميثان، وهذا التفاعل مألوف لك؛ إذ يحدث كلما أشعلت موقد بنزن.



الشكل 10-7 توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة العلاقة بين أعـداد مولات المواد المتفاعلة والناتجة والعلاقة بين حجوم أي من الغازات المتفاعلة أو الناتجة. بناءً على هذه المعاملات، يمكن استخدام النسبة الحجمية لأي زوج من الغازات المتفاعلة.

طرائق تدريس متنوعة

دون المسـتوى يستوعب بعض الطلاب مسائل الحسابات الكيميائية بشكل أفضل إذا تمكنوا من تصور التفاعل مستخدمين في ذلك نماذج الكرات والعصي لنمذجة المتفاعلات والنواتج .

اطلب مـن الطلاب القيام ببناء نماذج للجزيئات المتفاعلة والناتجة في تفاعـل احتراق الميثان، واسـتخدم هذه النماذج لإيجاد النسـبة المولية لكل من:

a. الميثان إلى الأكسجين 1:2

b. الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكربون 2:1

c. الميثان إلى ثاني أكسيد الكربون 1:1

d. الميثان إلى الماء 1:2 ف م

مثال في الصف

السؤال يحترق الإيثانول ليكون غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$CH_3CH_2OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج اذا استخدم 6 L من غاز الاكسجين في التفاعل؟

الإجابة من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة فإن النسبة الحجمية لغاز O_2 إلى غاز CO_2 هي 3:2. استخدم هذه النسبة لتبين أنّ حجم غاز CO_2 يساوي 4 L.

مسائل تدريبية

38. 6.80 L C_3H_8

39. 10.0 L H_2

40. 4.72 L O_2

41. 17.0 L O_2

تطوير المفهوم

الخريطة المفاهيمية صف الخطوات الرئيسة الأربع اللازمة لحل مسائل الحسابات الكيميائية واعمل مع الطلاب على عمل خريطة مفاهيمية توضح هذه العمليات.

1. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.
2. حوّل الكتلة أو الحجم المعطى للمتفاعلات أو النواتج إلى مولات .
3. استخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لتحديد النسبة المولية المناسبة واضرب لحساب عدد المولات المطلوبة من المتفاعلات أو النواتج.
4. حوّل مولات المتفاعلات أو النواتج المطلوبة إلى كتل أو حجوم كما هو مطلوب؟

مشروع الكيمياء

تطبيقات قوانين الغازات اطلب من الطلاب المهتمين أن يشاهدوا فلم حول العالم في ثمانين يوما وأن يكتبوا ملخصًا للفلم يركزون فيه على قوانين الغازات التي استخدمت لجعل البالون يطير. ثم اطلب منهم وضع ملخصاتهم في ملفاتهم التقويمية. ض م

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.

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 حاجه 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 لإحراق 4.0 L من غاز البروبان C_3H_8 حرقًا 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 والناتجة.

المعطيات	المطلوب
$V_{C_3H_8} = 4.00\ L$	$V_{O_2} = ?\ L$

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

اكتب المعادلة الموزونة

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

جد النسبة الحجمية لـ O_2، C_3H_8

$$\frac{5\ \text{volume}\ O_2}{1\ \text{volume}\ C_3H_8}$$

اضرب حجم C_3H_8 المعروف بالنسبة الحجمية لإيجاد حجم O_2

$$V_{O_2} = (4.00\ L\ C_3H_8) \times \frac{5\ \text{volume}\ O_2}{1\ \text{volume}\ C_3H_8} = 20.0\ L\ O_2$$

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 تدريبية

38. كم لترًا من غاز البروبان C_3H_8 يلزم لكي تحترق حرقًا 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 حرقًا كاملاً؟

41. تحفيز يتفاعل غازا النيتروجين والأكسجين لإنتاج غاز أكسيد ثاني النيتروجين N_2O. ما حجم غاز O_2 اللازم لانتاج 34 L من غاز N_2O؟

التعزيز

الغاز المضغوط اطلب من أحد ممثلي شركات بيع الغاز المضغوط أن يقدم عرضًا حول استخدامات الغازات وكيفية التعامل مع اسطوانات الغاز المضغوط.

الخلفية النظرية للمحتوى

اكتشاف الهيليوم شوهد عنصر الهيليوم في الشمس باستخدام المطياف الضوئي في العام 1868م، وكان ذلك قبل 23 عامًا على اكتشافه في خام اليورانيوم على الأرض، وإن اكتشاف وجوده في الشمس هو السبب في تسميته بالاسم اليوناني للشمس Helios. وبقي عنصر الهيليوم نادر الوجود حتى عام 1900م، ولكن في العام 1905م أظهرت عمليات تحليل بئر للغاز الطبيعي في كنساس وجود الهيليوم فيه بنسبة 2% أما الباقي فكانت غالبيته نيتروجين.

عرض سريع

تفكك H_2O_2 ضع دورق مخروطي جاف سعته 500 ml على ميزان وعدل القراءة إلى الصفر. أضف 100 g من فوق أكسيد الهيدروجين الذي تركيزه 3% إلى الكأس، ثم أضف حوالي 0.5 g من الخميرة الجافة كعامل محفز لتفكك H_2O_2. سجل الكتلة. يجب أن تظهر فقاعات في المخلوط نتيجة تحلل H_2O_2. سجل التغير في الكتلة بعد انتهاء خروج الفقاعات جميعها. اسأل الطلاب عن سبب النقصان في الكتلة. لقد فقد O_2 وانتقل إلى محيط التفاعل. اسأل الطلاب عن دور الخميرة في عملية التفاعل. إنها عامل مساعد (محفّز). ض م

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 Problems

الربط 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 المزروعات. يوضح **الشكل 11-7** مزارعًا يسمد الأرض بسماد غني بالنيتروجين، وهذا يجعل المزارع قادرًا - بإذن الله - على إنتاج كميات أكثر من المحصول.

يوضح المثال 8-7 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 كتلها. لذا يجب أن يتم تحويل كل الكتل المعطاة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها جزءًا من النسبة. تذكر أيضًا أن وحدة درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن.

المفردات

المفردات الأكاديمية

النسبة
العلاقة الكمية بين شيئين.
النسبة بين الهيدروجين والأكسجين في جزيء الماء هي 2:1

مثال 8-7

حسابات الحجم- الكتلة تحضّر الأمونيا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين وفق المعادلة :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

إذا تفاعل 5.00 L من غاز النيتروجين تمامًا 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 والناتجة معطاة من خلال معاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات باستخدام قانون الغاز المثالي، ومن ثم حساب الكتلة باستخدام الكتلة المولية.

المعطيات
$V_{N_2} = 5.00\ L$
$P = 3.00\ atm$
$T = 298\ K$

المطلوب
$m_{NH_3} = ?\ g$

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

$$\frac{1 \text{ vol } N_2}{2 \text{ vol } NH_3}$$

قم بضرب الحجم المعروف من N_2 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم NH_3

$$5.00 \text{ L } N_2 \left(\frac{2 \text{ vol } NH_3}{1 \text{ vol } N_2}\right) = 10.0 \text{ L } NH_3$$

استخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد قيمة n. ومن ثم احسب عدد مولات NH_3

اكتب نص قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

جد قيمة n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوض V = 5.00L. P= 3.0 atm. T= 298 K

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}}\right)(298 \text{ K})}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L·atm}}{\text{mol·K}}\right)(298 \text{ K})} = 1.23 \text{ mol } NH_3$$

جد الكتلة المولية لـ NH_3

$$M = \left(\frac{1 \text{ N atom} \times 14.01 \text{ amu}}{1 \text{ N atom}}\right) + \left(\frac{3 \text{ H atoms} \times 1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}}\right)$$

عبر عن الكتلة المولية بوحدة g/mol

$$= 17.04 \text{ amu}$$

$$M = 17.04 \text{ g/mol}$$

حول مولات الأمونيا إلى جرامات الأمونيا

استخدم الكتلة المولية معاملًا للتحويل

$$1.23 \text{ mol } NH_3 \times \frac{17.04 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 21.0 \text{ g } NH_3$$

3 تقويم الإجابة

لتفحص إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند (STP)، ثم الحجم المولي والنسبة المولية بين NH_3، N_2؛ 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).

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

43. عند تسخين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ تتحلل 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(II)

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

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 °C، وضغط 1atm وفي أثناء التفاعل برد الغاز بحيث أصبحت درجة حرارته (20 °C). ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج؟

$$NaHCO_{3(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow NaCH_3COO_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

مثال في الصف

السؤال يسمى غاز الإيثين أيضًا غاز الإيثلين، وهو يتحول إلى بوليمر بلاستيكي يسمى بولي إيثلين حسب المعادلة:

$$n(C_2H_4)_{(g)} \rightarrow (CH_2\text{-}CH_2)n$$

إذا تفاعل 2240 L من غاز الإثيلين عند الظروف المعيارية من الضغط ودرجة الحرارة STP (يحدث التفاعل الحقيقي عند درجة 220 °C و1200 atm)، وتحول في أثناء التفاعل جميع غاز الإيثيلين إلى البولي إيثيلين ، فما عدد جرامات البولي إيثيلين التي ستنتج؟

الإجابة 1mol من الغاز عند الظروف المعيارية STP حجمه 22.4 L، والكتلة المولية للوحدة الأساسية(المونومر) من البولي إيثيلين تساوي 26g /mol.

$$2240 \text{ L} \times \frac{1 \cancel{\text{mol}}}{22.4 \text{ L}} \times \frac{26 \text{g}}{\cancel{\text{mol}}} = 2600 \text{ g}$$

مثال في الصف

السؤال اسأل الطلاب لماذا لا نحتاج إلى معرفة درجة حرارة التفاعل والضغط لحساب الناتج؟

الإجابة سيتغير الحجم، لكن الكتلة لن تتغير. أخبر الطلاب أن هذا التفاعل لن يكتمل حقيقة، وأن الكتلة الحقيقية للبولي إيثيلين الناتجة ستكون أقل من 2600g

مسائل تدريبية

42. 0.357 g NH_4NO_3

43. 533 L CO_2

44. 15.6 L O_2

45. 7.9 L CO_2

دفتر الكيمياء

أهمية الأمونيا اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في الاستخدامات غير الزراعية للأمونيا. واطلب منهم أن يكتبوا التفاعلات الكيميائية لكل مثال يجدونه. ثم كلّفهم أن يتبادلوا النتائج مع زملائهم في الصف في صورة عروض أو رسومات. قد تشمل الاستخدامات صناعة الورق، وصناعة الأدوية، والصناعات البترولية، وصناعة المنظفات المنزلية، والمنظفات غير الصابونية. ض م

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 أيضًا الإثيلين، هو المادة الخام لصناعة مبلمر البولي إيثيلين. ينتج البولي إثيلين 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.

$$n(C_2H_4)_{(g)} \rightarrow -(CH_2-CH_2)_{n(s)}-$$

لو كنت مهندسًا في مصنع لصناعة البولي إثيلين فإنك ستحتاج لمعرفة بعض خصائص غاز الإثيلين، ومعرفة تفاعلات البلمرة أيضًا، وستساعدك المعلومات المتعلقة بقوانين الغازات على حساب كتلة وحجم المادة الخام اللازمة تحت درجات حرارة وضغط مختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إثيلين.

التقويم 7-3

الخلاصة

- تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة النسبَ الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

46. الفكرة الرئيسة فسر عندما يتفاعل غاز الفلور مع بخار الماء يحدث التفاعل الآتي:

$$2F_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow O_{2(g)} + 4HF_{(g)}$$

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 تناسبًا طرديًّا أو عكسيًّا مع عدد مولات الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين؟ فسر إجابتك.

48. **احسب** يشغل 1mol من الغاز حجمًا مقداره 22.4 L عند 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.

3. التقويم

التحقق من الفهم

ضع كرة كتلتها 10.0 g من ورق الألومنيوم في كمية مناسبة من حمض الهيدروكلوريك المركز وفي منطقة جيدة التهوية. اطلب من الطلاب أن يفسروا ما يشاهدونه. تتكون فقاعات من غاز الهيدروجين عندما يتفاعل الحمض مع الفلز، ثم اطلب منهم أن يكتبوا المعادلة الموزونة لهذا التفاعل، وأن يستخدموها للتنبؤ بعدد اللترات من غاز الهيدروجين التي تنتج عند STP إذا تفاعلت 10.0 g من الألومنيوم كليًا حسب المعادلة:

$$2Al_{(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 3H_{2(g)} + 2AlCl_{3(aq)}$$

12.5 L، وللتخلص من الفضلات، رشح الناتج، واسكب السائل في المغسلة مع سكب الكثير من الماء. وألق المخلفات الصلبة في سلة المهملات. ض م

إعادة التدريس

اشرح للطلاب أن تفاعلات الاحتراق تحدث في أجسامهم، إذ تعمل على كسر الروابط في المواد الغذائية التي يتناولونها، وهي شبيهة بتفاعل احتراق الميثان. ثم اطلب إليهم أن يكتبوا معادلة كيميائية موزونة لتفاعل احتراق السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$)، وأن يحسبوا عدد لترات الأكسجين اللازمة لاحتراق 30.0g من السكر في الظروف المعيارية STP

ض م $C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O$; 23.6 L

التوسع

اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في كيفية أن كمية قليلة من النيتروجليسرين يمكن أن تسبب انفجارًا ضخمًا. ينفجر النيتروجليسرين السائل ليكون حجومًا كبيرة جدًا من غازات مختلفة. ض م

$$4C_3H_5N_3O_{9(l)} \rightarrow 6N_{2(g)} + O_{2(g)} + 12CO_{2(g)} + 10H_2O_{(g)}$$

التقويم

المعرفة اطلب من الطلاب أن يشرحوا لماذا كان يجب معرفة درجة الحرارة والضغط لحل المسائل التي تستخدم فيها الغازات المتفاعلة لتحديد عدد المولات الصلبة الناتجة. حجم الغاز يجب أن يحول إلى المولات لأن الحسابات الكيميائية تعتمد على النسبة المولية. ستشغل مولات الغاز أحجامًا مختلفة إعتمادًا على درجة الحرارة والضغط. ض م

التقويم 7-3

46. $2\ L\ H_2O$، $1\ L\ O_2$، $4L\ HF$

47. تناسب طردي، كلما زادت كمية الغاز فإن الحجم سيزداد.

48. ستتباين إجابات الطلاب. درجة الحرارة يمكن أن تقل للنصف أو يتضاعف الضغط، أو أن يحدث انخفاض في درجة الحرارة وازدياد في الضغط.

49. $C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

النسبة المولية للإيثان إلى الأكسجين هي 3:1، النسبة المولية لثاني أكسيد الكربون إلى الماء هي 2:2

الهدف

يكتشف الطلاب المبادئ التي تقف وراء العلاج بالأكسجين المضغوط Hyperbaric oxygen therapy (HBOT)، وكيف يستخدم العلاج بالأكسجين (HBOT) في معالجة التسمم بأول أكسيد الكربون.

الخلفية النظرية

يشعر المرضى الذين يتعرضون للعلاج بالأكسجين المضغوط بالشعور نفسه الذي يشعر به ركاب الطائرات عند الإقلاع أو الهبوط. فعندما يزداد الضغط تدريجيًا يشعر المريض بزيادة الضغط على أذنيه والذي يمكن التخلص منه خلال التثاؤب. هذا، وتعود الأذن إلى وضعها الطبيعي تلقائيًا عندما ينخفض الضغط في نهاية المعالجة. لذا تضبط كل من درجة الحرارة والرطوبة بحرص في غرفة الضغط العالي.

استراتيجيات التدريس

استعمل قانون بويل للمقارنة بين حجم الغاز في رئات الغواصين تحت سطح الماء على عمق 30 m، وفي رئات الغواصين عند سطح البحر. واطلب إلى الطلاب أن يطبقوا معرفتهم بعلاج ارتفاع الضغط بالأكسجين وقانون بويل لمعرفة كيف تساعد (HBOT) الغواصين عند صعودهم بسرعة؛ يؤدي إلى خروج غاز النيتروجين من سوائل الجسم والأنسجة بسرعة ليكوّن فقاقيع الغاز.

الكيمياء والصحة

الصحة والضغط

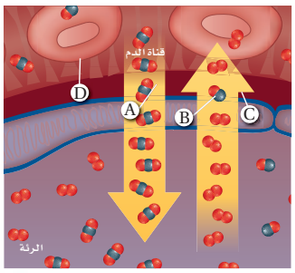
تعيش حياتك اليومية وتعمل وتلعب في الهواء حيث يكون الضغط 1atm تقريبًا، ونسبة الأكسجين 21%، فهل تساءلت يومًا: ماذا يمكن أن يحدث لو كان الضغط ونسبة الأكسجين في الهواء أكثر؟ هل كنت ستتعافى من المرض أو الجروح بسرعة؟ هذه الأسئلة هي جوهر العلاج بالأكسجين المضغوط.

العلاج بالأكسجين المضغوط Hyperbaric medicine

إن كلمة (hyper) تعني عاليًا أو زائدًا. و(bar) هي وحدة الضغط، وتساوي 100 KPa، وهذا تقريبًا 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 غالبًا مع ارتفاع تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المرضى. ويشير العلاج بالأكسجين المضغوط (HBOT) إلى علاج بوساطة أكسجين تركيزه 100%. ويبين 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 والأنيميا 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، فيتحرر 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، عوضًا 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 سليمًا.

التخلص من أول اكسيد 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.

الكتابة في الكيمياء

البحث يتعين على الطلاب أن يصبحوا قادرين على وصف استعمال HBOT في معالجة الجروح. لذا زوّدهم بسلالم تقدير لتمكينهم من إجراء التقويم الذاتي، أو تقويم الأقران. وقد تتضمن سلالم التقدير: عرض المعلومات، وصف ظروف العلاج، وصف المزايا والأخطار المحتملة والمرتبطة به، وصف مدى مساعدة المريض على تقرير ما إذا كان يقبل العلاج بواسطة HBOT أو لا.

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الفشار

الخلفية النظرية عندما يكون ضغط بخار الماء داخل حبات الفشار كبيرًا بشكل كافٍ، تتحول الحبات إلى فوشار وتطلق بخار ماء. ويمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الضغط في هذه الحبات عند انفجارها.

سؤال ما مقدار الضغط اللازم لنفش حبات الفشار؟

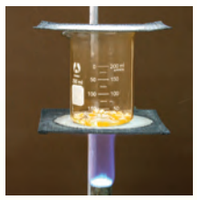
المواد والأدوات

حبات فشار (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

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدولاً لتسجيل البيانات.
3. ضع 5ml تقريبًا من الماء المقطر في مخبار مدرج، وسجل حجمه.
4. ضع 18– 20 حبة فشار في المخبار المدرج مع الماء، وحرّك المخبار المدرج بلطف؛ لتجبر فقاقيع الهواء على الخروج، ثم سجل حجم الماء وحبات الذرة معًا.
5. أخرج الحبات من المخبار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات الجافة مع 1.5 – 1.0 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 تتفرق حبات الذرة.
11. استخدم ماسك الكأس لإبعاد الكأس عن الحلقة، واتركه حتى يبرد تمامًا.



12. قس الكتلة النهائية للكأس والزيت والفشار.
13. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من حبات الذرة والزيت باتباع تعليمات معلمك. نظّف الأدوات المختبرية وضعها في أماكنها.

حلل واستنتج

1. **احسب** حجم حبات الذرة باللتر، وذلك من خلال إيجاد الفرق بين حجم الماء المقطر في المخبار قبل إضافة الذرة وبعده.
2. **احسب** الكتلة الكلية لبخار الماء المنطلق مستخدمًا قياسات كتل الكأس والزيت وحبات الذرة قبل النفش وبعده.
3. **حوّل** استخدم الكتلة المولية للماء؛ لإيجاد عدد مولات الماء المتحررة.
4. **استخدام الصيغ** اعتبر أن درجة حرارة الزيت المغلي 225°C هي درجة حرارة الغاز، واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
5. **قارن** بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
6. **استنتج** لماذا لم تنفش حبات الذرة جميعها؟
7. **تحليل الخطأ** حدّد مصادر الخطأ في هذه التجربة، واقترح طريقة لتصحيحها.

الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لفرقعة أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الفشار

الزمن حصة صفية واحدة.

المهارات العملية جمع البيانات وتنظيمها، كتابة الفرضيات، والملاحظة.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة قبل بدء العمل. ولا تسمح للطلاب بتناول الفوشار المعد في أواني المختبر الزجاجية، وحذرهم من أن الزيت الساخن قد ينسكب أو يتطاير ويحرق الجلد.

التخلص من النفايات كلّف الطلاب بإلقاء الفوشار في سلة المهملات، ويمكن التخلص من الزيت بتنظيفه بالماء والصابون.

خطوات العمل

- يجب أن تحافظ شبكة التسخين على بقاء الفوشار في الكأس.
- لن تفرقع بعض نوى الفوشار.
- من المهم ألاّ يحرق الطلاب الذرة، ويوصى بأن تحتوي شبكة التسخين على قطعة سيراميك دائرية لتعمل على توزيع حرارة الموقد.

البيانات

حجم الماء	الحجم الكلي للماء وحبات الذرة	كتلة الكأس والزيت والذرة قبل التحول إلى فوشار	كتلة الكأس والزيت والفوشار
7.8 ml	5.0ml	110.934g	109.952g

حلّل واستنتج

1. حساب العينة:

$7.8\ ml - 5.0\ ml = 2.8\ ml;\ 2.8\ ml = 0.0028\ L$

2. حساب العينة:

$110.943\ g - 109.952\ g = 0.991\ g$

3. حساب العينة:

$0.991\ g\ H_2O \times (1\ mol\ H_2O)/(18.02\ g\ H_2O) = 0.0550\ mol\ H_2O$

$= 0.0550\ mol\ H_2O$

4. حساب العينة:

$P = nRT/V$

$(0.0550\ mol)\ (0.0821)\ (L \cdot atm)/(mol \cdot K)\ (498\ K)$

$/0.0028\ L = 803\ atm$

5. القيمة المحسوبة أكبر من الضغط الجوي.
6. يرجع عدم تحول بعض حبات الذرة إلى فوشار إلى قلة الماء فيها، مما يؤدي إلى قلة ضغط الماء عند تبخره.
7. ستتنوع الإجابات، على أن تتضمن مصادر الخطأ كلاً من وجود بخار ماء على الدورق، وفقدان بعض الزيت، وحقيقة أن بعض حبات الذرة لا تتحول إلى فوشار.

الاستقصاء

يمكن أن يكتشف الطلاب أن الأنواع المختلفة من الذرة تحتاج إلى ضغوط مختلفة لتتحول إلى فوشار، وأن كمية الماء الموجود فيها هي العامل الأكثر تأثيرًا في سرعة التحول إلى فوشار.

الفصل 7

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

اطلب إلى الطلاب كتابة جملة حول كل من المفردات الواردة في الفصل لتعزيز تعلمهم.

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة بوحدات القياس الدولية (SI)، وأخرى بالوحدات الشائعة لكل من الحجم والضغط ودرجة الحرارة. ض م
- اطلب إلى الطلاب تلخيص قوانين الغازات وذلك من خلال كتابة القيم التي تبقى ثابتة وتلك التي تتغير في كل قانون. ض م

يمكن للطلاب زيارة الموقع:

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- طلبًا للمزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن.

الفكرة العامة تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

7-1 قوانين الغازات

الفكرة الرئيسة إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أوالحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

المفردات

- قانون بويل
- الصفر المطلق
- قانون شارل
- قانون جاي- لوساك
- القانون العام للغازات

المفاهيم الرئيسة

- ينص قانون بويل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة. $P_1V_1 = P_2V_2$
- ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًّا 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 طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
- يربط القانون العام للغازات كلًّا من درجة الحرارة والضغط والحجم في معادلة واحدة. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

7-2 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسة يربط قانون الغاز المثالي عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

المفردات

- مبدأ أفوجادرو
- الحجم المولي
- ثابت الغاز المثالي
- قانون الغاز المثالي

المفاهيم الرئيسة

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم 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 أيضًا لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت كتلته المولية معروفة. $M = \frac{mRT}{PV}$ $D = \frac{MP}{RT}$
- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكًا مغايرًا لسلوك الغاز المثالي.

7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

المفاهيم الرئيسة

- تحدد المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

7-1

إتقان المفاهيم

50. اذكر نصوص قوانين بويل، وشارل، وجاي- لوساك والقانون العام للغازات، واكتب معادلاتها.

51. إذا تناسب متغيران تناسبًا عكسيًّا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

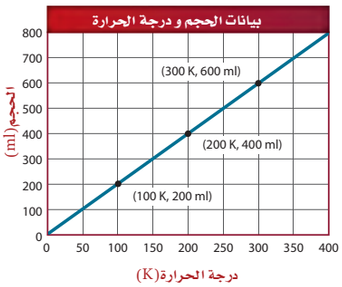
52. إذا تناسب متغيران تناسبًا طرديًّا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

53. ما الظروف المعيارية المستخدمة في حسابات الغازات؟

54. حدّد وحدات الضغط والحجم ودرجة الحرارة الأكثر استعمالًا.

إتقان المفاهيم

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. $V_1 = 2.0\ L, P_1 = 0.82\ atm, V_2 = 1.0\ L, P_2 = ?$

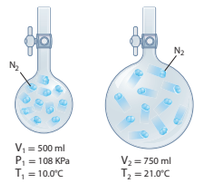
b. $V_1 = 250\ mL, T_1 = ?, V_2 = 400\ mL, T_2 = 298\ K$

c. $V_1 = 0.55\ L, P_1 = 740\ mm\ Hg, V_2 = 0.80\ L, P_2 = ?$

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.

7-1

إتقان المفاهيم

50. قانون بويل: يتناسب حجم كتلة من الغاز المحصور عند درجة حرارة ثابتة تناسبًا عكسيًّا مع الضغط. $P_1V_1 = P_2V_2$

قانون شارل: يتناسب حجم كتلة من الغاز تناسبًا طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط. $V_1/T_1 = V_2/T_2$

قانون جاي- لوساك: يتناسب ضغط كتلة من الغاز تناسبًا طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الحجم. $P_1/T_1 = P_2/T_2$

القانون العام للغازات: يوضح العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة لكمية ثابتة من الغاز. $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$

51. ينقص عندما يزداد المتغير الآخر.

52. يزداد عندما يزداد المتغير الآخر.

53. $T = 0.00\ ^\circ C\ (273\ K)$، $P = 1.00\ atm$

54. للضغط: atm، درجة الحرارة: K، الحجم: L.

إتقان المفاهيم

55. ينص قانون شارل على أن حجم كتلة معينة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة. ويخضع الرسم البياني إلى هذا القانون لأن مضاعفة درجة الحرارة من شأنها مضاعفة الحجم. لذا فالبيانات دقيقة.

56. $5.91 \times 10^4\ L$

57. **a.** 1.6 atm

b. 186 K

c. 509 mm Hg

58. 2.68 L

59. 1.17 atm

60. 74.8 kPa

7-2

إتقان المفاهيم

61. تحتوي الحجوم المتساوية من أي غاز مثالي العدد نفسه من الجسيمات عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة.

62. يصف قانون الغاز المثالي السلوك الفيزيائي للغاز بدلالة كل من: الضغط، والحجم ودرجة الحرارة، وعدد مولات الغاز.

تقويم الفصل 7

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 1.0×10^{-15} 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.

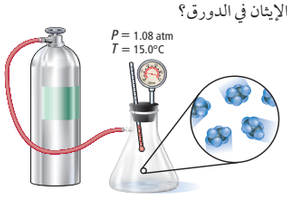
72. حدّد كثافة غاز الكلور عند درجة 22.0°C وضغط جوي (1.00 atm).

73. أي الغازات في **الشكل 7–15** يشغل الحجم الأكبر في الظروف المعيارية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا احتوى كل من الوعائين في **الشكل 7–15** على 4.0L من الغاز فما مقدار الضغط في كل منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.

الشكل 7–15

75. مُلئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في **الشكل 7–16**. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 7–16

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 عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22L، عند درجة حرارة 35.0°C ، وضغط جوي مقداره 3.1 atm ؟

63. حجم 1 mol يساوي 22.4 L؛ وحجم 2 mol يساوي 44.8 L

64. الغاز المثالي هو ذلك الغاز الذي لا تشغل جسيماته حيزًا من الفراغ، ولا يوجد بينها قوى تجاذب، وتخضع لقوانين الغازات في جميع الظروف من الضغط ودرجة الحرارة. ولكن لا يوجد حقيقة غاز مثالي؛ لأن جميع جسيمات الغازات لها الحجم نفسه، وبينها قوى تجاذب.

65. ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة.

66. وحدة الكلفن، الحجم لا يتناسب تناسبًا طرديًا مع درجة الحرارة السليزية(°C).

إتقان المسائل

67.a. 12.1 L

b. يحول البروبان إلى سائل قبل نقله لأن سائل البروبان يحتل حجما أصغر من حجم الغاز للكمية نفسها.

68. 3.3×10^4 جزيء

69. 0.286mol، وعند ارتفاع درجة الحرارة تصبح 0.265 mol

70. 1.50×10^2 g/mol

71. 34 L

72. 2.93 g/L

73. يشغل غاز N_2 حيزًا أكبر عند الظروف المعيارية (STP) مقداره 304 L ، في حين يشغل غاز C_3H_8 حيزًا مقداره 264 L فقط.

74. البروبان: 66.1 atm، النيتروجين: 76.2 atm.

75. 2.75 g

76. 4.55g/L

77. 2.7 mol

تقويم الفصل 7

78. تَشارك 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 وP ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

7-3

إتقان المفاهيم

79. لماذا يعد من الضروري موازنة المعادلة قبل استخدامها في تحديد حجوم الغازات المتضمنة في التفاعل؟

80. ليس من الضروري أخذ درجة الحرارة والضغط بعين الاعتبار عند استخدام المعادلة الموزونة لتحديد الحجم النسبي للغاز. لماذا؟

81. فسر لماذا لا تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة أعداد المولات فقط، وإنما أيضًا الحجوم النسبية للغازات؟

82. هل تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة الحجوم النسبية للسوائل والمواد الصلبة؟ فسر إجابتك.

إتقان المسائل

83. 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 ؟

84. عينة من غاز كبريتيد الهيدروجين حجمها 6.5 L، تمت معالجتها مع محفز لتسريع التفاعل الآتي:

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

فإذا تفاعل H_2S تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة مقدارها 290 K فما كتلة(g) بخار الماء الناتج.

85. 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؟

86. ادرس التفاعل المبين أدناه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

$$2CO_{(g)}+2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)}+2CO_{2(g)}$$

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؟

87. 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؟

88. 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

89. تلفاز احسب الضغط داخل أنبوب الصورة في التلفاز، إذا كان حجمه 3.50L، ويحتوي على $2.00X10^{-5}$g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي (22.0°C).

90. 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 و160°C

c. 288 K و 118 Kpa

91. إذا احترق 2.33 L من غاز البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط جوي 67.2 Kpa احتراقًا تامًّا في كمية فائضة من الأكسجين، فما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج؟

78. سينخفض عدد المولات إلى النصف عند ثبوت الضغط والحجم ومضاعفة درجة الحرارة.

7-3

إتقان المفاهيم

79. تمثل معاملات المعادلة نسب حجوم الغازات في التفاعل.

80. لأن درجة الحرارة والضغط متساويان لكل غاز متضمن في التفاعل. وبالتالي هذه الظروف تؤثر في كل غاز بنفس الطريقة.

81. ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي العدد نفسه من الجزئيات (أو العدد نفسه من المولات) لذلك فإن المعاملات أيضًا تمثل الحجوم النسبية للغازات.

82. كلا، هذه العلاقة تنطبق فقط على الغازات التي تسلك سلوك الغاز المثالي.

إتقان المسائل

83. 9.13 L

84. 9.7 g

85. غاز N_2: 7.7 L، وغاز O_2: 15.4 L

86. a. 1:1، **b.** 17.1 L

87. 4.2 g

88. 5.70 L

مراجعة عامة

89. 4.9×10^{-6} atm

90. a. 4.48 L

b. 2.37 L

c. 4.06 L

91. 0.19 mol

تقويم الفصل 7

92. التنفس يتنفس الإنسان 0.50 L من الهواء تقريبًا 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°C−، والضغط 253 mmHg؟

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؟

93. يحترق 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

94. طبّق يجب أن يكون حجم بالون من الهيليوم 3.8L على الأقل ليرتفع في الهواء، وعند إضافة 0.1mol من الهيليوم إلى البالون الفارغ أصبح حجمه (2.8L). ما عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع؟ افترض أن كلًّا من T، P ثابتان.

95. احسب يستخدم مصنع للألعاب نترافلورو 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°C و1atm ضغط جوي.

96. حلّل يزن مكعب صلب من الجليد الجاف 0.75 Kg (CO_2) تقريبًا، فما حجم غاز CO_2 في الظروف المعيارية عندما يتسامى المكعب كليًّا؟

97. حلّل عندما يتفكك النيتروجلسرين $C_3H_5N_3O_9$ فإنه يتحلل إلى الغازات الآتية: H_2O، NO، N_2، CO_2. ما حجم مزيج الغازات الناتجة عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 2678 °C إذا تفكك 239 g من النيتروجلسرين ؟

98. طبّق ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي (R) في المعادلة $\frac{cm^3 \cdot Pa}{K \cdot mol}$ ؟

99. استنتج هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقل من قيمة الضغط الحقيقي الذي تحدثه عينة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسر إجابتك.

مسألة تحفيز

100. الخَبز يستخدم أحد الخبازين صودا الخبز لنفخ الكعك، وتتحلل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقًا للتفاعلين الآتيين:

$$2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$$

احسب حجم CO_2 المتكون لكل جرام من $NaHCO_3$ في كلا التفاعلين. افترض أن التفاعل يحدث عند 210°C وضغط جوي مقداره 0.985 atm

مراجعة تراكمية

101. حول كل كتلة مما يأتي إلى ما يكافئها بـ Kg :

a. 247 g　　c. 7.23 mg

b. 53 mg　　d. 975 mg

102. أي جسيمات الغازات الآتية لها أعلى متوسط سرعة، وأيها لها أقل متوسط سرعة؟

a. أول أكسيد الكربون عند 90°C

b. ثالث فلوريد النيتروجين عند 30°C

c. الميثان عند 90°C

d. أول أكسيد الكربون عند 30°C

92. a. 1.2 L

b. 0.75 L

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

b. 2:1

التفكير الناقد

94. 0.56 g

95. a. 4.55 g /L

b. 1.51×10^{22} molecule /L

96. 381 L

97. 1850 L

98. 8.314×10^6 cm³·Pa/(mol·K)

99. عند الضغوط العالية، ودرجات الحرارة المنخفضة فإن قانون الغاز المثالي يعطي ضغطًا أعلى من الضغط الذي يحدثه الغاز فعليًا. وفي ظل هذه الظروف فإن أثر قوى التجاذب بين الجسيمات يصبح أكثر أهمية. إذ تعمل قوى التجاذب بين الجسيمات على تقليل قوى التصادم مع جدران الإناء، مما ينتج ضغطًا حقيقيًا أقل من الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي.

مسألة تحفيز

100. 0.24 L؛ $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

0.48 L؛ $NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$

مراجعة تراكمية

101. a. 0.247 kg　　**b.** 5.3×10^{-5} kg

c. 7.23×10^{-6} kg　　**d.** 9.75×10^{-4} kg

102. b ، c؛ يكون متوسط السرعة أعلى عند درجة الحرارة المرتفعة، ويقل عندما تكون الكتلة المولية كبيرة.

تقويم الفصل 7

103. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة فيما يأتي :

a. اليود
b. البورون
c. الكروم
d. الكربتون
e. الكالسيوم
f. الكادميوم

104. اذكر عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة، ثم اكتب البناء الإلكتروني النقطي لكل عنصر من العناصر الآتية:

a. kr
b. Sr
c. P
d. B
e. Br
f. Se

105. إذا أعطيت محلولين شفافين عديمي اللون، وكان أحدهما يحتوي مركبًا أيونيًّا، والآخر مركبًا تساهميًّا، فكيف يمكنك تحديد أي المحلولين أيوني، وأيهما تساهمي؟

106. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل تفاعل من التفاعلات الآتية:

a. إحلال الزنك مكان الفضة في محلول كلوريد الفضة.

b. تفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

107. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم ببالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقق حتى عام 1999م. اكتب تصوراتك عن الرحلة، وصف كيف يتحكم تغير درجة حرارة البالون في ارتفاع البالون؟

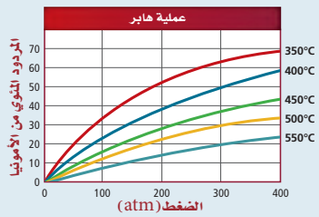
108. جهاز التنفس تحت الماء ابحث في أثر منظات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يستخدمها الغواصون، واشرحه.

أسئلة المستندات

عملية هابر تستخدم الأمونيا NH_3 في عملية صناعة الأسمدة والمبردات والأصباغ والبلاستيك. وعملية هابر طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتمثل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المنعكس:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92\ kJ$$

يوضّح **الشكل 17–7** أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.



الشكل 17–7

109. فسر كيف نسبة المردود المئوية للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟

110. 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 200atm، عند درجة حرارة الوعاء الذي يتم فيه التفاعل؟

b. ترى، كيف يؤثر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى 450°C على الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا؟

105. يوصل المحلول الأيوني التيار الكهربائي، أما المحلول التساهمي فلا يوصل التيار الكهربائي.

106.a $Zn_{(s)} + 2AgCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

106.b $2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

107. ينبغي أن تشمل إجابات الطلاب وصفًا يبين كيف يسمح الاختلاف في الكثافة بين الهواء الساخن والهواء البارد للبالون الساخن بالبقاء عاليًا، وكيفية التحكم في سرعة تسخين البالون للصعود والهبوط.

108. ينبغي أن تشتمل إجابات الطلاب وصفًا لوظيفة مُنظِّم خزان الهواء بصورة شاملة، مع الإشارة إلى أنه جهاز يُغيّر من مستويات ضغط الهواء، ويؤدي إلى تمريره. ففي المرحلة الأولى؛ يوصَل المُنظِّم بخزان جهاز التنفس ويُخفَض ضغط الخزان إلى الضغط المحيط إضافة إلى الضغط السابق (على سبيل المثال الضغط المحيط + 140 psi). وفي المرحلة الثانية يسير فيها المُنظِّم على خط سير المرحلة الأولى، ومن ثَمّ يوصَل الهواء إلى الغواص ليتزود به تحت الماء.

أسئلة المستندات

109. تزداد نسبة المردود المئوية للأمونيا بزيادة الضغط، وتقل عند درجات الحرارة المرتفعة.

110.a. إذا زاد الضغط أكثر من 200 atm، فإن ذلك يؤدي إلى رفع درجة الحرارة.

110.b. يؤدي إنقاص درجة حرارة هذا التفاعل الى تقليل سرعته، ويزيد من الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا.

103.a $[Kr]4d^{10}5s^25p^5$

103.b $[He]2s^22p^1$

103.c $[Ar]3d^54s^1$

103.d $[Ar]3d^{10}4s^24p^6$

103.e $[Ar]4s^2$

103.f $[Kr]4d^{10}5s^2$

104.a 2,8,18,8 :Kr:

104.b 2,8,18,8,2 ·Sr·

104.c 2,8,5 ·P·

104.d 2,3 ·B·

104.e 2,8,18,7 :Br·

104.f 2,8,18,6 :Se·

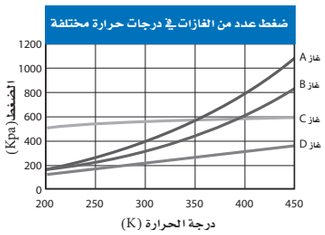
أسئلة الاختيار من متعدد

1. d
2. d
3. a
4. c
5. b
6. c

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.

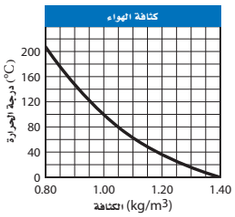
2. أي الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟
- **a.** الغاز A
- **b.** الغاز B
- **c.** الغاز C
- **d.** الغاز D

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 ثابتًا، فكم يكون حجمه عند ارتفاع 2300 m حيث درجة الحرارة 12°C؟
- **a.** 2.72×10^6 L
- **b.** 5.40×6^{10} L
- **c.** 5.66×6^{10} L
- **d.** 5.92×6^{10} L

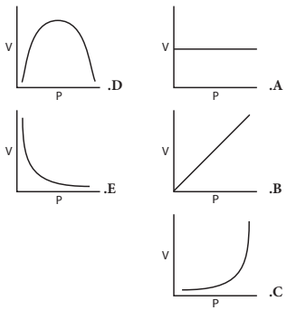
6. 3 . يوضح الرسم البياني نتائج تجربة تم فيها تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما المتغير المستقل في هذه التجربة؟



- **a.** الكثافة
- **b.** الكتلة
- **c.** درجة الحرارة
- **d.** الزمن

اختبار مقنن

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 NH_3 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

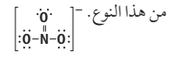
أسئلة الإجابات القصيرة

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 (NO_3^-).

عرف مفهوم متعدد الذرات، وأعطِ أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.



أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 12 :

مستويات غاز الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005

التاريخ	مستوى الرادون mJ/m^3	التاريخ	مستوى الرادون mJ/m^3
8 /04	0.15	2 /05	0.05
9 /04	0.03	3 /05	0.05
10 /04	0.05	4 /05	0.06
11 /04	0.03	5 /05	0.13
12 /04	0.04	6 /05	0.05
1 /05	0.02	7 /05	0.09

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 بيانيًا. فسر سبب اختيارك لهذه الطريقة ومثل البيانات بيانيًا.

7. d

8. a

أسئلة الإجابات القصيرة

9. تتضمن أدلة حدوث التغير الكيميائي: التغير في درجة الحرارة، واللون، وتصاعد غاز أو رائحة، وترسب مادة صلبة.

10. الهيدروجين (H_2)، والأكسجين (O_2)، والنيتروجين (N_2)، والفلور (F_2)، والكلور (Cl_2)، والبروم(Br_2)، واليود (I_2) توجد في الطبيعة على صورة جزيئات ثنائية الذرية. وذلك من خلال التشارك في زوج من الإلكترونات. فكلتا الذرتين تصل إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. وينتج عن ذلك استقرار الذرات.

11. الأيون متعدد الذرات هو الأيون الذي يتكون من أكثر من ذرة، ويتصرف وكأنه وحدة واحدة ذات شحنة محصلة. وهناك أمثلة أخرى تتضمن (OH^-) الهيدروكسيد، الكلورايت (ClO_2^-)، السيانيد (CN^-).

أسئلة الإجابات المفتوحة

12. يتعين على الطلاب اختيار رسم بياني من نوع الأعمدة أو الخطي لتمثيل البيانات، وتبرير اختيارهم بأنّ كل نقطة من البيانات يمكن تمثيلها على الرسم البياني.

المخطط التنظيمي للفصل 8 : الهيدروكربونات Hydrocarbons

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

القسم	أهداف القسم
8-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات **الفكرة الرئيسة** الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون، وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.	1. يوضح المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية. 2. يعيِّن الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها. 3. يفرِّق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة. 4. يصف مصدر الهيدروكربونات وكيفيّة فصلها.
8-2 الألكانات **الفكرة الرئيسة** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.	1. يُسمي الألكانات من خلال تفحّص صيغها البنائية. 2. يكتب الصيغة البنائية للألكان إذا أُعطيت اسمه. 3. يصف خصائص الألكانات.
8-3 الألكينات والألكاينات **الفكرة الرئيسة** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.	1. يقارن خصائص الألكينات والألكاينات بخصائص الألكانات. 2. يصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات. 3. يُسمِّي الألكين أو الألكاين اعتمادًا على صيغته البنائية. 4. يكتب الصيغة البنائية للألكين أو الألكاين إن أُعطيت اسمه.
8-4 متشكلات الهيدروكربونات **الفكرة الرئيسة** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.	1. يميز بين الفئتين الرئيستين للمتشكلات البنائية والفراغية. 2. يفرّق بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس. 3. يصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.
8-5 الهيدروكربونات الأروماتية **الفكرة الرئيسة** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، يمُدها به بناؤها الحلقي حيث تتشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.	1. يقارن بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية. 2. يوضح المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 8 / الهيدروكربونات (8 حصص)						
القسم	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	التقويم
عدد الحصص	1	2	2	1	1	1

مصادر تقويم التعلم	المواد الإثرائية الداعمة	المواد والأدوات المختبرية
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 134، 135 ماذا قرأت؟ صفحة 131، 132، 134 تقويم القسم ، صفحة 135	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 98 ض م شريحة التركيز رقم 27 ض م شريحة مهارات الرياضيات رقم 14 ض م	**تجربة استهلالية** صفحة 129 مجموعة النماذج الجزيئية. **الزمن** 15 دقيقة **عرض سريع** صفحة 133 جهاز التقطير، محلول ملح وماء تقطير. **الزمن** 15 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 137، 139، 141، 142، 145. ماذا قرأت؟ صفحة 138، 139، 142 تقويم القسم، صفحة 145	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 99 ض م شريحة التركيز رقم 28 ض م شريحة مهارات الرياضيات رقم 15 ض م	**مختبر الكيمياء** صفحة 166 بارومتر، ثيرموميتر، قارورة مشروبات غازية سعتها 1 L وأخرى سعتها 2 L مع أغطية، أنابيب مطاطية، قارورة جمع الغازات تحت السوائل، مخبار مدرج سعة 100 ml، ميزان (0.01 g)، محارم ورقية. **الزمن** 45 دقيقة **عرض توضيحي** صفحة 138 كأس سعة 400 ml؛ وأخرى 150 ml؛ سائل تنظيف 25 ml؛ جليسرين 5 ml؛ سكروز 5 g؛ أنبوب مطاطي طوله 1m؛ قمع صغير؛ مسطرة مترية؛ شمعة؛ أعواد ثقاب؛ جريدة؛ لاصق شفاف. **الزمن** 25 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 147، 151 ماذا قرأت؟ صفحة 147، 150 تقويم القسم ، صفحة 152	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 101 ض م شريحة التركيز رقم 29 ض م	**تجربة** صفحة 151 رباط مطاط ، شظية خشبية، مسطرة، ماء، كأس زجاجية سعة 150 mL، سائل تنظيف، ملاقط معدنية، كربيد الكالسيوم، علب ثقاب، قضيب تحريك، محلول فينولفثالين. **الزمن** 20 دقيقة
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 154، 155، 156، 158 ماذا قرأت؟ صفحة 155 تقويم القسم ، صفحة 158	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 102 ض م شريحة التركيز رقم 30 ض م شريحة التعليم رقم 22 ض م	**عرض سريع** صفحة 155 مجموعة النماذج الجزيئية. **الزمن** 10 دقائق
متابعة التقدم تقويم بنائي، صفحة 160، 162 ماذا قرأت؟ صفحة 161، 162 تقويم القسم ، صفحة 164 **تقويم ختامي** تقويم الفصل صفحة 150	**كراسة الملاحظات التفاعلية** ض م **مصادر الفصول** دليل مراجعة الفصل صفحة 103 ض م شريحة التركيز رقم 31 ض م	**عرض سريع** صفحة 160 بلاستيك أليفاتي، بلاستيك أروماتي، ملقط، مصدر لهب. **الزمن** 10 دقائق

الفصل 8

الفكرة العامة

متشابهة لكنها مختلفة ناقش الطلاب في بعض الأشياء التي تبدو متشابهة لكنها مختلفة لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل، واسأل: هل تناول أحدكم يومًا بعض المكسرات المنوّعة؟ وما وجه الشبه والاختلاف بين هذه الأنواع؟ أخبر الطلاب أن الهيدروكربونات أيضًا تتشابه، ولكنها مختلفة. وتتكون الهيدروكربونات جميعها من ذرات الكربون والهيدروجين، ومع ذلك فهي مختلفة؛ لأنها تحتوي على أنواع مختلفة من الروابط التي تزودها بسمات وخصائص مختلفة.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

بناء ذرة الكربون

الرابطة التساهمية والبناء الجزيئي

تغيرات الحالة الفيزيائية – الغليان والانصهار

استعمال الصورة

النفط اطلب إلى الطلاب تحديد ماهية الشيء الموجود في الصورة. منشأة حفر في البحار. واسألهم عما يحدث في المُنشأة. يقوم عمال النفط بالحفر لاستخراج النفط، وضخه إلى السطح، ثم نقله إلى المصفاة. ثم اطلب إليهم أيضًا تحديد استخدامات النفط. إجابات محتملة: وقودًا للسيارات والشاحنات، وفي استخدامات المنازل، ويتخذ موادّ أولية للكثير من الصناعات التي تشمل البلاستيك، والأفلام، والأنسجة الصناعية.

الفصل 8

الهيدروكربونات
Hydrocarbons

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

8-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون، وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

8-2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

8-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

8-4 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

8-5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تتشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

حقائق كيميائية

- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نفط يوميًّا من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواد خامًّا لكثير من المنتجات، ومنها اللدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.

تجربة استهلالية

كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟

تتكون الهيدروكربونات من ذرات كربون وهيدروجين. وتحتوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكوّن أربع روابط تساهمية.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم **مجموعات النماذج الجزيئية** (الكرات والوصلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مرتبطتين برابطة أحادية، على أن تمثِّل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.
3. صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكرات التي تمثل ذرات الكربون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعًا.
4. كرّر الخطوتين 2، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرّتي كربون كحد أقصى.

تحليل النتائج

1. **أعدّ** جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.
2. **صف** كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.
3. **حلّل** النمط الذي تتغير فيه نسبة اتحاد عدد ذرات الكربون إلى عدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامّة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.

استقصاء كيف تتأثر الصيغة الجزيئية عندما ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

المطويات منظمات الأفكار

المركبات الهيدروكربونية

اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونية باتباع الخطوات الآتية:

الخطوة 1 اثنِ ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معًا، واقطع خط الثني بطول 3 cm.

الخطوة 2 أمسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط الثني، واترك آخر 3 cm دون قطع.

الخطوة 3 أدخل أول ورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سِجلّ من 12 صفحة، وعنونه بـ "المركبات الهيدروكربونية".

المطويات **استعمل هذه المطوية في الأقسام 8–2، 8–3، 8–4، 8–5** من هذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقسام سجّل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميّزة، وأمثلة من واقع الحياة.

تجربة استهلالية

الهدف سيستخدم الطلاب مهارات بناء النماذج لمساعدتهم في تَصوُّر جزيئات الهيدروكربونات البسيطة.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الاطلاع على تعليمات السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

استراتيجيات التدريس

- زوّد الطلاب بكرات (تحتوي على أربعة ثقوب) لتمثيل ذرات الكربون في نماذج رباعية الأوجه (tetrahedral).
- ذَكِّر الطلاب بضرورة ربط ذرات الكربون على هيئة سلاسل مستقيمة دون تفرعات أو أشكال حلقية.
- كلف الطلاب البحث عن أسماء هذه الصيغ البنائية في محتوى الفصل حسب النظام الدولي للتسمية (أيوباك).

النتائج المتوقعة على الطلاب بناء أشكال وتراكيب مُماثلة لما هو موجود في **الجدول 1–8**.

تحليل النتائج

1.

ذرات C	ذرات H
2	6
3	8
4	10
5	12

2. C_2H_6، C_3H_8، C_4H_{10}، C_5H_{12}

3. C_nH_{2n+2}

استقصاء سيقل عدد ذرات الهيدروجين في الجزيء، وستعكس الصيغة عدد ذرات هيدروجين أقل.

8-1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (27) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الكربون لبنة بناء استخدم مجموعة النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لبناء جزيء ميثان CH_4، واعرض النموذج على الطلاب، واسألهم عن الجزيء الذي يمثله هذا النموذج. وأخبرهم أن الجزيء هو الميثان، وهو المكوِّن الأساسي للغاز الطبيعي. واشرح لهم أن الهيدروكربونات تتخذ وقودًا لأنها تتحد بالأكسجين بسهولة وتنتج كمية كبيرة من الطاقة في هذه العملية.

ابنِ جزيء ميثان آخر، واعرضه على الطلاب، ثم أزل ذرة هيدروجين من كلا النموذجين وصلهما معًا لبناء جزيء الإيثان. واطلب إلى الطلاب أن يفسروا كيف تكوّن هذا الجزيء الجديد. نُزعت ذرتان من الهيدروجين، وارتبطت ذرتا الكربون معًا. ثم فسّر لهم أن الهيدروكربونات تُتخذ أيضًا مواد أولية للكثير من الصناعات؛ لأنه يمكن ربط الجزيئات بعضها مع بعض بسهولة لتكوين سلاسل طويلة. ويمكن استبدال ذرات الهيدروجين بمجموعات جديدة لتكوين جزيء جديد تختلف صفاته وخصائصه عن خصائص الجزيء الأصلي. د م ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 1–8** إجابات محتملة: جلوكوز، أو سكروز، أو ميثان.

8–1

مقدمة إلى الهيدروكربونات
Introduction to Hydrocarbons

الأهداف

- **توضح** المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.
- **تعيّن** الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها.
- **تفرّق** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
- **تصف** مصدر الهيدروكربونات وكيفيّة فصلها.

مراجعة المفردات

مخلوق حي دقيق (microorganism): مخلوق حي صغير جدًّا لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

المفردات الجديدة

المركب العضوي
الهيدروكربون
الهيدروكربون المشبع
الهيدروكربون غير المشبع
التقطير التجزيئي
التكسير الحراري

الفكرة الرئيسة **الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.**

الربط مع الحياة عندما تركب سيّارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

المركبات العضوية Organic Compounds

عرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها – النباتات والحيوانات – في **الشكل 1–8** تُنتج قدْرًا هائلاً ومتنوعًا من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية).

عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات ـ بما فيها تلك المُصنّعة من المخلوقات الحية ـ تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معًا بتراكيب محدّدة. وقد تمكنوا أيضًا من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء – خطأً – أن عدم مقدرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائدٌ إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقًا لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيويّة" غامضة، تمكّنها من تركيب مركبات الكربون.

دحض فكرة القوة الحيوية كان فريدريك فوهلر Friedrich WÖhler (1882 – 1800 م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهلر على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حثت كيميائيين أوربيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيرًا ثبت بُطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.

الشكل 1-8 خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، ووهب لها القدرة أن تنتجها أيضًا.

حدّد مركبين عضويين درستهما سابقًا.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى يعود دحض مبدأ الحيوية (أو الحياتية) إلى الكيميائي الألماني فريدريك فوهلر عندما قام بتحضير المركب العضوي المعروف باليوريا من مادة سيانات الأمونيوم غير العضوية عام 1828م. وقد صرّح عام 1835م "بأن الكيمياء العضوية في هذه الأيام تكاد تقودني إلى الجنون. فهي تبدو لي على صورة غابة استوائية بدائية مليئة بأكثر الأشياء روعة، وأنها مُفزِعة ولا نهاية لها، ولا يجرؤ المرء على دخولها؛ إذ يبدو لا مجال للخروج منها". اطلب إلى الطلاب مناقشة الصلة الوثيقة بين تصريح فوهلر والطلاب الذين يدرسون الكيمياء اليوم.

ف م تعلم تعاوني

الكيمياء العضوية يطلق مصطلح **مركب عضوي** اليوم على المركبات التي تحتوي على الكربون ما عدا أكاسيد الكربون، والكربيدات والكربونات؛ حيث تعد مركبات غير عضوية. ونظرًا إلى وجود الكثير من المركبات العضوية، خُصص فرع كامل من فروع الكيمياء ـ سُمِّي الكيمياء العضوية ـ لدراسة هذه المركبات. تذكر أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في **الشكل 2–8**. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربون $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ أنه يشارك دائمًا بإلكتروناته، ويكوّن أربع روابط تساهمية. في المركبات العضوية تتحد ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين، أو ذرات عناصر أخرى تقع قريبة من الكربون في الجدول الدوري، وخصوصًا النيتروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والهالوجينات.

تتحد ذرات الكربون أيضًا مع ذرات كربون أخرى، وتكوّن سلاسل تتراوح أطوالها بين ذرتين إلى آلاف الذرات من الكربون. ولأن الكربون يكوّن أيضًا أربع روابط فإنه يكوّن مركبات في صورة تراكيب معقدة: سلاسل متفرعة، وتراكيب حلقية، وتراكيب شبيهة بأقفاص العصافير أيضًا. وعلى الرغم من احتمالات الربط هذه، فقد تعرّف الكيميائيون ملايين المركبات العضوية المختلفة، وما زالوا يتعرّفون ويحضّرون المزيد منها كل يوم.

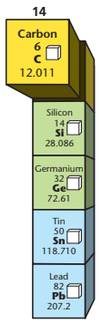
ماذا قرأت؟ **فسّر** لماذا يكوّن الكربون الكثير من المركبات؟

الهيدروكربونات Hydrocarbons

تُعد الهيدروكربونات التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط أبسط المركبات العضوية. تُرى ما عدد المركبات المختلفة التي يمكن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عددًا قليلاً محتملاً يمكن تكوّنه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط. ويعد الميثان CH_4 أبسط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين **الشكل 3–8**.

ماذا قرأت؟ **اذكر** استخدامين للميثان أو للغاز الطبيعي في بيتك أو مجتمعك.

الشكل 3-8 الميثان – أبسط هيدروكربون، ويوجد في الغاز الطبيعي.
حدد بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصرَ الأخرى التي تتّحد بسهولة مع الكربون.



الشكل 2-8 يقع الكربون في المجموعة 14 من الجدول الدوري، ويستطيع أن يكوّن أربع روابط تساهمية لتشكيل الآلاف من المركبات المختلفة.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى مجموعة من الطلاب المتفوقين البحث عن مبدأ الحياتية (الحيوية) وعرض نتائج بحثهم شفويًا على الصف. ويتعين على الطلاب أن يفسروا خلال هذا العرض النظرية، وكيف تم دحضها، وكيف أدى عدم مصداقيتها إلى تغيير التفكير العلمي. وشجعهم أيضًا على إعداد مواد توضيحية مرئية لاستخدامها خلال العرض.

ف م **تعلم تعاوني**

2. التدريس

تطبيقات الكيمياء

مناجم الفحم ينبعث غاز الميثان المتكون مع الفحم، من مناجم الفحم المنشأة تحت سطح الأرض. وإذا تراكم هذا الغاز فإن شرارة بسيطة قد تسبب انفجارًا. ولأن الميثان لا لون له ولا رائحة ولا طعم فليس من السهل اكتشافه.

وكان عمال المناجم قديمًا يصطحبون عصفور الكناري أو أي حيوان صغير آخر لاختبار الهواء. إنَّ هذه الحيوانات الصغيرة أو العصافير أكثر حساسية لمستويات الأكسجين المنخفضة إذ تزداد سرعة عمليات الأيض لديها. وعندما يفقد عصفور الكناري وعيه أو يموت فإن ذلك يعد إشارة لعمال المناجم بإخلاء المنجم إلى أن يتبدد الميثان.

واليوم تتوافر أدوات حديثة للكشف عن الميثان؛ ومع ذلك، يتطلب استخدامها عناية فائقة؛ لأنها ليست فعالة 100%.

ماذا قرأت؟ يُكوِّن الكربون الكثير من المركبات لأنه قادر على تكوين 4 روابط مشتركة مع الذرات الأخرى، بما في ذلك ذرات كربون أخرى.

ماذا قرأت؟ إجابات محتملة: استخدامه في تدفئة المنازل، وفي طبخ الطعام.

■ **إجابة سؤال الشكل 3–8** النيتروجين، والأكسجين والكبريت، والفوسفور، والهالوجينات.

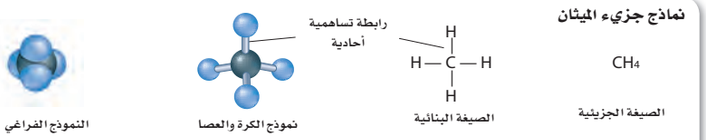
عرض سريع

الفروق في الحجم استخدم ولّاعة تحتوي على البيوتان لتوضيح الفرق الشاسع بين حجم هيدروكربون في حالته السائلة وحجمه في حالته الغازية. واملأ مخبارًا مدرجًا كبيرًا بالماء، ثمّ اقلبه في حوض ماء. أَمِلِ المخبار قليلاً وضع ولّاعة البيوتان في الماء تحت المخبار، على أن يدخل البيوتان المُنبعث من الولّاعة في المخبار، ويحل محل الماء. ثم فرّغ محتويات الولّاعة في المخبار، واطلب إلى الطلاب تسجيل حجم الغاز الناتج. وافتح الولّاعة الفارغة، وقس حجم الماء الضروري لتعبئتها بصورة كاملة. واطلب إليهم المقارنة بين حجم كل من السائل والغاز.

تحذير: تأكد من عدم وجود أي لهب مشتعل في المختبر. ونفذ هذا العرض العملي في غرفة جيدة التهوية أو داخل خزانة الأبخرة. ض م

ماذا قرأت؟ قام الكيميائيون في بدايات القرن التاسع عشر باختبار الدهون الحيوانية والزيوت النباتية لمعرفة هل تتفاعلان مع البروم. وقد سميت الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم بالهيدروكربونات غير المشبعة، في حين سميت تلك التي لم تتفاعل معه بالهيدروكربونات المشبعة.

نماذج جزيء الميثان



الشكل 4-8 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH_4).

النماذج والهيدروكربونات يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. ويبين **الشكل 4–8** أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثّل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشارُك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في **الشكل 4–8**، في حين تُظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويَظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معًا بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

الروابط المُضاعفة بين ذرات الكربون ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضًا بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في **الشكل 5–8**.

وقبل أن يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من فهم الروابط والبناء الكيميائي للمواد العضوية، قاموا بإجراء اختبارات على الهيدروكربونات الناتجة عن تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، وصنّفوا هذه الهيدروكربونات بناءً على اختبار كيميائي يُخلط فيه الهيدروكربون بالبروم، ثمّ يُقاس مقدار البروم الذي تفاعل مع الهيدروكربون. فقد تتفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا يتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم اسم الهيدروكربونات غير المشبعة متأثّرين بمفهوم أن المحلول المائي غير المشبع قادر على إذابة المزيد من المذاب. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فسُمّيت بالهيدروكربونات المشبعة.

يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عامًا مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط **بالهيدروكربون المشبع**. أما الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل فيُعرف **بالهيدروكربون غير المشبع**.

ماذا قرأت؟ **فسّر** ما أصل مصطلحي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة؟

الشكل 5-8 تستطيع ذرة الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتُوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية التالية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

طرائق تدريس متنوعة

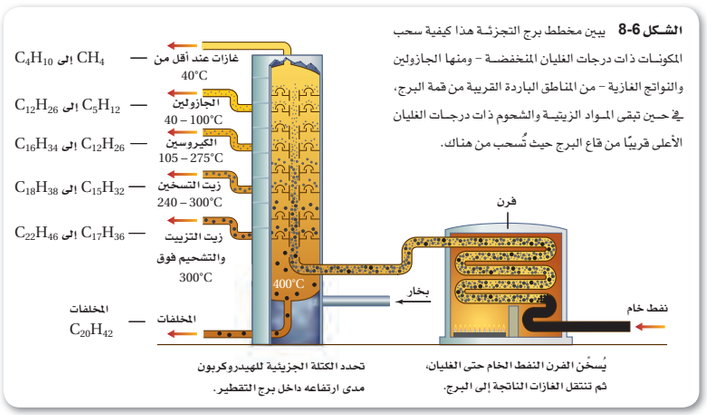
دون المستوى سيستوعب بعض الطلاب المُصطلحَين "مشبع" و"غير مشبع" على نحو أفضل عند تطبيقهما على مثال مناظر. لذا شَبِّه عدم الإشباع بمنشفة ورقية جافة لا تزال قادرة على امتصاص الماء بألكين أو ألكاين يستطيع امتصاص المزيد من الهيدروجين عن طريق تكوين روابط C–H إضافية على حساب الروابط الثنائية أو الثلاثية. وبتعبير آخر، يحتوي المركب على عدد ذرات هيدروجين أقل من العدد الذي تستطيع ذرات الكربون استيعابه. ثم شبّه إشباع المنشفة الورقية بالماء بألكان يحتوي مسبقًا على جميع ذرات الهيدروجين التي تستطيع ذرات الكربون في الألكان استيعابها. د م

تنقية الهيدروكربونات Refining Hydrocarbons

ينتجُ اليومَ الكثيرُ من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المُسمّى النفط (البترول). وقد تشكّل النفط من بقايا المخلوقات الحية التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. ومع مرور الزمن كونت بقايا هذه المخلوقات في قاع المحيط طبقات سميكة من ترسبات شبه طينية، تحوّلت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة بِرَك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحبًا للترسبات النفطية، حيث يتشكلان معًا في الوقت نفسه وبالطريقة نفسها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضًا على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات.

التقطير التجزيئي يُعد النفط ـ على العكس من الغاز الطبيعي ـ خليطًا مُعقّدًا يحتوي على أكثر من ألف مركّب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكوّنات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي**، التي تتضمن تبخير النفط عند درجة الغليان، ثم تجمع المشتقات أو المكونات المختلفة في أثناء تكثفها عند درجات حرارة متباينة. ويجري التقطير التجزيئي في أبراج للتجزئة شبيهة بما في **الشكل 6–8**.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من 400°C في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجيًّا في اتجاه أعلى البرج. وعمومًا تنخفض درجات حرارة تكثّف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في **الشكل 6–8**.



الشكل 6-8 يبين مخطط برج التجزئة هذا كيفية سحب المكونات ذات درجات الغليان المنخفضة – ومنها الجازولين والنواتج الغازية – من المناطق الباردة القريبة من قمة البرج، في حين تبقى المواد الزيتية والشحوم ذات درجات الغليان الأعلى قريبًا من قاع البرج حيث تُسحب من هناك.

التعلم البصري

الشكل 6–8 اطلب إلى الطلاب تفحص الشكل الذي يوضح المكوّنات (الأجزاء) الرئيسة التي يتم الحصول عليها من برج التقطير التجزيئي في مصفاة البترول. ووضح أن عملية التقطير البسيط تمثل فقط الخطوة الأولى في تحويل النفط الخام إلى مواد مفيدة، وأن الكثير من المكوّنات تخضع لمعالجة إضافية لفصلها بصورة أفضل، أو حتى تحويلها كيميائيًّا إلى مركبات أخرى.

هذا ويتم إعادة تقطير بعض المخلفات الثقيلة من برج التقطير تحت تأثير التفريغ؛ حيث إن تقليل الضغط فوق سطح السائل يؤدي إلى خفض درجة غليانه. وهذا يعني إمكانية فصل المكوّنات الثقيلة مرة أخرى دون استعمال درجات حرارة عالية قد تؤدي إلى تحللها. ثم تُستخدم هذه المكوّنات الثقيلة للحصول على زيوت التشحيم، أو تُمزج بالوقود المستخدم في الصناعة، أو تُمرَّر داخل وحدة التكسير الحراري لتُحوَّل كيميائيًّا باستخدام الحرارة وعوامل مساعدة إلى ألكينات. ض م

عرض سريع

التقطير استخدم جهاز التقطير الموجود في المختبر لعرض وتوضيح كيف يُفصل الخليط إلى مكوناته. واستخدم الماء المالح بوصفه خليطًا، وافصله إلى ملح وماء مقطر. وعند اقتراب عملية التقطير على الانتهاء، اسأل الطلاب: ما الذي تبقى في الكأس الزجاجية؟ ماء مالح مركز. واسألهم: ما تركيب السائل المقطر؟ ماء مقطر.

التنوع الثقافي

تقطير العطور في الهند القديمة تم تطبيق المعرفة الكيميائية منذ أقدم العصور على تقطير العطور والمراهم في منطقة وادي الإندوس، في كل من الباكستان، والهند، وأفغانستان. وشملت العطور المحضّرة بالتقطير زيت خشب الصندل، ومِسك التمر الهندي، والكافور. وكانت تُرَش هذه العطور الأروماتية على الملوك خلال مراسم التتويج، واستخدم عطر المرهم المشتق من خشب الصندل في طقوس الاستحمام. ويؤدي كل من المعاجين والمرهم الأروماتي دورًا مهمًّا خلال بعض المهرجانات التي تُقام حتى هذه الأيام، مثل مهرجان ديوالي (Diwali)، ومهرجان الهندوس للأضواء.

الخلفية النظرية للمحتوى

تصنيف الأوكتان قد يتفاجأ الطلاب عندما يعرفون أن تصنيف الأوكتان لا يرتبط مباشرة بالأوكتان؛ الألكان ذي السلسلة المستقيمة التي تحتوي على 8 ذرات كربون. لقد وضعت تصنيفات الأوكتان في البداية، بإعطاء قيمة "صفر" للهبتان، الذي يسبب الاشتعال المبكر في اسطوانة الاحتراق (cylinder) في المحرك، وقيمة 100 لـ 2،2،4،2– ثلاثي ميثيل بنتان، الذي كان له أفضل نوعية اشتعال عندما أجريت الاختبارات لأول مرة. إن الاسم الشائع لـ 2،2،4– ثلاثي ميثيل بنتان هو أيزوأوكتان، وسُمي خطأً بالأوكتان على يد الفنيِّين الذين قاموا باختبار الجازولين. إذ يؤدي الجازولين ذو التصنيف 90 الدور نفسه لخليط مكون من 90% أيزوأوكتان و 10% هبتان. واليوم يمكن إضافة مركبات إلى الجازولين للحصول على تصنيفات أوكتان أعلى من 100.

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب إجراء بحث وتحضير وسيلة مرئية، مثل ملصق، أو عرض شرائح حاسوبية تفسر تصنيفات الأوكتان، على أن تحتوي هذه الوسيلة على معلومات حول مادة "رباعي إيثيل الرصاص" الموجودة في الجازولين، وكيف تؤثر في تصنيفات الأوكتان. د م ض م ف م

■ **إجابة سؤال الشكل 7–8** إجابات محتملة: ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، ومركبات الرصاص.

ماذا قرأت؟ التكسير الحراري عملية يحدث خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات ذات سلاسل أصغر. وتحدث هذه العملية بوجود عامل محفز وفي غياب الأكسجين.

الشكل 7-8 تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فآلاف المنتجات التي نستخدمها في منازلنا وفي التنقل والصناعة ناتجة عن عملية تكرير (تنقية) النفط.

استنتج ما نوع المواد المنبعثة من مصافي النفط التي يجب التحكم فيها لحماية البيئة؟

يبين **الشكل 6–8** أسماء المشتقات أو المكونات الأساسية التي تُفصل عن النفط مصحوبة بدرجة غليانها، والمدى الذي يتراوح فيه حجم الهيدروكربون واستخداماته الشائعة. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفًا لديك؛ حيث إنك تستخدمها يوميًا، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في **الشكل 7–8** لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكوّنات. فعلى سبيل المثال، نادرًا ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على مواءمة العرض مع الطلب، وأُطلِق على هذه العملية التي تُحوّل فيها المكونات الثقيلة إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية **التكسير الحراري**. وتحدث عملية التكسير الحراري عند غياب الأكسجين ووجود عامل مساعد. وبالإضافة إلى تكسير الهيدروكربونات الثقيلة إلى جزيئات بالحجم المطلوب في الجازولين فإن هذه العملية تنتج أيضًا المواد الأولية لصناعة الكثير من المنتجات المختلفة، ومنها المنتجات البلاستيكية وأفلام التصوير والألياف الصناعية.

ماذا قرأت؟ صف العملية التي يحدث من خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات مرغوبة أكثر وذات سلاسل أصغر.

تصنيف الجازولين لا تُعد أي من المشتقات الناتجة عن تكرير النفط الخام مادة نقية. فكما هو موضح في **الشكل 6–8**، يُعد الجازولين خليطًا من الهيدروكربونات، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية من 5–12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عمّا استُخدِم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فاليوم يجرى تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير من خلال ضبط تركيبه وإضافة مواد تؤدي إلى تحسين أدائه في محرك المركبات، وتؤدي أيضًا إلى تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات.

لذا فمن الضروري جدًا أن يحدث اشتعال خليط الجازولين والهواء في أسطوانة محرك المركبة في اللحظة المناسبة، وأن يجري احتراقه تمامًا. فإذا حدث الاشتعال قبل الموعد المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرّعة) تمامًا، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوبًا بفرقعة (knocking).

مهن في الكيمياء

فنّي التنقيب عن النفط يستخدم هذا الفني أدوات لقياس وتسجيل معلومات فيزيائية وجيولوجية حول آبار النفط والغاز. فعلى سبيل المثال، قد يقوم باختبار عينة جيولوجية لتحديد محتواها من النفط، وتركيب العناصر والمعادن فيها.

مشروع الكيمياء

أنواع الوقود اطلب إلى الطلاب إجراء بحث يتعلق بالفروق بين أنواع الوقود، على أن يشتمل هذا البحث معلومات تتعلق بأنواع الجازولين المختلفة المستخدمة في السيارات والشاحنات، ووقود الديزل والوقود المستخدم في الطائرات وفي سيارات السباق. وحُثَّهم على إدراج أنواع الوقود الأخرى التي يجدونها خلال البحث. واطلب إليهم تحضير ملصق يوضح تركيب كلٍّ من أنواع الوقود المختلفة. ض م

دفتر الكيمياء

تكرير النفط اطلب إلى الطلاب تحديد مواقع مصافي النفط في المملكة. واطلب إليهم زيارة أقرب مصفاة لهم أو الاتصال بأي مصفاة للحصول على معلومات تتعلق بماهية المواد التي تنتجها، وكمية براميل النفط الخام التي تكررها شهريًا. وعلى الطلاب تلخيص نتائجهم في دفتر الكيمياء. ض م

أُنشئ نظام تصنيف الأوكتان، أو منع الفرقعة، للبنزين في أواخر العشرينيات، مما أدى إلى إدراج تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين كما في **الشكل 8–8**. فللبنزين المتوسط الدرجة تصنيف أوكتان يقارب 89، في حين للبنزين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتُحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضًا. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين 91، 95.

الربط مع علم الأرض وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استُخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصّة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake –في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط– بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيرًا.

الشكل 8-8 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) في الوقود. فالتصنيف الأوكتاني لبنزين السيارات المتوسط الدرجة 89. والتصنيف الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فتصنيفه الأوكتاني 110.

التقويم 8-1

الخلاصة

- تحتوي المركّبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوّناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1. **الفكرة الرئيسة** اذكر ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
2. **سمِّ** مركّبًا عضويًّا، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
3. **حدّد** المعلومات التي تركّز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
4. **قارن** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استنتج** توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهَدْرَجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
7. **فسّر البيانات** اعتمادًا على الشكل 6–8. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات – في لزوجة أي مكوّن نفطي عندما يُبرَّد إلى درجة حرارة الغرفة؟

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة بالمكوّنات التي تُفصل من النفط داخل عمود التجزئة، وترتيبها تصاعديًّا حسب الزيادة في درجة الغليان. المكوّنات هي: غازات النفط (1 إلى 4 ذرات كربون)؛ الجازولين (5 إلى 12 ذرة كربون)؛ الكيروسين (12 إلى 16 ذرة كربون)؛ زيت التدفئة (15 إلى 18 ذرة كربون)؛ زيت التشحيم (17 ذرة كربون أو أكثر)؛ والمخلّفات الثقيلة (20 ذرة كربون أو أكثر). ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب المقارنة بين الهيدروكربونات المشبعة والهيدروكربونات غير المشبعة. ض م

إعادة التدريس

اسأل الطلاب لماذا يستخدم الكيميائيون أربع طرائق مختلفة لنمذجة الهيدروكربونات. تعطي النماذج المختلفة الأربعة أنواعًا مختلفة من المعلومات عن الجزيء. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب رسم ثلاثة نماذج مختلفة للميثان، واذكر ميزة واحدة لكل نموذج. ض م

التقويم 8-1

1. تطبيقات محتملة: وقود لتدفئة المنازل، ومواد أولية لتصنيع المنتجات البلاستيكية، والأفلام، والأنسجة الصناعية.
2. إجابة محتملة: ميثان؛ يدرس عالم الكيمياء العضوية المركبات المحتوية على الكربون جميعها ما عدا أكاسيد الكربون، والكربيدات، والكربونات.
3. توضح الصيغة الجزيئية نوع الذرات في الجزيء، أما الصيغة البنائية فتوضح الترتيب العام للذرات. كما يوضح نموذج الكرة والعصا شكل الجزيء. وأخيرًا يوضح النموذج الفراغي صورة واقعية عن الهيئة التي يبدو عليها الجزيء.
4. الهيدروكربونات المشبعة هي هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية بين ذرات الكربون. والهيدروكربونات غير المشبعة هي هيدروكربونات تحتوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون.
5. التقطير التجزيئي: عملية فصل النفط إلى مكوناته بالاعتماد على اختلاف درجات الغليان بوصفها طريقة للفصل.
6. فرضية محتملة: تتفاعل الزيوت مع الهيدروجين عندما تنكسر الروابط الثنائية أو الثلاثية، وترتبط ذرات الهيدروجين بالجزيء.
7. كلما زاد عدد ذرات الكربون في سلسلة الجزيء، ازدادت لزوجة المكوّن.

8-2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (28) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الروابط الأحادية اطلب إلى الطلاب تعريف الرابطة الأحادية. تَشارُك زوج من الإلكترونات بين ذرتين. واسأل: كيف تُمثَّل الروابط الأحادية في النماذج البنائية؟ من خلال خط قصير أو شرطة (–) تربط بين ذرتين، أو زوج من النقط (:) بين ذرتين. وأخبرهم أن الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط في بنائه يسمى الألكان. ض م

2. التدريس

عرض سريع

أمثلة على الألكانات ابحث عن نوع الغاز المستخدم في المختبر. تستخدم معظم المختبرات الغاز الطبيعي أو البروبان. اشعل موقد بنزن أمام الطلاب بالولّاعة، ثم أخبرهم أن كلًّا من الولّاعة وموقد بنزن يستخدم فيه ألكان بوصفه وقودًا. فيستخدم في الولّاعة البيوتان، في حين يستخدم في موقد بنزن الغاز الطبيعي أو البروبان. واطلب إلى الطلاب المقارنة بين اللهبين. يجب أن يبدو كل منهما مثل الآخر. وتعود اختلافات اللون إلى نسبة الأكسجين في مخلوط الأكسجين والغاز. ض م

دفتر الكيمياء

أسماء الألكانات الفت نظر الطلاب إلى أنه على الرغم من أن أسماء الألكانات التي تتكون من خمس ذرات كربون أو أكثر وتحتوي على بادئات مشتقة من اليونانية أو الإغريقية، إلا أن عدد ذرات الكربون في الألكانات الأصغر سميت وفق مصادر مختلفة. لذا اطلب إلى الطلاب البحث عن أصل البادئات المستخدمة في الألكانات التي تحتوي على ذرة إلى أربع ذرات كربون في صورة سلسلة مستقيمة. وعليهم تسجيل المعلومات التي توصلوا إليها في دفتر الكيمياء. ض م

8–2

الأهداف

- **تُسمي** الألكانات من خلال تفحّص صيغها البنائية.
- **تكتب** الصيغة البنائية للألكان إذا أُعطيت اسمه.
- **تصف** خصائص الألكانات.

مراجعة المفردات

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك (IUPAC): منظمة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير لبعض المجالات مثل التسمية الكيميائية، والمصطلحات، والطرائق المعيارية.

المفردات الجديدة

الألكان
السلسلة المتماثلة
السلسلة الرئيسة
المجموعة البديلة
الهيدروكربون الحلقي
الألكان الحلقي

الألكانات Alkanes

الفكرة الرئيسة **الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.**

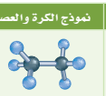
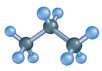
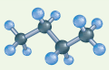
الربط مع الحياة هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت ألكانًا. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخدامًا، وكلاهما ألكان.

الألكانات ذات السلاسل المستقيمة Straight–Chain Alkanes

يُعدّ الميثان أصغر مركب في سلسلة الهيدروكربونات المعروفة بالألكانات. ويتخذ وقودًا في المنازل ومختبرات العلوم، وهو ينتج عن الكثير من العمليات الحيوية. وتحتوي الألكانات، وهي هيدروكربونات، على روابط أحادية فقط بين الذرات. انظر إلى النماذج البنائية للميثان التي درستها سابقًا. كما يبين **الجدول 1–8** النماذج البنائية للإيثان C_2H_6 المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معًا برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تتشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون.

ويتكون المركّب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثماني ذرّات هيدروجين، مما يعطيه الصيغة الجزيئية C_3H_8. أما مركب البيوتان فيتكون من أربع ذرات كربون وصيغته C_4H_{10}. قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان، والبروبان، والبيوتان، المبينة في **الجدول 1–8**.

الجدول 1-8 الألكانات البسيطة

الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	نموذج الكرة والعصا	النموذج الفراغي
الإيثان (C_2H_6)			
البروبان (C_3H_8)			
البيوتان (C_4H_{10})			

استخدام المفردات العلمية

فهم المصطلحات اطلب إلى الطلاب كتابة عبارات تفسر معنى كلٍّ من المصطلحين "سلسلة متماثلة" و" مجموعة بديلة". د م

التقويم

المعرفة اطلب إلى كل طالب كتابة سؤال عن محتوى الدرس، واطلب إليهم تبادل الأسئلة فيما بينهم واختبار بعضهم بعضًا.

ف م تعليم تعاوني

مختبر الكيمياء يمكنك تنفيذ مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل في هذه المرحلة من الدرس.

التقويم

الأداء بعد أن تعلم الطلاب أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة، حدِّد لكل طالب اسمي ألكانين، واطلب إليهم كتابة الصيغة البنائية الكاملة والمكثفة لهما وعمل نماذج تمثل جزيئاتهما. ض م

الجدول 2-8 أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية المكثفة
ميثان	CH_4	CH_4
إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3
بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
بنتان	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
هكسان	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
هبتان	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
أوكتان	C_8H_{18}	$CH_3(CH_2)_6CH_3$
نونان	C_9H_{20}	$CH_3(CH_2)_7CH_3$
ديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$

يُباع البروبان ـ والمعروف أيضًا بغاز (البروبان المُسال) Liquified Propan (LP) ـ في صورة وقود للطبخ والتسخين. ويستخدم البيوتان في القدّاحات الصغيرة، وفي بعض المشاعل، كما يستخدم أيضًا في تصنيع المطاط الصناعي.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المستقيمة لقد لاحظت على الأغلب أن أسماء الألكانات تنتهي بـ المقطع "ان"، وأن الألكانات التي تحوي خمس ذرات كربون أو أكثر تبدأ أسماؤها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تُمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبنتان مثلًا له خمس ذرات كربون، تمامًا كالشكل المخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المَجَسَّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبل معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر **الجدول 2-8** أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

ويبين **الجدول 2-8** أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عمّا هي عليه في **الجدول 1-8**. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ البنائية المكثفة، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي **الجدول 2-8** حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

وتستطيع أيضًا في هذا **الجدول 2-8**، ملاحظة أن $-CH_2-$ هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة $-CH_2-$ واحدة.

المفردات

أصل الكلمة

مُتماثل Homologous

جاءت من الكلمة الإغريقية (homologos) وتعني مُتّفق.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى سيجد بعض الطلاب أن من الأسهل تعلم معنى الصيغة العامة للألكانات (C_2H_{2n+2}) إذا استخدموها في عمل نماذج لأشكال الألكانات. لذا حدّد لكل طالب ألكانًا معينًا، واطلب إليهم استخدام الصيغة العامة لتوقع عدد ذرات الكربون والهيدروجين الذي سوف يحتاجون إليه لعمل نموذج الألكان المعطى لهم، ثم اطلب إليهم عمل النماذج واختبار توقعاتهم. د م

ماذا قرأت؟ $C_{13}H_{28}$.

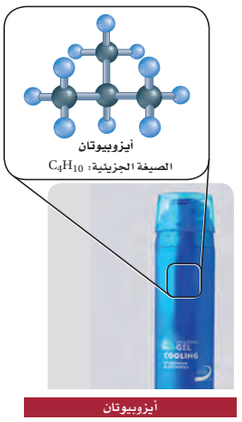
التوسع

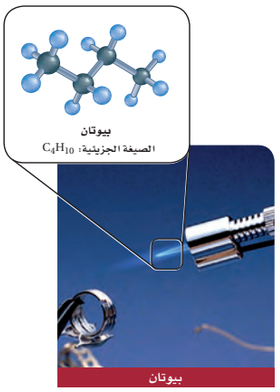
الطاقة اطلب إلى الطلاب البحث عن مصدر الطاقة المستخدم في تدفئة بيوتهم وتسجيل المعلومات التي يحصلون عليها في دفتر الكيمياء. فإذا كان ذلك عن طريق حرق وقود ما، فعليهم تحديد هذا الوقود وتسجيل تركيبه. وإذا استخدموا الكهرباء فاطلب إليهم المزيد من البحث لمعرفة نوع الوقود (إن وجد) الذي تم حرقه لإنتاج هذه الكهرباء، ثم اطلب إليهم رسم الصيغ البنائية للمكوّنات الرئيسة في الوقود المستخدم. ض م

التعلم البصري

الشكل 9-8 والجدول 3-8 استعمل الصيغ البنائية للهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة والمتفرعة لتقديم مفهوم المتشكلات البنائية للطلاب. ولتحقيق ذلك شجِّع الطلاب على كتابة صيغ بنائية أو عمل نماذج للجزيئات المحتملة ذات الصيغة C_5H_{12} جميعها. وذكّرهم بأن كل ذرة كربون يجب أن يكون لها أربع روابط تساهمية أحادية تربطها بالذرات الأخرى. ويتعين عليهم كتابة ثلاثة صيغ بنائية محتملة وهي تلك الموجودة في الشكل 17–8. ض م

الشكل 9-8 تستخدم البيوتان وقودًا في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم في منتجات مثل جل الحلاقة.





وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة $-CH_2-$ بين قوسين يتبعها رقم سفلي يمثل عدد هذه الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان، والنونان، والديكان.

وتُسمى سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة **السلسلة المتماثلة**. ولهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو التالي C_nH_{2n+2}؛ حيث n عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$ أو C_7H_{16}.

ماذا قرأت؟ **اكتب** الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في صيغته الجزيئية.

الألكانات ذات السلاسل المتفرّعة

تُسمّى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معًا بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في **الشكل 9–8**، فإذا عددت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كلتيهما لها الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_{10}، فهل هما المادة نفسها؟

فإذا اعتقدت أن البنائيتين تمثّلان مادتين مختلفتين فأنت على صواب. إذ تمثل الصيغة البنائية في الجانب السفلي البيوتان، في حين يمثل البناء في الجانب العلوي ألكانًا متفرّعًا يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تمامًا. وتستطيع أن ترتبط ذرة الكربون مع ذرة أو ذرتين أو ثلاث أو حتى أربع ذرات كربون أخرى، مما ينجم عن هذه الخاصية وجود مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

لقد عرفت سابقًا أن البيوتان يُستخدم في القدّاحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئيًّا فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في **الشكل 9–8**. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلًّا من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

ماذا قرأت؟ **صف** الفرق بين الصيغة البنائية لكل من البيوتان والأيزوبيوتان.

عرض توضيحي

احتراق الميثان

الهدف

ملاحظة احتراق الميثان.

المواد والأدوات

كأس مدرجة سعة 400 ml؛ وأخرى سعة 150 ml؛ سائل تنظيف 25 ml؛ جليسرين 5 ml؛ سكروز 5 g؛ أنبوب مطاطي طوله 1m؛ قمع صغير؛ مسطرة مترية؛ شمعة؛ أعواد ثقاب؛ جريدة؛ لاصق شفاف.

احتياطات السلامة

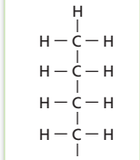
التخلص من النفايات يمكن سكب المحلول في المغسلة.

خطوات العمل

حضر محلولاً صابونيًّا بإضافة 25 ml من سائل التنظيف، و160 ml من الماء، و 5 ml من الجليسرين إلى كأس مدرجة سعتها 400 ml. وأذب 5 g سكروز في 160 ml من الماء في كأس زجاجية أخرى. ثم اخلط المحلولين معًا برفق في كأس سعتها 400 ml.

صِل أحد طرفي الأنبوب المطاطي بفتحة الغاز والطرف الآخر بساق قمع صغير. واغمر القمع في الخليط الصابوني، ثم ارفعه. ثم افتح الغاز برفق مدة ثانية لعمل فقاعات. وعتِّم الغرفة.

كلما ارتفعت الفقاعة (غازًا طبيعيًّا) أو سقطت نحو الأرض (غاز بروبان)، أشعل الفقاعة بلهب شمعة محترقة مثبتة بطرف مسطرة مترية. ويستحسن الاستعانة بشخص آخر لكي يُمسك بالمسطرة المترية المثبتة عليها الشمعة المحترقة في أثناء عمل الفقاعات.

الجدول 3-8	الألكانات البسيطة				
الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	الأيزوبروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المكثفة	CH_3-	CH_3CH_2-	$CH_3CH_2CH_2-$	CH_3CHCH_3	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$
الصيغة البنائية					

مجموعات الألكيل لقد رأيت أن الألكانات المتفرعة والمستقيمة لها الصيغة الجزيئية نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأً أساسيًّا في الكيمياء العضوية "يُحدد تنظيم الذرات وترتيبها في الجزيء العضوي هويته". لذا يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

يطلق على أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) عند تسمية الألكانات المتفرعة **السلسلة الرئيسة**. وتُسمى كل التفرعات الجانبية **المجموعات البديلة**؛ لأنها تظهر كأنها بديلة لذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة (غير المتفرعة). ويُنسب اسم المجموعة البديلة المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسة، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين **الجدول 3-8** بعض مجموعات الألكيل.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة استخدم الكيميائيون القواعد النظامية التالية المتفق عليها من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك، (IUPAC) في تسمية مركبات الكيمياء العضوية.

الخطوة 1. حدد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة، مستخدمًا اسم الألكان الذي يحتوي على هذا العدد من ذرات الكربون على أنه اسم للسلسلة الرئيسة في الصيغة البنائية.

الخطوة 2. رقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة، مبتدئًا الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقعَ جميع المجموعات البديلة أصغرَ أرقام ممكنة.

المفردات

أصل الكلمة

المفردات الأكاديمية

البديل (Substitute)

هو الشخص أو الشيء الذي يحل محلَّ غيره.

مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

التعزيز

تسمية الألكانات اسأل الطلاب عما إذا كان هناك ألكان يحمل الاسم 2- إيثيل بيوتان. واطلب إلى الطلاب قبل الإجابة عن التساؤل كتابة الصيغة البنائية للجزيء الذي له هذا الاسم وتحديد أطول سلسلة كربونية.

لا. باتباع قواعد أيوباك (IUPAC) يظهر أن هذا الاسم هو لبناء يحتوي على سلسلة كربونية مكونة من ذرتين متصلتين بذرة الكربون الثانية في سلسلة كربونية مكونة من 4 ذرات، ولكن في هذه الحالة أنّ أطول سلسلة كربونية متصلة تحتوي على خمس ذرات كربون. ثم اطلب أيضًا إلى الطلاب كتابة الاسم الصحيح للمركب. 3 – ميثيل بنتان. ض م

ماذا قرأت؟ البيوتان هو هيدروكربون ذو سلسلة مستقيمة، أما الأيزوبيوتان فهو هيدروكربون ذو سلسلة متفرعة.

تحذير: لا تقم بهذا العرض قُرب مواد قابلة للاشتعال، وضع ورق جرائد على الأرض لالتقاط الشمع المُنصهر الذي يَقطُر من الشمعة.

النتائج

يحدث توهج عند انفجار كل فقاعة. يحترق الغاز المحصور ويُنْتِجُ لهبًا أصفر مضيئًا.

التحليل

اطرح الأسئلة التالية:

1. ما المادتان المتفاعلتان اللتان نجم عنهما الاحتراق الذي شاهدتموه؟ الأكسجين والميثان أو البروبان.
2. ماذا أنتج تفاعل الاحتراق؟ ثاني أكسيد الكربون، وربما أول أكسيد الكربون، ضوء، حرارة، بخار ماء، سناج (سواد الدخان، شحبار).
3. هل تفاعل الاحتراق طارد للحرارة أم ماص لها؟ طارد للحرارة.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الموزونة لتفاعل الاحتراق.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

أو

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قـد يعتقد الطلاب أن ذرات الكربـون المتصلة في صورة خط أفقي في الصيغة البنائية هي دائمًا السلسـلة الرئيسة المستخدمة في تسمية المادة.

معالجة المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اكتب الصيغة البنائية للألكان التالي على السـبورة: 6- ذرات كربـون متصلة في صورة خط أفقي مع مجموعة بروبيل (ذات ثلاثة ذرات كربون) متفرعة عموديًّا من ذرة الكربون الثانية، ثم اطلب إلى الطلاب كتابة اسم هذا الألكان.

عرض المفهوم

اسـأل الطلاب قبل الكشـف عن الاسـم الصحيح (أيوباك) للمركـب: كـم طالبًا سـمّى المركب بـ 2- بروبيل هكسـان؟ وكـم طالبًـا أطلق على المركب اسـمًا آخر. ثـم اطلب إلى أحد الطـلاب ممـن أخطؤوا في التسـمية أن يفسر كيـف توصل إلى ذلك الاسـم؟ واطلـب إلى أحد الطلاب الذين كتبوا الاسـم الصحيح للمركب 4- ميثيل أوكتان، ترقيم السلسلة بصورة صحيحة على السبورة.

تقويم المعرفة الجديدة

اكتـب سلاسـل كربونية تمثـل ألكانـات متفرعـة أخرى على السـبورة، واطلـب إلى الطـلاب إيجـاد الترقيـم الصحيح لها وكتابة أسـماء هـذه الألكانات. ثم اطلب إليهـم كتابة الصيغ الهيكلية والبنائية الكاملة لمركبات يُعطون أسماءها. ض م

الخطوة 3. سمِّ كل مجموعة ألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسة.

الخطوة 4. إذا تكـررت مجموعة الألكيل نفسـها أكثر من مـرة بوصفها تفرعًا عن السلسـلة الرئيسـة فاستخدم بادئة (ثنائي ، ثلاثي، رباعي ، وهكذا...) قبل اسم المجموعـة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واسـتخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.

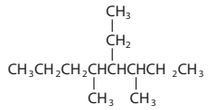
الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسة نفسها ضع أسـماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تُؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.

الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، مُستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغًا بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسة.

مثال 1-8

تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمِّ الألكان المبيَّن في الشكل أدناه.



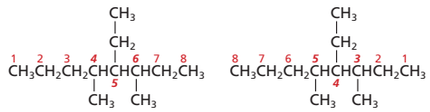
1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. اتبع قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتحديد اسم السلسلة الرئيسة وأسماء التفرعات ومواقعها في الشكل المعطى.

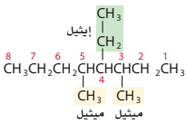
2 حساب المطلوب

الخطوة 1. **حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة**. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

الخطوة 2. **رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة**. ورقّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو مُوضَّح أدناه مبتدئًا من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و5. ولأن أرقام المواقع 3 و4 و5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



الخطوة 3. عيّن مجموعات الألكيل المتفرعة عن السلسلة الرئيسة وسمّها. هناك مجموعتان ميثيل– موجودتان على الموقعين 3 و 5، ومجموعة إيثيل على الموقع 4.



الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها فرعًا على السلسلة الرئيسة فاستخدم البادئات (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، وابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وأحص عددها. ثم حدّد البادئة التي تُظْهِر عدد المرات التي تظهر فيها كل مجموعة واستخدمها. وسوف تضاف في هذا المثال البادئة "ثنائي" إلى الاسم ميثيل؛ لأن هناكَ مجموعتي ميثيل. ولا يتطلب ذلك إضافة أي بادئة إلى مجموعة الإيثيل الوحيدة. بيّن الآن موقع كل مجموعة باستخدام الرقم المناسب.

الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الرئيسة ضع أسماءها حسب الترتيب الهجائي، وضع أسماء تفرعات الألكيل حسب الترتيب الهجائي مع تجاهل البادئات؛ حيث يضع الترتيب الهجائي الاسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل (إ قبل م).

الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، واكتب اسم الشكل (المركب) مستخدمًا الشرطات والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو التالي:

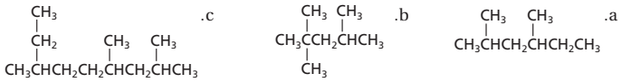
4– إيثيل– 5،3 – ثنائي ميثيل أوكتان.

3 تقويم الإجابة

تم إيجاد وترقيم أطول سلسلة كربونية متصلة بصورة صحيحة، وتَمَّ تعيين جميع التفرعات بالبادئات، وأسماء مجموعات ألكيل الصحيحة. الترتيب الهجائي وعلامات الترقيم صحيحان.

مسائل تدريبية

8. استخدم قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتسمية الصيغة البنائية للمركبات الآتية:



9. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية:

a. 3،2 – ثنائي ميثيل–5– بروبيل ديكان

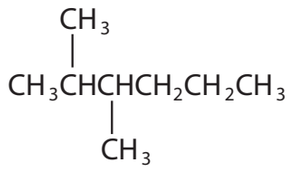
b. 5، 4، 3 – ثلاثي إيثيل أوكتان

مشروع الكيمياء

استعمال الألكانات الحلقية في الصناعة اطلب إلى الطلاب البحث عن الاستعمالات الصناعية للألكانات الحلقية، وتحضير ملصق يُظهر منتجات تحتوي على هذه الألكانات، أو منتجات استُعْمِل فيها الألكانات الحلقية خلال عملية تصنيعها. واعرض الملصقات داخل الصف بوصفها أداة تعليمية لجميع الطلاب. د م ض م ف م

مثال في الصف

السؤال سمِّ الألكان أدناه.



الاجابة

2، 3– ثنائي ميثيل هكسان

مسائل تدريبية

8. a. 2، 4 – ثنائي ميثيل هكسان

b. 2، 2، 4 – ثلاثي ميثيل بنتان

c. 2، 4، 7 – ثلاثي ميثيل نونان

9. ارجع إلى الدرس واكتب الصيغ البنائية.

a. سلسلة رئيسة من 10 ذرات كربون، ومجموعتا ميثيل على ذرتي الكربون 2 و3، ومجموعة بروبيل على ذرة الكربون رقم 5.

b. سلسلة رئيسة من 8 ذرات كربون، مع مجموعات إيثيل على ذرات الكربون 3 و 4 و5.

التقويم

المعرفة الهكتان هو اسم أيوباك للألكان ذي السلسلة المستقيمة المحتوية على 100 ذرة كربون. زوّد الطلاب بهذه المعلومة، ثم اسأل: ما الصيغة الجزيئية للهكتان؟ $C_{100}H_{202}$

التعزيز

تسمية الألكانات الحلقية أشر إلى وجود ست طرائق مختلفة لترقيم الحلقة السداسية. قد تكون أرقام مواقع المجموعات البديلة ابتداءً من أعلى هي: 1، 2، 4 أو الأرقام 1، 4، 6. وقد تكون الأرقام ابتداء من اليمين هي: 1، 2، 5 أو 1، 3، 6. أمّا ابتداءً من أسفل، فتكون الأرقام هي: 1، 3، 4 أو 1، 4، 5. ض م

التقويم

الأداء اطلب إلى كل طالب كتابة صيغة بنائية لألكان حلقي متفرع في أعلى ورقة، وكتابة اسم الألكان في أسفل الورقة نفسها. ثم اطلب إليهم ثَنْي الورقة من النصف، على ألا يظهر اسم الألكان الحلقي، ودعهم يتبادلوا الأوراق فيما بينهم. ثم اطلب إلى كل طالب أن يحاول تسمية الألكان، وبعد ذلك، اطلب إليهم الوقوف على مدى تطابق الأسماء، ثم دعهم يعملوا معًا لتسمية الألكان بصورة صحيحة، وشجعهم على طلب المساعدة عند الحاجة. ض م

الإثراء

الألكانات الحلقية اطلب إلى الطلاب البحث في حجوم الألكانات الحلقية الأكثر شيوعًا بين المركبات العضوية، وتحديد سبب أهمية حجم الألكان الحلقي.

يُعدّ حجم الحلقة في كل من البنتان الحلقي والهكسان الحلقي الأكثر شيوعًا؛ لأن ذرات الكربون في هذه الصيغ البنائية تكوّن روابط لها أقل انضغاط مقارنة بالصيغ البنائية في الحلقات الصغرى أو الكبرى. إن ذرات الكربون أحادية الربط تُكَوِّن أقوى روابط ممكنة عندما تكون الزوايا بين الروابط 109.5°، كما هو الحال في الميثان. ف م

ماذا قرأت؟ يحتوي الألكان على حلقة هيدروكربونية.

الألكانات الحلقية Cycloalkanes

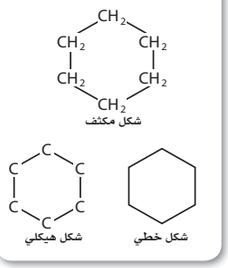
تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **الهيدروكربون الحلقي**. وتُستخدم البادئة حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط تُسمى **الألكانات الحلقية**. وتتكون الحلقات في الألكانات الحلقية من ثلاث، أو أربع، أو خمس، أو ست ذرات كربون أو أكثر. إن اسم الألكان الحلقي ذي الذرات الست من الكربون هو هكسان حلقي. ويستخدم الهكسان الحلقي المستخرج من البترول في مُزيلات الدهان، واستخلاص الزيوت الطيَّارة لتحضير العطور. ولاحظ أن الهكسان الحلقي C_6H_{12} يقل عن الهكسان C_6H_{14} غير المتفرع بذرتي هيدروجين؛ وذلك لأن إلكترون تكافؤ واحدًا من كل من ذرتي الكربون في الألكان الحلقي يكوّن رابطة كربون– كربون عوضًا عن رابطة كربون– هيدروجين.

ماذا قرأت؟ قوّم إذا وجدت (حلقي) في اسم الألكان، فما الذي ستعرفه عن هذا الألكان؟

تُمثَّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في **الشكل 10–8** الهكسان الحلقي بأشكال مكثفة وهيكلية وخطية عديدة؛ وتُظهر الأشكال الخطية الروابط بين ذرات الكربون فقط، وتُفسر الزوايا في الشكل على أنها مواقع ذرات الكربون. أما بالنسبة لذرات الهيدروجين فيفترض أنها تحتل بقية مواقع الربط إلاّ إذا وُجدت التفرعات (المجموعات البديلة). ولا تظهر ذرات الهيدروجين في الشكل الهيكلي.

تسمية الألكانات الحلقية المحتوية على مجموعات بديلة يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPCA) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائمًا السلسلة الرئيسة. ولأن الشكل الحلقي ليس له أطراف لذا يبدأ الترقيم من ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. وعند وجود أكثر من مجموعة بديلة تُرقم ذرات الكربون حول الحلقة، على أن تحصل المجموعات البديلة على أصغر مجموعة أرقام ممكنة. وإذا كان هناك مجموعة بديلة واحدة متصلة بالحلقة فلا ضرورة عندئذٍ للترقيم. ويُوضح المثال الآتي عملية تسمية الألكانات الحلقية.

الشكل 10-8 يمكن تمثيل التركيب البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة.



طرائق تدريس متنوعة

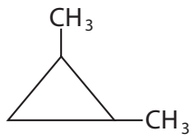
فوق المستوى اطلب إلى الطلاب بناء نموذج لألكان كثير التفرع يحمل الصيغة $C_{18}H_{38}$، ثم تسمية هذا النموذج باستخدام قواعد أيوباك (IUPAC). ف م

دفتر الكيمياء

الزيت والماء اطلب إلى الطلاب كتابة فقرة عمّا يتوقعون حدوثه عند خلط كمية قليلة من زيت المحركات، أو أي خليط آخر من الألكانات بالماء. ويتعين على الطلاب بعد ذلك أن يصفوا ما حدث عندما جربوا ذلك. وعليهم أيضًا أن يكتبوا هاتين الفقرتين في دفتر الكيمياء. ض م

مثال في الصف

السؤال استخدم قواعد أيوباك لتسمية المركب الآتي:



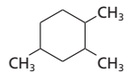
الاجابة

1، 2 – ثنائي ميثيل بروبان حلقي

مثال 2-8

تسمية الألكانات الحلقية

سمّ الألكان الحلقي المجاور.



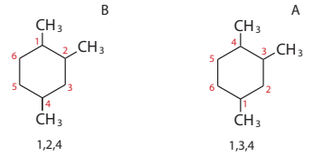
1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. عليك اتباع قواعد نظام الأيوباك لتحديد الشكل الحلقي الرئيس ومواقع المجموعات البديلة (التفرعات) للشكل المعطى.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في الحلقة، واستخدم اسم الهيدروكربون الحلقي الرئيس. حيث تتألف الحلقة في هذه الحالة، من ست ذرات كربون. لذا فإن الاسم الرئيس هو هكسان حلقي.

الخطوة 2. رقّم الحلقة ابتداءً من أحد تفرّعات ($-CH_3$)، وجِد الترقيم الذي يعطي أقل مجموعة أرقامًا ممكنة للتفرعات. وفيما يلي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



يضع الترقيم بدءًا من ذرة الكربون في أسفل الحلقة مجموعاتِ $-CH_3$ على المواقع 1 و3 و4 في الشكل A، في حين يضع الترقيم بدءًا من ذرة الكربون في أعلى الحلقة مجموعاتِ CH_3 على المواقع 1و 2 و 4. وتضع طرائق الترقيم الأخرى مجموعات $-CH_3$ على مواقع ذات أرقام أعلى. لذا فإن 1 و 2 و 4 هي أقل أرقام ممكنة. لذلك تُستخدم في الاسم.

الخطوة 3. سمِّ المجموعات البديلة. علمًا بأن المجموعات الثلاث جميعها مجموعات ميثيل.

الخطوة 4. أضف البادئة لإظهار عدد المجموعات الموجودة، حيث توجد ثلاث مجموعات ميثيل، لذا فإن البادئة (ثلاثي) تُضاف إلى اسم المجموعة ميثيل، فتصبح ثلاثي ميثيل.

الخطوة 5. يمكن تجاهل الترتيب الهجائي بسبب وجود نوع واحد من المجموعات.

الخطوة 6. جَمّع الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي الرئيس، مستخدمًا الفواصل للفصل بين الأرقام، والشرطات للفصل بين الأرقام والكلمات. واكتب الاسم على النحو الآتي:

1، 2، 4 – ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

3 تقويم الإجابة

يُرقّم الشكل الحلقي الرئيس على أن يعطي التفرعات أقل مجموعة أرقام ممكنة. وتشير البادئة (ثلاثي) إلى وجود ثلاث ذرات كربون. ولأن التفرعات كلها هي مجموعات ميثيل، لذا فلا ضرورة للترتيب الهجائي.

دفتر الكيمياء

الكشف عن الحرائق المفتعلة باستخدام الكلاب عادة ما تكون الكلاب البوليسية K–9 المدربة تدريبًا خاصًّا، أكثر دقة من أجهزة الكشف الإلكترونية في العثور على مُسَرِّعات الحريق في موقع الحريق. إن أجهزة الكشف عن الهيدروكربونات حسّاسة تجاه مكوّنات الجازولين في مدى أجزاء من المليون (ppm). وعلى الرغم من ذلك، تستطيع الكلاب أن تحدِّد بدقة آثارًا ضئيلة جدًّا قد تغفل عنها الأجهزة الإلكترونية، وعادة ما تكون ضئيلة جدًّا تصل إلى 0.01 microliter من مخلوط يحتوي على 50% من الجازولين المُتَبخِّر. اطلب إلى الطلاب البحث في قضية حقيقية استُخدِمت فيها الكلاب لإثبات أن الحريق مُفتَعل. ض م

مسائل تدريبية

10.a. ميثيل بنتان حلقي

b. 2 – إيثيل–1،4– ثنائي ميثيل هكسان حلقي

c. 3.1– ثنائي إيثيل بيوتان حلقي

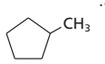
11. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

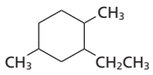
a. السلسلة الرئيسة هي حلقة من 5 ذرات كربون، مع مجموعة إيثيل على ذرة الكربون 1، ومجموعة بروبيل على ذرة الكربون 3.

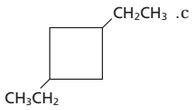
b. السلسلة الرئيسة هي حلقة من 6 ذرات كربون، مع مجموعات ميثيل على ذرات الكربون 1،2، 2، 4.

مسائل تدريبية

10. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:

.a 

.b 

.c 

11. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات التالية:

a. 1– إيثيل– 3– بروبيل بنتان حلقي.

b. 1،2،2،4 – رباعي ميثيل هكسان حلقي.

خصائص الألكانات

عرفت سابقًا أن بناء الجزيء يؤثر في خصائصه. فمثلاً رابطة O–H الموجودة في الماء رابطة قُطبية، ولأن جزيء H–O–H له شكل هندسي منحنٍ فإن الجزيء نفسه قطبي، لذا تنجذب جزيئات الماء بعضها إلى بعض، وتكوّن روابطَ هيدروجينية معًا. لذا فإن درجات الغليان والانصهار للماء أعلى كثيرًا من سائر المواد المشابهة له في الكتلة الجزيئية وفي الحجم.

ترى، ما خصائص الألكانات؟ تتكون جميع الروابط في الهيدروكربونات من ذرة كربون وذرة هيدروجين، أو ذرتي كربون. ويتعذر أن تكون الرابطة بين ذرتين من النوع نفسه – مثل الكربون – رابطة قطبية. لذا تُعد جزيئات الألكانات غير قطبية؛ لأن روابطها جميعًا غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة لمواد أخرى غير قطبية، كما في **الشكل 11–8**.

الخصائص الفيزيائية للألكانات كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى **الجدول 4–8**، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم. وعلى الرغم من ذلك، عندما تُقارن درجات الغليان والانصهار للميثان

الشكل 11-8 الكثير من المذيبات–التي تستخدم مادة مرقّقة في الدهانات، والطلاء، والمواد الشمعية، وأحبار آلات النسخ، والمواد اللاصقة وأحبار الطابعات– تحتوي على الألكانات والألكانات الحلقية.

بما للماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافًا واضحًا و جوهريًّا. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الحرارة إلى أن التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيف مقارنة بالتجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوِّن روابط هيدروجينية بينها، أما جزيئات الماء فقطبية وتُكوِّن روابط هيدروجينية.

يفسّر الفرق في القطبية والروابط الهيدروجينية أيضًا عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات ـ مثل زيوت التشحيم ـ في الماء ينفصل السائلان فورًا إلى طبقتين. ويحدث هذا الانفصال لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. لذا فإن الألكانات تذوب في المذيبات المكوَّنة من جزيئات غير قطبية.

الخصائص الكيميائية للألكانات إن الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي ضعف نشاطها الكيميائي. وكما عرفت سابقًا فإن الكثير من التفاعلات الكيميائية تحدث عندما تنجذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جُزئية، مثل جزيء قطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة معاكسة. الجزيئات التي تكون فيها الذرات مرتبطة بروابط غير قطبية ـ كما في الألكانات ـ تكون غير قطبية. لذا يكون انجذاب هذه الجزيئات نحو الأيونات أو الجزيئات القطبية ضعيفًا جدًّا. ويمكن إرجاع ضعف نشاط الألكانات إلى روابط C – C و C – H القوية نسبيًّا.

الجدول 4-8 مقارنة الخصائص الفيزيائية

المادة والصيغة	الماء H_2O	الميثان CH_4
الكتلة الجزيئية	18 amu	16 amu
حالة المادة عند درجة حرارة الغرفة	سائل	غاز
درجة الغليان	100°C	−162°C
درجة الانصهار	0°C	−182°C

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 8-2

الخلاصة

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمّى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية الألكانات الحلقية.

12. الفكرة الرئيسة صِف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. سمِّ الصيغ البنائية التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

a. $CH_3CHCH_2CH_2CH_3$ (CH3 على الكربون 2)

b. CH_3CCH_3 (CH3 على الكربون 2، و CH3 على الكربون 2)

c. حلقة سداسية: CH3 على الكربون 1، CH3 على الكربون 2، CH_2CH_3 على الكربون 4

14. صف الخصائص العامة للألكانات.

15. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. 3،4– ثنائي ميثيل هبتان

b. 4–أيزوبروبيل– 3– ميثيل ديكان

c. 1– إيثيل–4– ميثيل حلقي هكسان

d. 1،2– ثنائي ميثيل حلقي بروبان

16. تفسير الصيغ البنائية لماذا يعد الاسم 3–بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3– بيوتيل بنتان؟

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب كتابة الصيغ البنائية لكل من الألكانات الحلقية التالية: بروبان حلقي، C_3H_6؛ بيوتان حلقي، C_4H_8؛ بنتان حلقي، C_5H_{10}؛ هكسان حلقي C_6H_{12}. ض م

المطويات

اطلب إلى الطلاب تلخيص معلومات هذا القسم في مطوياتهم.

3. التقويم

التحقُّق من الفهم

اطلب إلى الطلاب تفسير لماذا يعد المركب حلقي بروبان أصغر ألكان حلقي محتمل. لا يمكن بناء الشكل الحلقي من ذرة كربون واحدة أو ذرتين، لذا يجب أن تتوفر ثلاث ذرات كربون أو أكثر. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب كتابة الصيغ البنائية لكل من الألكانات العشرة الأولى على السبورة. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب تعلُّم أسماء الألكانات ذات السلاسل المستقيمة التي تحتوي على 11 – 20 ذرة كربون لكل جزيء. ف م

التقويم 8-2

12. الألكانات هي هيدروكربونات ذات سلاسل أو حلقات تحتوي فقط على روابط C–C و C–H مشتركة أحادية.

13.a. 2–ميثيل بنتان

b. 2، 2 – ثنائي ميثيل بروبان

c. 1 – إيثيل– 2، 4، 5 – ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

14. إن روابط C–C و C–H غير قطبية، مما يجعل الألكانات غير ذائبة في الماء–المذيب القطبي. وهذه الروابط أيضًا قوية وثابتة، مما يجعل الألكانات غير نشطة كيميائيًّا، بصورة نسبية.

15. ارجع إلى الدرس واكتب الصيغ البنائية، أو إلى دليل حلول المسائل ص 79.

16. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة على سبع ذرات كربون، وليس خمس ذرات في هذا المركب. وبالتالي تحتوي السلسلة الرئيسة على سبع ذرات كربون مع مجموعة إيثيل على ذرة الكربون 3. والأسم الصحيح لهذا المركب: 3– إيثيل هبتان.

8-3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (29) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

الألكينات والألكاينات اكتب الصيغ البنائية للإيثان، والإيثين، والإيثاين جنبًا إلى جنب على السبورة. واكتب أسماء هذه المركبات تحت صيغها البنائية، ثم اطلب إلى الطلاب تحديد الفروق بين هذه الصيغ. على الطلاب أن يلاحظوا أن الإيثان يحتوي على روابط أحادية فقط، والإيثين يحوي رابطة ثنائية واحدة. وأما الإيثاين فيحوي رابطة ثلاثية واحدة. وعلى الطلاب أن يلاحظوا أيضًا أن للإيثان أكبر عدد من ذرات الهيدروجين، وأما الإيثاين فيحتوي على أقل عدد من ذرات الهيدروجين. لذا نبِّه الطلاب على أن الإيثين هو ألكين لأنه يحتوي على رابطة ثنائية في بنائه، وأن الإيثاين هو ألكاين؛ لأنه يحتوي على رابطة ثلاثية في بنائه. ض م

2. التدريس

■ **إجابة سؤال النص** C_6H_{12} و C_9H_{18}

الإثراء

المصطلحات القديمة اطلب إلى الطلاب البحث عن أصل المصطلحات التي استُخدِمت لوصف أنواع الهيدروكربونات. لا تزال تُسمّى الألكانات في بعض الأحيان بالبارافينات (Paraffins)، في حين يُشار إلى الألكينات بين حين وآخر بالأوليفينات (olefins). ثم اطلب إليهم تسجيل نتائجهم في دفتر الكيمياء.

8–3

الألكينات و الألكاينات
Alkenes and Alkynes

الأهداف

- **تصف** الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات.
- **تُسمّي** الألكين أو الألكاين اعتمادًا على صيغته البنائية.
- **تكتب** الصيغة البنائية للألكين أو الألكاين إن أُعطيت اسمه.
- **تقارن** خصائص الألكينات والألكاينات بخصائص الألكانات.

مراجعة المفردات

الهرمون: مادة كيميائية تُنتَج في جزء من المخلوق الحي وتُنقل إلى جزء آخر، وتؤدي إلى تغير فسيولوجي فيه.

المفردات الجديدة

الألكين

الألكاين

الفكرة الرئيسة **الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.**

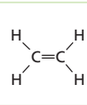
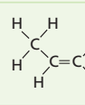
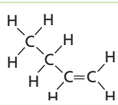
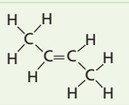
الربط مع الحياة تُنتج النباتات الإيثين في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطَف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعرَّض للإيثين حتى تنضج.

الألكينات Alkenes

تذكّر أن الألكانات هيدروكربونات مشبعة؛ لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية بين ذرات الكربون، وأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون. وتسمّى الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون **بالألكينات**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية – اثنان من كل ذرة كربون – تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين C_2H_4.

تكوّن الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في **الجدول 5–8** فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكلٍّ منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n}. يَقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي هيدروجين؛ لأن إلكترونين اثنين يكوِّنان الرابطة التساهمية الثانية، وهما غير متوافرين للربط بذرات الهيدروجين. ما الصيغ الجزيئية للألكينات ذات ذرات الكربون الست والتسع؟

الجدول 5-8 مقارنة الخصائص الفيزيائية

الاسم	إيثين	بروبين	1– بيوتين	2– بيوتين
الصيغة الجزيئية	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8
الصيغة البنائية				
الصيغة البنائية المكثفة	$CH_2=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CHCH_3$

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى مجموعة من الطلاب تصميم فحوصات كيميائية تُميِّز الألكانات عن الألكينات والألكاينات. واطلب إليهم البحث عن النشاط الكيميائي للهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة والمقارنة بينهما. ف م

مشروع الكيمياء

الألكينات والألكاينات اطلب إلى الطلاب البحث عن بعض الألكينات والألكاينات الموجودة في الطبيعة، واطلب إليهم تحضير ملصق يُبيِّنون فيه أين توجد هذه الألكينات والألكاينات والأشكال البنائية للمركبات. ض م

تسمية الألكينات تُسمى الألكينات بالطريقة المتبعة في تسمية الألكانات نفسها تقريبًا. حيث تكتب أسماؤها بتغيير المقطع الأخير (ان) للألكان المناظر إلى المقطع (ين). ويُسمى الألكان الذي يتكون من ذرتي كربون الإيثان، في حين يسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون الإيثين. وبطريقة مماثلة، فالألكين الذي يحتوي ثلاث ذرات كربون يسمى بروبين. وللإيثين والبروبين اسمان قديمان أكثر شيوعًا، هما الإيثيلين والبروبيلين.

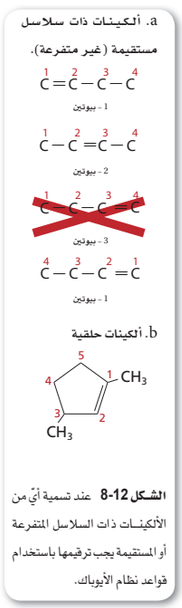
يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في **الشكل 8–12a**. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسة ابتداءً من طرف السلسلة الذي يعطي أصغر رقم لأول ذرة كربون في الرابطة الثنائية. ثم يُستخدم هذا العدد في الاسم.

لاحظ أن البناء الثالث ليس "3–بيوتين" لأنه مطابق للبناء الأول، 1–بيوتين. لذا من الضروري أن تُدرك أنّ 1–بيوتين و 2–بيوتين مادتان مختلفتان، لكلٍّ منهما صفاته الخاصة. وتُسمّى الألكينات الحلقية تقريبًا بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرّتي الكربون المرتبطتين بالرابطة الثنائية. لاحظ ترقيم المركب في **الشكل 8–12b**. إن اسم هذا المركب هو 1،3– ثنائي ميثيل بنتين حلقي.

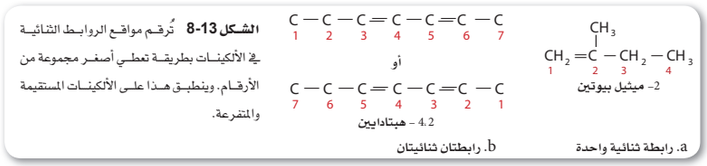
ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة اتبع عند تسميتها قواعد نظام الأيوباك المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة، على أن يؤخذ في الحسبان أمران، أولهما أن تكون السلسلة الرئيسة في الألكينات دائمًا أطول سلسلة تحتوي على الرابطة الثنائية، سواء أكانت أطول سلسلة من ذرات الكربون أم لم تكن. وثانيهما أن يحدد موقع الرابطة الثنائية – وليس التفرعات – كيفية ترقيم السلسلة. لاحظ وجود سلسلتين من 4 – ذرات كربون في الجزيء المُبين في **الشكل 8–13a**، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساسًا للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2– ميثيل بيوتين.

تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام البادئة (داي، تراي، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وتُرقّم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في **الشكل 8–13b**؟ ستستخدم البادئة (هيتا)؛ لأن الجزيء يحتوي على سلسلة كربونية سُباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم البادئة (ثنائي) قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هيتاداين. وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين مواقع الروابط الثنائية يصبح الاسم 2، 4– هيتاداين.



الشكل 8-12 عند تسمية أيّ من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة يجب ترقيمها باستخدام قواعد نظام الأيوباك.



الشكل 8-13 تُرقم مواقع الروابط الثنائية في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة والمتفرعة.

دفتر الكيمياء

الصيغ الجزيئية للهيدروكربونات اطلب إلى الطلاب كتابة الأسئلة الآتية في دفتر الكيمياء والإجابة عنها بعد قراءة القسم 3–8.

1. كيف تختلف الصيغة الجزيئية لألكان عنها لألكين يحتوي العدد نفسه من ذرات الكربون؟ يحتوي الألكان على ذرتي هيدروجين إضافيتين (C_nH_{2n+2}) مقارنة بالألكين (C_nH_{2n}).
2. كيف تختلف الصيغة الجزيئية لألكان عنها لألكاين يحتوي العدد نفسه من ذرات الكربون؟ يحتوي الألكان على أربع ذرات هيدروجين إضافية (C_nH_{2n+2}) مقارنة بالألكاين (C_nH_{2n-2}).

ض م

عرض سريع

الفاكهة والإيثين ضع حبَّتين أو ثلاث حبات من الفاكهة الناضجة في كيس بجانب كأس مدرجة تحتوي على 20 ml من محلول اليود المخفَّف (محلول صبغة اليود أو حتى محلول اليود المركز الأصلي stock solution ذي لون بني مصفر فاتح وشفاف)، ثم غط الكأس التي تحتوي اليود وحبات الفاكهة معًا بكأس كبيرة، وأحكم إغلاق أسفل الكأس مع المنضدة باستخدام شريط لاصق. ضع 20 ml من محلول اليود المخفَّف نفسه في كأس مماثل أيضًا، ولكن من دون وضع حبات الفاكهة بجانبه، وغطه بكأس كبيرة وأحكم إغلاق أسفل الكأس مع المنضدة باستخدام شريط لاصق، على أن يمثل عينة ضابطة. واطلب إلى الطلاب ملاحظة لون محلول اليود يوميًّا لبضعة أيام وتفسير ما حدث. إن الإيثين الناتج عن الفاكهة الناضجة هو هيدروكربون غير مشبع. ويتفاعل مع اليود ليكوّن نواتج هاليدات الألكيل العديمة اللون، وعليه فيخف (يبهت) لون محلول اليود الموضوع بجانب الفاكهة، في حين يبقى لون المحلول الضابط كما هو.

ماذا قرأت؟ إذا لم يُحدد موقع الرابطة الثنائية، فلا يمكن الجزم بصورة قطعية أي مركب هو المَعنيّ بالاسم الكيميائي.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلاب تحديد المعلومة الإضافية المطلوبة لحل المسألة التالية:

يمكن تحويل الألكينات إلى ألكانات باستخدام التفاعل الكيميائي المُسمَّى بالهَدْرَجة، حيث يُضخ غاز الهيدروجين في محلول من الألكين بوجود عامل محفز. فما عدد مولات غاز الهيدروجين التي يتعين إضافتها إلى 1mol من ألكين يحتوي على أكثر من رابطة ثنائية لتحويله كاملاً إلى ألكان؟

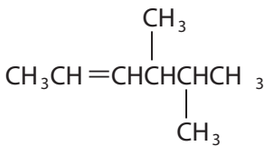
المعلومة الإضافية المطلوبة هي عدد الروابط الثنائية الموجودة في الألكين؛ إذ تحتاج كل رابطة ثنائية إلى 1mol من غاز الهيدروجين لكل مول من الألكين حتى يتم تحويله. ض م

الرياضيات في الكيمياء

الهَدْرَجة ما عدد مولات غاز الهيدروجين التي يتطلب إضافتها إلى 1 mol من ألكين يحتوي على رابطتين ثنائيتين لتحويله كاملاً إلى ألكان؟ 2 mol ض م

مثال في الصف

السؤال سمِّ الألكين المبين في الصورة أدناه.



الإجابة

5،4– ثنائي ميثيل–2–هكسين.

استخدام المفردات العلمية

المفردات اطلب إلى الطلاب كتابة عبارات يوضحوا فيها معنى المصطلحين: ألكين وألكاين. ض م

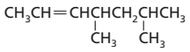
تطوير المفهوم

الصيغ العامة تأكد من استيعاب الطلاب أن الصيغ العامة للألكينات والألكاينات تنطبق فقط على المركبات التي تحتوي على رابطة غير مشبعة واحدة فقط. ولا تنطبق على الألكينات والألكاينات الحلقية. د م ض م

مثال 3-8

تسمية الألكينات المتفرِّعة

سمِّ الألكين المجاور.

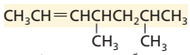


1 تحليل المسألة

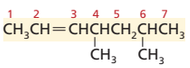
لقد أُعطيت ألكينًا ذا سلسلة متفرِّعة تحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد نظام الأيوباك لتسمية المركب العضوي.

2 حساب المطلوب

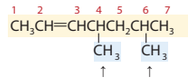
الخطوة 1. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغيّر الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.



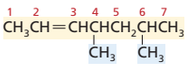
الخطوة 2. رقّم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.



الخطوة 3. سمِّ كل مجموعة بديلة.



الخطوة 4. حدّد عدد كل مجموعة بديلة، وعين البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد، ثمَّ أدخل أرقام المواقع لتحصل على البادئة كاملةً.



الخطوة 5. ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل البادئة الكاملة إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسة، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم:

6،4– ثنائي ميثيل–2–هبتين.

3 تقويم الإجابة

تحتوي أطول سلسلة كربونية على الرابطة الثنائية، وموقع الرابطة الثنائية له أصغر رقم ممكن. واستعملت البادئات الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل لتعيين التفرعات.

طرائق تدريس متنوعة

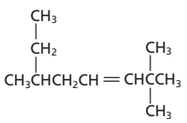
دون المستوى سيتمكن بعض الطلاب من فهم الفروق بين الألكانات والألكينات والألكاينات بصورة أفضل، إذا تمكنوا من مقارنتها باستخدام النماذج. لذا اطلب إلى الطلاب عمل نماذج لكل من الإيثان والإيثين والإيثاين، ثم اطلب إليهم عمل قائمة بنقاط التشابه والاختلاف الظاهرة في النماذج. وعليهم أن يكتشفوا أيضًا أن ذرتي الكربون في الإيثين غير قادرتين على الدوران بسهولة بعضهما حول بعض، في حين تستطيع ذرات الإيثان ذلك. كذلك فإن ذرات الكربون في الإيثاين غير قادرة على الدوران، ولكن هذه الخاصية غير مهمة نسبيًّا في الألكاينات. د م

مسائل تدريبية

17. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية IUPAC الآتية:

a. $CH_3CH=CHCHCH_3$ (CH_3 على CH_3)

b.



18. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للجزيء 1،3- بتاداين.

خصائص الألكينات واستخداماتها الألكينات، مثل الألكانات، مواد غير قطبية، لذا فإن ذائبيتها قليلة في الماء، وتكون درجات انصهارها وغليانها منخفضة. لكن الألكينات أكثر نشاطًا من الألكانات؛ حيث إن الرابطة المشتركة الثانية تزيد من الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهيئةً بذلك موقعًا جيدًا للنشاط الكيميائي. وهذا يجعل المواد المتفاعلة قادرة على جذب الإلكترونات على سحب إلكترونات الرابطة باي بعيدًا عن الرابطة الثنائية.

ينتج العديد من الألكينات بصورة طبيعية في المخلوقات الحية. فالإيثين، على سبيل المثال، هرمون تُنتجه النباتات على نحو طبيعي، وهو المسؤول عن عملية النضج في الفواكه، ويؤدي دورًا في عملية تساقط أوراق الأشجار إيذانًا بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في **الشكل 14–8** وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعيًّا عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب. وهناك ألكينات أخرى مسؤولة عن روائح الليمون الأصفر، والليمون الأخضر، وأشجار الصنوبر.

الشكل 14-8 استخدام الإيثين في إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج.

فسِّر لماذا يعدّ هذا نافعًا ومناسبًا للمزارعين؟

مسائل تدريبية

17.a. 4– ميثيل–2– بنتين

b. 6،2.2– ثلاثي ميثيل–3– أوكتين

18. $CH_3CH=CHCH=CH_2$

■ **إجابة سؤال الشكل 14–8** يمكن قطف المنتج الزراعي، ونقله إلى السوق، وبيعه كله في الوقت نفسه، مما يزيد من الأرباح.

الخلفية النظرية للمحتوى

تحضير الأستيلين تم وصف الإيثاين، أو الأستيلين أول مرة على يد الكيميائي الفرنسي بيرثولوت P.E.M. Berthelot في عام 1862م، وتم تحضيره أول مرة على نطاق واسع في العقد التاسع من القرن التاسع عشر.

أولاً، يُسَخَّن الحجر الجيري $CaCO_3$ لعمل الجير الحي، وهو يتكون في معظمه من أكسيد الكالسيوم CaO.

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

ثم يتم تسخين أكسيد الكالسيوم بعد ذلك في فرن مع كربون على هيئة فحم الكوك؛ فتنتج مادة كربيد الكالسيوم من تسخين الفحم في غياب الأكسجين، وينتج أول أكسيد الكربون بوصفه مادة ثانوية (جانبية).

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO$$

ثم يتفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء لتكوين الأستيلين.

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

أما اليوم، فتنتج كمية أكبر من الأستيلين بعملية الأكسدة الجزئية للميثان:

$$6CH_4 + O_2 \longrightarrow 2C_2H_2 + 2CO + 10H_2$$

ماذا قرأت؟ للرابطة الثلاثية كثافة إلكترونية عالية، ويُحَفِّز تجمع الإلكترونات فيها تكوين أقطاب في الجزيئات المجاورة، بحيث تجعل الجزيئات المجاورة غير متساوية الشحنة وذات نشاط كيميائي عالٍ.

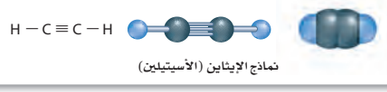
الألكاينات Alkynes

تُسمى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون الألكاينات. وتشترك في الرابطة الثلاثية ثلاثة أزواج من الإلكترونات. ويعد الإيثاين C_2H_2 أبسط الألكاينات وأكثرها استخدامًا، وهو معروف على نطاق واسع باسمه الشائع، أسيتيلين. تفحّص نماذج الإيثاين في **الشكل 15–8**.

تسمية الألكاينات تُسمى الألكاينات المستقيمة والمتفرعة بطريقة مماثلة للألكينات. والفرق الوحيد هو أن اسم السلسلة الرئيسة ينتهي بـ(اين) بدلاً من (ين). كما يظهر في أمثلة **الجدول 6–8**. وتُشكِّل الألكاينات المحتوية على رابطة ثلاثية واحدة سلسلةً متماثلة لها الصيغة العامة $C_n H_{2n-2}$.

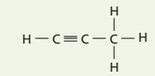
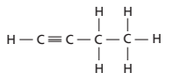
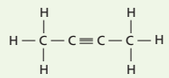
ماذا قرأت؟ استنتج، اعتمادًا على طبيعة روابط الإيثاين، لماذا يتفاعل بسرعة عالية مع الأكسجين؟

الشكل 15-8 تُمثّل هذه النماذج البنائية الثلاثة الإيثاين.



نماذج الإيثاين (الأسيتيلين)

الجدول 6-8 أمثلة على الألكاينات

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية المكثفة
إيثاين	C_2H_2	H— C ≡ C — H	CH ≡ CH
بروباين	C_3H_4		$CH \equiv CCH_3$
1 – بيوتاين	C_4H_6		$CH \equiv CCH_2CH_3$
2– بيوتاين	C_4H_6		$CH_3C \equiv CCH_3$

دفتر الكيمياء

ألكاين طبيعي على الرغم من وجود الألكينات عادة في الطبيعة، إلا أن من الصعب إيجاد ألكاين طبيعي. وأحد الألكينات الطبيعية هو dynemycin A، وهو تركيب بنائي معقد متعدد الحلقات، ويحوي رابطتي كربون– كربون ثلاثيتين. ولقد تمّ اختباره لكونه عاملًا محتملًا مضادًّا للسرطان. لذا اطلب إلى الطلاب البحث في الصيغة البنائية للمركب dynemycin A والمصدر الطبيعي له، وتسجيل هذه المعلومات في دفتر الكيمياء. **ف م**

تجربة

تحضير الإيثاين وملاحظة خصائصه

لماذا يستخدم الإيثاين في مشاعل اللّحام؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم قطعة مطاط لتثبيت قطعة خشب رفيعة إلى طرف مسطرة طولها 40 cm تقريبًا، على أن يمتد 10 cm تقريبًا من قطعة الخشب خارج المسطرة.
3. ضع 120 ml ماء في كأس مدرجة سعتها 150 ml، وأضف إليها 5 ml من سائل (منظف) الجلي، ثم اخلطها جيدًا.
4. استخدم الملقط لالتقاط قطعة من كربيد الكالسيوم CaC2 بحجم حبة البازلاء. تحذير: CaC2 مادة كاوية وحارقة؛ فإذا لامس غبارها جلدك فاغسله بالماء فورًا. وضعها في المحلول الذي في الكأس.
5. استخدم عود ثقاب لإشعال قطعة الخشب، وأنت تمسك بالمسطرة من الطرف المقابل. وقرّب قطعة الخشب المشتعلة حالاً من الفقاقيع الناتجة عن التفاعل الحاصل في الكأس. ثم أطفئ قطعة الخشب بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم ساق التحريك لطرد بعض فقاقيع الإيثاين. هل تطفو في الهواء أم تغرق؟
7. اغسل الكأس الزجاجية جيدًا، ثم أضف 25 ml ماء مقطرًا وقطرة من محلول فينول فثالين. وضع قطعة صغيرة من CaC_2 في المحلول باستخدام الملقط، ثم لاحظ النتائج.

التحليل

1. استنتج ما الذي يمكنك أن تستنتجه حول كثافة الإيثاين مقارنة بكثافة الهواء؟
2. **توقع** يُنتِجُ تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء مادتين، الأولى: غاز الإيثاين C_2H_2. فما المادة الثانية؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

خصائص الألكاينات واستعمالاتها للألكاينات خصائص فيزيائية وكيميائية شبيهة بالألكينات. وتخضع الألكاينات لكثير من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات، إلا أن الألكاينات أكثر نشاطًا من الألكينات عمومًا؛ وذلك لأن الرابطة الثلاثية في الألكاينات تُشكّل كثافة إلكترونية أكبر مما في رابطة الألكينات الثنائية. إن هذا التجمع من الإلكترونات فعّال في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يجعلها غير متماثلة الشحنة، لذا تكون أكثر نشاطًا.

إن الإيثاين – المعروف بالأسيتيلين – ناتج ثانوي عن تنقية البترول، وينتج أيضًا بكميات كبيرة عن تفاعل كربيد الكالسيوم CaC_2 مع الماء. عندما يزوّد الإيثاين بكمية كافية من الأكسجين يحترق منتجًا لهبًا ذا حرارة عالية جدًّا قد تصل إلى 3000 °C، وتستعمل مشاعل الأسيتيلين عادةً لأغراض اللحم، كما في **الشكل 16-8**. ولأن الرابطة الثلاثية تجعل الألكاينات أكثر نشاطًا فإن الألكاينات البسيطة كالإيثاين تُتخذ موادّ أولية في صناعة البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية العضوية المستخدمة في الصناعة.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 16-8 يتفاعل الإيثاين، أو الأسيتيلين، مع الأكسجين وفق المعادلة:
$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$
وتنتج كمية كافية من الحرارة تستعمل في لحم الفلزات.

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب البحث في سبب تسمية كربيد الكالسيوم في بعض الأحيان بضوء عمال المناجم (miner`s lamp). ض م

تحليل النتائج

1. الكثافة أقل من الهواء قليلاً.
2. يجب أن يدرك الطلاب في ضوء تغير اللون أن مادة ذات تأثير قاعدي قد نتجت. أخبرهم أن الأيون الموجب Ca^{2+} موجود في المحلول، فقد يستنتجون أن المادة غير الذائبة هي $Ca(OH)_2$.
$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$

تجربة

الهدف سيحضر الطلاب الإيثاين وملاحظة بعض خصائصه.

المهارات العلمية الملاحظة والاستنتاج، التواصل، تطبيق المفاهيم.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الاطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل. وينبغي ربط الشعر الطويل إلى الخلف، وتجنب لمس العين والجلد بسبب المادة الكاوية $Ca(OH)_2$ الناتجة عن تفاعل CaC_2 مع الرطوبة (الماء).

التخلص من النفايات اسكب محلول التفاعل في المغسلة مصحوبًا بالكثير من الماء. ودع CaC_2 الرطب يتفاعل مع الماء تمامًا قبل سكب المحلول.

استراتيجيات التدريس

- يمكن استخدام القداحة الطويلة بدلاً من المسطرة المثبت عليها قطعة الخشب. تأكد من إطفاء الطلاب للقطعة الخشبية قبل أن تحترق المسطرة.
- سوف تتكون فقاقيع من إيثاين نقي نسبيًّا، لذا لن تحترق مسببة انفجارًا عندما يتم إشعالها، كما لو كانت تحتوي على خليط من الهواء والإيثاين.

النتائج المتوقعة

يطلق الإيثاين عند إشعاله صوت فرقعة (pop)، ويحترق على هيئة كرة صفراء برتقالية اللون ترتفع من الكأس. وقد يترسب سناج على جوانب الكأس نتيجة الاحتراق غير الكامل. إن الإيثاين ذا الكتلة المولية 26 g /mol، أقل كثافة من الهواء الذي يساوي متوسط كتلته المولية 29 تقريبًا.

وقد تطفو الفقاقيع ببطء إلى أعلى، لأن كثافتها أقل من كثافة الهواء.

كما يتحول لون الفينول فثالين إلى اللون الزهري عند تكوّن $Ca(OH)_2$.

3. التقويم

التحقق من الفهم

أجرِ اختبارًا قصيرًا للطلاب لمعرفة ما إذا كانوا يستطيعون تسميةَ الألكينات ذات السلاسل المستقيمة والمتفرعة من خلال نماذجها. د م ض م

إعادة التدريس

اسمح للطلاب بالعمل في مجموعات لبناء نماذج لألكينات متفرعة. واطلب إليهم تسمية هذه النماذج ثم تبادلها مع مجموعات أخرى لمحاولة تسميتها أيضًا. ف م تعلم تعاوني

التوسع

اطلب إلى الطلاب بناء نماذج للإيثين ووصف شكل الجزيء. ويتعين عليهم إثبات وإدراك أن الجزيء مستوٍ. واطلب إليهم بعد ذلك إضافة مجموعتي ميثيل لطرفي الجزيء لإنتاج جزيء 2- بيوتين. وعليهم وصف الشكل الهندسي مرة أخرى. وعندئذٍ سيكتشف بعضهم وجود صورتين (conformations) مختلفتين للجزيء. ض م

التقويم 8-3

الخلاصة

- الألكينات والألكايِنات هيدروكربونات تحوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

19. الفكرة الرئيسة صف كيف تختلف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغة البنائية للألكانات.

20. حدّد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات والألكاينات عمّا تتصف به الألكانات.

21. سمِّ الصيغ البنائية أدناه مستخدمًا قواعد نظام الأيوباك.

a. $CH \equiv C\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H_2$

b. $CH_3CH_2\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH=CHCH_2CH_3$

22. اكتب الصيغة البنائية لـ 4-ميثيل-1،3- بنتادين و 3،2- ثنائي ميثيل-2- بيوتين.

23. استنتج كيف تُقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكل من الألكاينات والألكانات التي تحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. فسر إجابتك.

24. توقع ما الترتيبات الهندسية التي تتوقع أن تكونها الروابط المحيطة بذرة الكربون في الألكانات، والألكينات، والألكاينات؟

التقويم 8-3

19. تحتوي الألكانات على روابط أحادية في بنائها. وتحتوي الألكينات على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. في حين تحتوي الألكاينات على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل في بنائها.

20. تعد الألكينات والألكاينات على درجة عالية من النشاط مقارنة بالألكانات؛ وذلك لأنها تحتوي على مناطق من الكثافة الإلكترونية المركزة التي تجذب المواد المتفاعلة ذات الشحنة المعاكسة.

21. a. 1- بيوتاين

b. 5- ميثيل-3- هبتين

22. ارجع إلى الدرس واكتب الصيغ البنائية، أو إلى دليل حلول المسائل ص 80

23. لأن الألكاينات أكثر قطبية قليلًا من الألكانات، لذا تكون درجات انصهارها وغليانها أعلى. تدعم البيانات هذه الفرضية.

24. تتوقع فرضية VSEPR بالأشكال الهندسية التالية للروابط. ألكان: شكل رباعي الأوجه؛ ألكين: شكل مثلث مستوٍ (مثلث مسطح)؛ ألكاين: شكل خطي.

8-4

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (30) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المتشكلات استخدم مجموعة النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لبناء المتشكلات البنائية الظاهرة في **الشكل 16–8**. واعرض النماذج على الطلاب حتى يتمكنوا من رؤيتها. واطلب إلى أحد الطلاب إعطاء الصيغة الجزيئية لكل صيغة بنائية C_5H_{12}. ثم اسأل: كيف تتشابه الصيغ الجزيئية؟ الصيغ الجزيئية هي نفسها للجزيئات الثلاثة. اطلب إلى طالب آخر وصف كيف تختلف الجزيئات. ترتبط ذرات الكربون بطرائق مختلفة. ووضح للطلاب أن هذه النماذج تمثل متشكلات بنائية. د م

■ **إجابة سؤال النص** قد يستنتج الطلاب أن درجة الغليان تزداد كلما قلّ التفرع في الجزيء وأصبح أقرب إلى الشكل الخطي.

8–4

الأهداف

- **تميز** بين الفئتين الرئيستين للمتشكلات البنائية والفراغية.
- **تفرّق** بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس.
- **تصف** الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

مراجعة المفردات

الإشعاع الكهرومغناطيسي: أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

المفردات الجديدة

المتشكلات
المتشكل البنائي
المتشكل الفراغي
المتشكل الهندسي
الكيرالية
ذرة الكربون غير المتماثلة
المتشكل الضوئي
الدوران الضوئي

متشكلات الهيدروكربونات
Hydrocarbon Isomers

الفكرة الرئيسة **لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.**

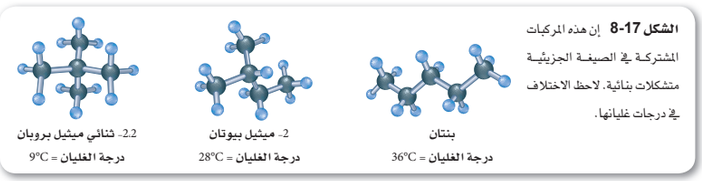
الربط مع الحياة هل قابلت يومًا توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكلات شبيهة بالتوائم؛ إذ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

المتشكلات البنائية Structural Isomers

تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في **الشكل 17–8** لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و 2– ميثيل بيوتان، و 2،2– ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات (أيزوميرات، isomers). والمتشكلات اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشكلين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي C_5H_{10}.

هناك فئتان رئيستان من المتشكلات. ويُبين **الشكل 17–8** مركبات تعدّ أمثلة على المتشكلات البنائية. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتدعم هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها". كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات C_5H_{12} بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية C_7H_{16}. وهناك أكثر من 300،000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية $C_{20}H_{42}$.



الشكل 17-8 إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب كتابة المتشكلات البنائية جميعها للهيدروكربون ذي الصيغة C_7H_{16}. هناك تسعة متشكلات بنائية هي: هبتان؛ 2– ميثيل هكسان؛ 3– ميثيل هكسان؛ 3،2– ثنائي ميثيل بنتان؛ 4،2– ثنائي ميثيل بنتان؛ 2،2– ثنائي ميثيل بنتان؛ 3،3– ثنائي ميثيل بنتان؛ 3– إيثيل بنتان؛ 3،2،2– ثلاثي ميثيل بيوتان. ف م

2. التدريس

بناء نموذج

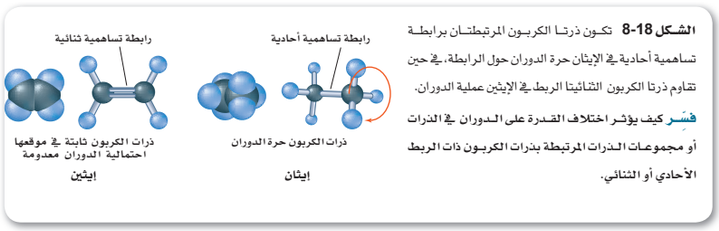
متشكلات "سيس" و "ترانس" اطلب إلى كل مجموعة مؤلفة من طالبين أو ثلاثة بناء نماذج لكل من: سيس–2– بيوتين، ترانس–2– بيوتين. ثم اجمع النماذج جميعها، واستخدمها لتوضيح كيف تؤثر الاختلافات في قدرة الجزيئات على التراص في خصائصها. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 18–8** إن مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات كربون أحادية الربط غير ثابتة في الفراغ؛ حيث تدور مع ذرات الكربون. إلاّ أنّ مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات الكربون ثنائية الربط ثابتة في الفراغ بالنسبة إلى بعضها بعضًا؛ لأن الرابطة الثنائية تمنع ذرات الكربون من الدوران.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب التمييز بين المصطلحين: نظير (isotope) ومتشكل (isomer). النظائر هي عناصر لها العدد الذري نفسه ولكنها تختلف في عددها الكتلي. أما المتشكلات فهي مركبات لها الصيغة الجزيئية نفسها ولكنها تختلف في أشكالها البنائية. ض م

ماذا قرأت؟ للمتشكلات البنائية الصيغة الكيميائية نفسها، ولكن ذراتها مرتبطة بترتيبات مختلفة. أما المتشكلات الهندسية فهي متشكلات بنائية لها ترتيبات مختلفة للمجموعات حول الرابطة الثنائية.



الشكل 18-8 تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران.

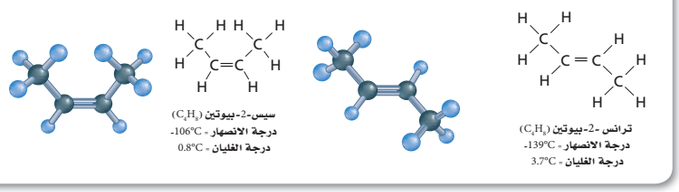
فسّر كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers

تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جدًّا في الروابط؛ **فالمتشكلات الفراغية** متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداهما حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في **الشكل 18–8**.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2– بيوتين في **الشكل 19–8**. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يشار إليه بالبادئة (سيس)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبادئة (ترانس). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (سيس) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب سيس لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب ترانس.

الشكل 19-8 يختلف هذان المتشكلان لـ 2 – بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف. لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.



دفتر الكيمياء

لويس باستور (Louis Pasteur) اطلب إلى الطلاب البحث في حقول دراسات وأبحاث لويس باستور، وكتابة ما يتعلق بأعماله بإيجاز في دفتر الكيمياء. ض م

الشكل 8-20 إن انعكاس يدك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يدك اليسرى.

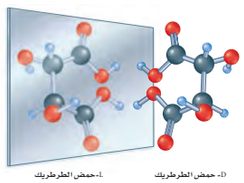
وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية **بالمتشكلات الهندسية**. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في خصائص المتشكلات الفيزيائية، ومنها درجات الانصهار والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات سيس و ترانس عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

ماذا قرأت؟ فسِّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

الكيرالية Chirality

الربط مع علم الأحياء في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822–1895) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في **الشكل 20-8**، لذا سُميت أشكال البلورات المشابهة لصورة اليد اليمنى والمشابهة لصورة اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمير، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في التركيبين في **الشكل 21-8**. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D – حمض الطرطريك، و L– حمض الطرطريك. ويرمز الحرفان D وL إلى البادئتين اللاتينيتين(dextro) وتعني



الشكل 21-8 تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D- حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L- حمض الطرطريك).

واقع الكيمياء في الحياة

الدهون غير المشبعة

المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات ترانس بدهون ترانس. وتحضر الكثير من الأطعمة المغلّفة باستخدام دهون ترانس؛ لأن لها فترة حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن هذه الدهون تزيد من نوع الكولسترول الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب تسمية ما أمكن من الأشياء المعروفة التي تحاكي زوجًا من المتشكلات الضوئية. قد تشمل الإجابات أنواعًا مختلفة من القفازات، والأحذية، والمضارب والجولف، وغيرها من الأدوات الرياضية. وقد يتمكن الطالب الذي يستخدم اليد اليسرى من إعطاء أمثلة – مثل المقص وغيره من الأدوات– لا تكون مألوفة لدى الطلاب الذين يستخدمون أيديهم اليمنى. **د م**

عرض سريع

المتشكلات الضوئية اعمل نماذج لزوج من المتشكلات الضوئية لجزيء كيرالي (لا يتطابق مع صورته في المرآة) بسيط مثل بروموكلورفلورومیثان، وأمسك بأحد النماذج عاليًا أمام مرآة على أن يتمكن الطلاب من رؤية كل من الجزيء وصورته في المرآة. ثمّ بين أن صورة المرآة لها مظهر نموذج المتشكل الآخر نفسه وهيئته. ثم بيّن أن كلا النموذجين لا يمكن تدويرهما بأي طريقة ممكنة ليصبحا متماثلين أو ينطبق أحدهما على الآخر. ولأن الطلاب لم يدرسوا هاليدات الألكيل بعد، لذا اعرض الجزيء على أنه جزيء يحتوي على أربع مجموعات مختلفة ممثلة بأربع كرات ذات ألوان مختلفة.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب البحث عن أهمية الجزيئات الكيرالية المستعملة في المواد الدوائية واستقصائها. تعد الكيرالية مهمة جدًّا؛ فقد يكون لإحدى أزواج المتشكلات الضوئية تأثير علاجي، وللآخر تأثيرات جانبية ضارة جدًّا. لقد تم الكشف عن هذا المجال لأول مرة عندما نجم عن أحد المتشكلات الضوئية لدواء ثاليدومايد (thalidomide) عيوب خلقية خطيرة لدى الأطفال. **ف م**

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلاب عمل نماذج الكرة والعصا لكل من: سيس–2– بنتين، وترانس–2– بنتين والمقارنة بينها؟ ض م

جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمّى الخاصية التي يوجد فيها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى **الكيرالية**. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في المخلوقات الحية ـ ومنها الحموض الأمينية المكوِّنة للبروتينات ـ بهذه الكيرالية.

وتستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

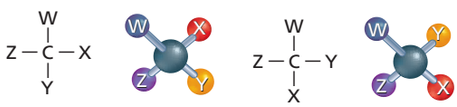
المتشكلات الضوئية Optical Isomers

أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. و**ذرة الكربون غير المتماثلة** هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y وZ مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في **الشكل 22–8**، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تمامًا.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تمامًا؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X و Y من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيرًا.

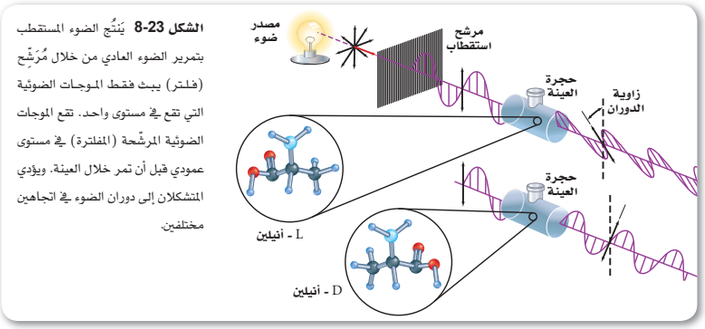
المتشكلات الضوئية متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها الاّ أنّ تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفَّزَة



الشكل 22-8 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.

مشروع الكيمياء

الكيمياء الفراغية وتعرّف الرائحة اطلب إلى الطلاب البحث في أهمية الشكل الجزيئي، وخصوصًا الذي ينتج عن اختلافات الكيمياء الفراغية، على حاسة الشم عند الإنسان. واطلب إليهم أيضًا كتابة تقرير عن هذا الموضوع وعرضه على الصف. ض م



الشكل 23-8 يُنتج الضوء المستقطب بتمرير الضوء العادي من خلال مُرَشِّح (فلتر) يسمح فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشّحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي المتشكلان إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.

بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فالخلايا البشرية مثلاً تسمح بدخول الحموض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوربيك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضًا. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضارًا.

الدوران الضوئي إن المتشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى المتشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجًا التأثير المُسمّى **الدوران الضوئي**. ويظهر هذا التأثير في **الشكل 23-8**.

قد يكون L – مينثول أحد المتشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. وهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضًا. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرآة) D– مينثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L– مينثول نفسه.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب الصيغة البنائية لأزواج الجزيئات الآتية على السبورة. ثم اطلب إلى الطلاب تحديد ما إذا كان كل منها يمثل زوجًا من المتشكلات أم لا، وإذا كانت كذلك، فأي نوع من المتشكلات تنتمي إليه؟

a. بنتان و 2– ميثيل بيوتان. نعم، متشكلات بنائية.

b. سيس –2– بيوتين وترانس–2– بيوتين.

نعم، متشكلات هندسية

c. بيوتان و بيوتان حلقي. لا

d. بيوتان حلقي و 1– بيوتين. نعم، متشكلات بنائية. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلاب رسم خريطة مفاهيم توضح العلاقة بين المصطلحات الآتية: متشكل، متشكل بنائي، متشكل فراغي، متشكل هندسي، ومتشكل ضوئي. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب البحث عن الصيغ البنائية لكل من متشكل L و D من حمض الأسكوربيك (فيتامين C). ض م

التقويم

المهارة أعـط كل مجموعة من طالبـين أو ثلاثـة نموذجًا لمركب كـيرالي بسـيط. واطلـب إلى كل منها بناء نموذج يمثل المتشـكل الضوئي للمركب المُعطى. ف م

التقويم 8-4

الخلاصة

- المتشـكلات مركبان أو أكثر لهما الصيغة الجزيئيـة نفسـها، ولكنهـا تختلـف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشـكلات البنائيـة في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبـط الـذرات جميعها في المتشـكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبهـا الفراغي (الاتجاهـات في الفراغ).

25. الفكرة الرئيسة **اكتب** المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية C_6H_{14} جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.

26. فسِّر الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.

27. ارسم أشكال كل من سيس–3–هكسين وترانس–3–هكسين.

28. استنتج لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟

29. قوّم يُنتج تفاعل معين 80% ترانس–2–بنتين و 20% سيس–2– بنتين. ارسم شكل هذين المتشكلين الهندسيين، وكوِّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشكلين بهذه النسبة.

30. اعمل نماذج ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكلين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:
$-H$, $-CH_3$; $-CH_2CH_3$; $-CH_2CH_2CH_3$.

التقويم 8-4

25. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية. ستمثل الإجابات 5 متشـكلات بنائية هي: 2– ميثيل بنتـان، و 3– ميثيل بنتان، و 2، 3– ثنائـي ميثيـل بيوتان، و2، 2– ثنائـي ميثيل بيوتان، وهكسان.

26. تختلـف المتشـكلات البنائيـة بعضهـا عن بعـض في الترتيب الـذي ترتبـط بـه ذراتها معًـا، ففي الوقـت الذي تكـون فيه الذرات في المتشـكلات الفراغية مرتبطة بالترتيب نفسه فإنها تكون مختلفة في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

27. ارجـع إلى الـدرس لكتابـة الصيـغ البنائيـة. تقـع ذرات الهيدروجـين المرتبطـة مـع ذرات الكربون الثنائيـة الربط في سيس–3–هكسين على الجهة نفسها من السلسلة الكربونية. أمـا في تركيب ترانـس فتقـع ذرات الهيدروجين على جهات متعاكسة من السلسلة الكربونية.

28. تسـتفيد المخلوقـات الحيـة عمومًا من تركيب كـيرالي واحد فقـط في المـادة؛ لأن هـذا التركيب وحـده يتلاءم مـع الموقع النشط في الإنزيم.

29. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية. ينتج متشكل ترانس بنسـبة أعـلى؛ لأن بنـاءه يسـمح لمجموعتي الميثيـل والإيثيل الكبيرتين بالتباعد بعضهما عن بعض أكثر من تركيب سيس.

30. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية. يجب أن تُظهر الصيغ المجموعـات المعطاة مرتبطة مع ذرة كربون واحدة. كما يجب أن تختلـف في كون اثنتين مـن المجموعات المرتبطة في الفراغ قد عكس مكان كلٍّ منهما.

8-5

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (31) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

البنزين اكتب على السبورة الصيغة البنائية للبنزين التي اقترحها كيكولي، واسأل: ما نوع الروابط الكربونية الموجودة في هذه الصيغة؟ روابط أحادية وثنائية متناوبة. اشرح للطلاب أن هذا ما اعتقده الكيميائيون بالنسبة للصيغة البنائية للبنزين. وارسم النموذج الحالي للبنزين على السبورة، ثم اسأل: ما أنواع الروابط الموجودة في هذه الصيغة؟ اقبل جميع الإجابات المنطقية. أخبر الطلاب أن الكيميائيين اليوم يعلمون أن إلكترونات البنزين جميعها تتوزع على نوى الكربون الست الموجودة في الجزيء، وتُمثل بحلقة في منتصف النموذج. وأخبر الطلاب أنّ تشارك الإلكترونات وتوزّعها يجعلان البنزين شديد الثبات وقليل النشاط في التفاعلات الكيميائية. ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 24–8** تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة سداسية من ذرات الكربون.

8–5

الأهداف

- **تقارن** بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية.
- **توضح** المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.
- **تسمي** المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

مراجعة المفردات

المجالات المهجنة: دمج المجالات الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على مجالات إلكترونية متماثلة الشكل والطاقة.

المفردات الجديدة

المركب الأروماتي
المركب الأليفاتي

الهيدروكربونات الأروماتية
Aromatic Hydrocarbons

الفكرة الرئيسة **تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.**

الربط مع الحياة ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منها يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

الصيغة البنائية للبنزين The Structure of Benzene

إن الأصباغ الطبيعية ـ ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في الشكل 24–8 ـ والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراية أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التراكيب الحلقية غامضة.

إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين، الذي عُزل أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791–1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ C_6H_6 إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي C_6H_{14}. ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كلتيهما معًا. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.

$$CH_2 = C = CH - CH = C = CH_2$$

الشكل 24-8 استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة ذات الألوان الزاهية على مر العصور.
فسّر ما الشيء المشترك بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية) المستخدمة في العطور؟

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى قد يستوعب الطلاب مفهوم توزيع الإلكترونات وتشاركها في البنزين إذا بنوا النموذج بأنفسهم. لذا اطلب إلى ستة طلاب تشكيل حلقة بشرية يمثلون فيها أولاً 1، 3، 5– حلقي هسكا تراين (نموذج كيوكولي الأصلي للبنزين) ثم البنزين. وذكّرهم بأن كل ذرة كربون (كل شخص) له أربعة إلكترونات تكافؤ، منها اثنان مُستخدَمان في روابط (رابطة سيجما) مع ذرات الكربون المجاورة. وإلكترون آخر مُستخدَم في رابطة (رابطة سيجما أيضًا) مع ذرة هيدروجين. لذا فإن هذا التوزيع يترك إلكترونًا واحدًا لكل ذرة كربون. وسيمثل في النموذج الأول ثلاثة أزواج من الطلاب المتجاورين الإلكترونات في ثلاث روابط ثابتة غير قابلة للتنقل (روابط باي) برفع كلتا اليدين عاليًا والإمساك بكرتي تنس معًا. في حين سيمرّر الطلاب الستة جميعهم كرات التنس باستمرار حول الحلقة في النموذج الثاني. د م

2. التدريس

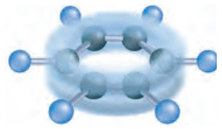
التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا الصيغة البنائية التي اقترحها كيكولي، والصيغة البنائية الحالية للبنزين وتفسير الاختلاف بينهما. ض م

■ **إجابة سؤال النص** كلتا الصيغتين الجزيئيتين متطابقتان، C_6H_6.

عرض سريع

احتراق الهيدروكربونات إن احتراق الهيدروكربونات الأليفاتية في الهواء عمومًا أنظف من الهيدروكربونات الأروماتية؛ إذ ينبعث من احتراق الأخيرة سِناج أسود. وضِّح هذا الفرق باستخدام اختبار اللهب الذي يمكنه التمييز بين المركبات الأليفاتية والأروماتية. ومن أجل السلامة وطلبًا للفائدة، استخدم مبلمرات أليفاتية وأروماتية في هذا العرض بدلاً من المركبات السائلة. أمسك بقطعة من بلاستيك ألفاتي (LDPE، HDPE، أو PP) بالملقط وعرضها للهب إلى أن تشتعل. ثم ارفع القطعة المحترقة، واطلب إلى الطلاب ملاحظة ما يحدث. دخان، ولكن لا ينبعث معه سناج، أو قد ينبعث معه سناج قليل جدًّا. أعد التجربة باستخدام بلاستيك أروماتي (PETE أو PS). يتصاعد دخان (أسود)، وينبعث معه سناج. ض م



الشكل 25-8 تتوزع إلكترونات البنزين الرابطة بالتساوي في صورة كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

أروماتي (Aromatic)

الاستعمال العلمي: مركب عضوي ثابت التركيب بسبب عدم بقاء الإلكترونات في مكان واحد.

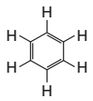
كأن نقول مثلاً: البنزين مركب أروماتي

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة قوية..

وعلى الرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي C_6H_6 فإن مثل هذا الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائيًّا، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكاينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

حُلم كيكولي في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829–1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين– وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَنُ الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، ببلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ"أوروبوروس Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المُسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

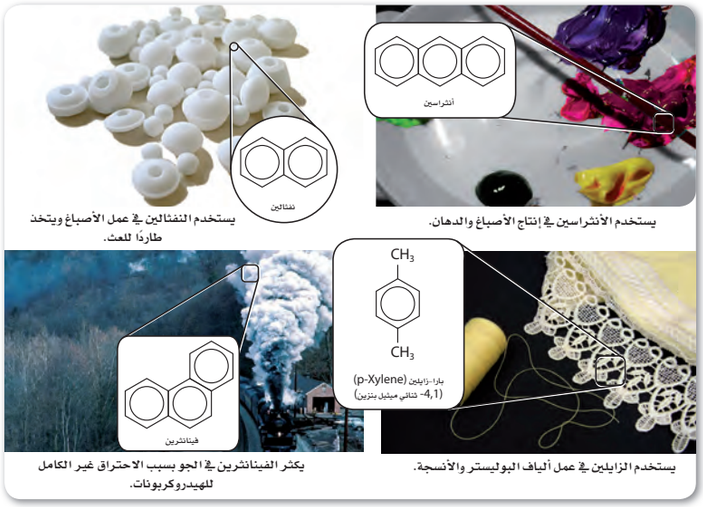
نموذج البنزين الحديث أكدت الأبحاث منذ اقتراح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّدتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضًا عن ذلك تكُون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل **25–8** يُوضح أن عدم التمركز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتًا كيميائيًّا؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيدًا مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتَب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تتذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.

مشروع الكيمياء

الزيوت العطرية (الطيّارة) اطلب إلى الطلاب البحث في الزيوت العطرية وكيفية الحصول عليها في العصور القديمة. واطلب إليهم أيضًا كتابة تقرير قصير يفسرون فيه كيف تُعالج هذه الزيوت وكيف تستخدم؟ وما التغير الذي طرأ على صناعة العطور في وقتنا الحاضر؟

د م ض م ف م



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.

يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طاردًا للعث.

يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.

الشكل 8-26 توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

تُسمّى المركّبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءًا من بنائها **المركّبات الأروماتية**. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكاينات **المركبات الأليفاتية** لتميزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني الدُّهن. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما بعض الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا استمرّ الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في **الشكل 26-8**. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفثالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنبًا إلى جنب. ويعد النفثالين مثالاً على نظام الحلقات الملتحمة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتتشارك ذرات الكربون المكوِّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

التعزيز

المركبات الأروماتية اعرض على الطلاب صيغًا بنائية أو نماذج للمركبات الأروماتية الآتية التي تحتوي على حلقة بنزين مع مجموعة ألكيل بديلة واحدة أو أكثر، ثم اطلب إليهم تسمية الأشكال البنائية. وراجع كيفية تسمية الألكانات الحلقية ذات المجموعات البديلة إن دعت الحاجة إلى ذلك.

1. ميثيل بنزين (تولووين)
2. 2،1– ثنائي ميثيل بنزين (أورثو– زايلين)
3. 3،1– ثنائي ميثيل بنزين (ميتا– زايلين)
4. 4،1–ثنائي ميثيل بنزين (بارا– زايلين)

اطلب إلى الطلاب كتابة صيغ بنائية أو عمل نماذج للمركبات الآتية:

1. إيثيل بنزين
2. أيزوبروبيل بنزين
3. 1 ،4– ثنائي إيثيل بنزين **ف م**

■ **إجابة سؤال النص** الدهن البقري، دهن الخروف، دهن الدجاج.

ماذا قرأت؟ استخدمت هذه المصطلحات باستمرار على مر السنين، وأصبحت جزءًا من اللغة.

دفتر الكيمياء

الهيدروكربونات الأروماتية اطلب إلى الطلاب التفكير في سبب تسمية هذه الهيدروكربونات الحلقية بالأروماتية، واطلب إليهم كتابة الإجابة في دفتر الكيمياء. عندما تمّ عزل هذه المركبات وفصلها لأول مرة في العقد السادس من القرن التاسع عشر، تمكن العلماء من التمييز بينها من خلال روائحها. **ض م**

تطبيقات الكيمياء

ثنائي ميثيل بنزين هناك ثلاثة متشكلات مختلفة لثنائي ميثيل بنزين، ويشار إليها بـ –أورثو، وميتا، وبارا – زايلين. ويسمى أورثو– زايلين وفق نظام أيوباك:

1،2– ثنائي ميثيل بنزين ويسمى ميتا– زايلين: 1،3– ثنائي ميثيل بنزين ويسمى بارا– زايلين : 1،4– ثنائي ميثيل بنزين. ويُستخدم الزايلين مذيبًا في الصناعات الآتية: الدهان، الطباعة، المطاط، الغراء، والجلود. ويستخدم أيضًا مزيلاً للدهون ومنظفًا للشحوم؛ ويدخل في تكوين وقود السيارات والطائرات. ويستخدم في تصنيع بعض العطور والمواد الطاردة للحشرات. وتشمل تأثيراته الصحية إلحاق الضرر بالعين، وتثبيط أداء الجهاز العصبي المركزي، وضعف عمل الكلية والكبد.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب عمل قائمة باستخدامات كل من المركبات الأروماتية الآتية:

a. بارا– زايلين تحضير البوليستر.

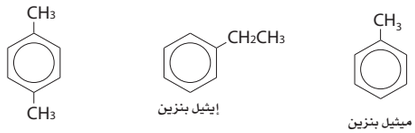
b. نفثالين طارد للعث.

c. إنثراسين صناعة الأصباغ. ض م

ماذا قرأت؟ تُشارك الإلكترونات ذرات الكربون الست في الحلقة جميعها.

تسمية المركبات العضوية الأروماتية للمركبات الأروماتية القدرة على امتلاك مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيل البنزين، المعروف أيضًا بـ (التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بديلة مرتبطة مع حلقة البنزين تذكّر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

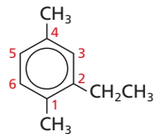
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4– ثنائي ميثيل بنزين، para – xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



1،4–ثنائي ميثيل بنزين | إيثيل بنزين | ميثيل بنزين (تولوين)

وتُرقَّم حلقات البنزين المتفرعة تمامًا مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في **الشكل 27–8**. إن ترقيم الحلقة ـ كما هو مبين ـ يعطي الأرقام 1، 2، و4 لمواقع المجموعات البديلة. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2–إيثيل–1،4– ثنائي ميثيل بنزين.

ماذا قرأت؟ فسّر ماذا تعني الدائرة داخل الحلقة السداسية الظاهرة في **الشكل 27–8**؟

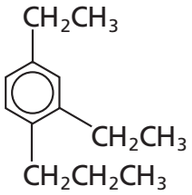


الشكل 27-8 تسمى حلقات البنزين ذات التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.

2 - إيثيل - 1،4 - ثنائي ميثيل بنزين

مثال في الصف

السؤال سمِّ المركب الأروماتي الآتي.



الاجابة

3،1– ثنائي إيثيل–4– بروبيل بنزين

مسائل تدريبية

31.a. بروبيل بنزين.

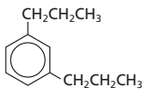
b. 1– إيثيل–2– ميثيل بنزين.

c. 1– إيثيل– 2، 3– ثنائي ميثيل بنزين.

32.

مثال 4-8

تسمية المركّبات الأروماتية سمِّ المركّب الأروماتي التالي.

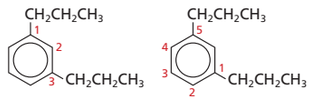


1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت مركبًا أروماتيًّا، اتبع القواعد لتسميته.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقّم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.



إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

الخطوة 3. جمّع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائيًّا، مستخدمًا الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 3،1– ثنائي بروبيل بنزين.

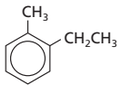
3 تقويم الإجابة

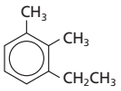
رُقّمت حلقة البنزين لتعطي التفرعات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحُدّدت أسماء المجموعات البديلة على نحوٍ صحيح.

مسائل تدريبية

31. سمّ الصيغ البنائية التالية:

a.

b. 

c. 

32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركب 4،1– ثنائي ميثيل بنزين.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى طالبين أحدهما ضمن المستوى، والآخر دون المستوى أن يعملا معًا، ودع الطالب الأول يشرح لزميله كيفية تسمية الهيدروكربونات الأروماتية خطوة خطوة مستخدمًا المثال 4-8، ثم اطلب إلى الطالب ذي المستوى المتدني أن يشرح للطالب الذي ضمن المستوى تسمية المركب الموجود تحت عنوان "مثال في الصف". د م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة بالخصائص التي تميز المركبات العضوية الأروماتية عن الأليفاتية غير المشبعة. المركبات الأروماتية هي هيدروكربونات حلقية ذات ثبات عال ونشاط كيميائي أقل من المركبات الأليفاتية غير المشبعة؛ لأن عدم الإشباع في المركبات الأروماتية يتضمن مجموعة من الإلكترونات الحرة الحركة عوضًا عن روابط ثنائية منفصلة تتجمع فيها الإلكترونات. ض م

إعادة التدريس

ارسم نموذج كيكولي للبنزين والنموذج الحالي جنبًا إلى جنب على السبورة. ثم اسأل: أي الشكلين هو تمثيل أفضل للشكل الواقعي والحقيقي للبنزين؟ ولماذا؟ إن النموذج الحالي هو الأفضل؛ لأنه يمثل الإلكترونات الحرة الحركة المتشاركة بين جميع ذرات الكربون الست في الحلقة. كما يمكن استخدام هذا النموذج لتفسير الثبات العالي للبنزين بطريقة أفضل من نموذج كيكولي. ض م

التوسع

كلِّف الطلاب بالبحث وتفسير عدم اعتبار نموذج كيكولي للبنزين تمثيلاً مثاليًا لنمط الترابط الحقيقي في البنزين. روابط كربون – كربون في نموذج كيكولي لها أطوال وقوى مختلفة، حيث تكون الروابط الثنائية أقصر وأقوى من الروابط الأحادية. وهذا لا يدعمه الدليل المختبري الذي يبين أن الروابط جميعها متساوية التوزيع الإلكتروني. ف م

الشكل 28-8 بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

المواد المسرطنة شاع سابقًا استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولووين والإكزايلين، بوصفها مذيبات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرّضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تمّ تعرّفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في سناج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جدًّا. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في **الشكل 28-8**، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخاليط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضًا بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 8-5

الخلاصة

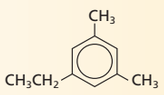
- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءًا من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

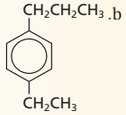
33. الفكرة الرئيسة فسّر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

34. فسّر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

35. صف خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه ألكينًا ذا روابط ثنائية متعددة.

36. سمِّ الصيغ البنائية التالية:

a. 

b. 

37. فسّر لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟

التقويم 8-5

33. تتوزع أزواج الإلكترونات في البنزين وتتشارك في ذرات الكربون الست جميعها الموجودة في الحلقة. إن البنزين غير نشط كيميائيًّا لأنه من الصعب سحب الإلكترونات بعيدًا عن ذرات الكربون الست.

34. تحتوي المركبات الأروماتية على حلقات في بنائها، وتحتوي الهيدروكربونات الأليفاتية على سلاسل مستقيمة أو متفرعة.

35. النشاط الكيميائي للبنزين أقل كثيرًا منه للألكينات ذات الروابط الثنائية المتعددة، والتي تكون عادة غير ثابتة كيميائيًّا.

36.a. 1-إيثيل-3،5- ثنائي ميثيل بنزين.

b. 1-إيثيل-4-بروبيل بنزين.

37. كان البنزوبايرين أول مادة مسرطنة معروفة، وكان التعرض لها مرتبطًا مع نوع المهنة. وبعد أن اكتشف أنها مادة مسرطنة أُخِذت الاحتياطات والإجراءات لحماية العمال. وقد دفع هذا الاكتشاف العلماء والمختصين في مجال الطب إلى البحث عن مواد أخرى قد تكون ذات أخطار محتملة على العمال.

كيف تعمل الأشياء؟

الهدف

سيصف الطلاب العملية، ويقوّمون التأثير البيئي لإنتاج الغاز الحيوي من تفكيك المواد العضوية وتحليلها، بما في ذلك المخلفات العضوية التي تخلفها الحيوانات الأليفة.

الخلفية

أدّى ارتفاع تكاليف الطاقة وانخفاض مخزونها الدوري إلى دفع الحكومات إلى دراسة مصادر الطاقة البديلة بما في ذلك غاز الميثان.

تحلل البكتيريا روث الحيوانات، منتجة غاز الميثان أحد غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي. ويسمح جهاز هضم الميثان بإنتاج الميثان، وجمعه واستخدامه.

استراتيجيات التدريس

- استخدم المخطط لتحديد أهمية كل حالة فيزيائية في عملية إنتاج الغاز الحيوي.
- اطلب إلى الطلاب تبادل الأفكار حول مزايا استخدام جهاز هضم الميثان على أنه مصدر للطاقة.

الكتابة في الكيمياء

قارن يجب أن تبرز نشرات الطلاب السمات الإيجابية لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه بوصفه مصدرًا للطاقة.

مختبر الكيمياء

الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن

الزمن اللازم: حصة واحدة

المهارات العلمية: الحصول على المعلومات وتحليلها، تطبيق المفاهيم، القياس، استخدام الأعداد، التحليل والاستنتاج.

احتياطات السلامة. وافق على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل. وذكّر الطلاب بضرورة إقفال الصمامات بعد جمع الغاز وتنظيف انسكابات الماء.

خطوات العمل

لا يمكن تجنب بقاء بعض الماء على جوانب القارورة، لذا اطلب إلى الطلاب هزّ القارورة بقوة لإخراج ما بداخلها من الماء.

النتائج المتوقعة: يتكون الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية من: 85% ميثان، 9% إيثان، 3% بروبان، 3% نيتروجين وبيوتان وهيليوم.

حلّل واستنتج

1. كتلة الهواء = الكثافة × الحجم
ارجع إلى جدول البيانات.
2. ارجع إلى جدول البيانات. عند درجة الحرارة 25 °C، تقريبًا 30% من حجم القارورة يكون بخار الماء لأنه تم جمع الغاز فوق الماء. ويمكن إهمال حجم بخار الماء في مثل دقة هذه التجربة. لذا يعوض الطلاب القيم في معادلة الغاز المثالي لإيجاد قيمة n. وسيحسب الطلاب ما يأتي:
الكتلة المولية = كتلة الغاز/ عدد مولات الغاز.
3. ستعتمد النتائج على تركيب الغاز.
4. تتضمن الاحتمالات الماء الزائد المحصور في القارورة، تقنيات القياس الضعيفة أو غير الصحيحة، الأخطاء الحسابية. قد ينتج المخلوط كتلة مولية لا تساوي أيًّا من الكتل المولية لمكوّنات المخلوط.

الاستقصاء

سيجد الطلاب أن الضغط ودرجة الحرارة يتغيران قليلًا في المختبر من يوم إلى آخر غير أن ذلك لن يؤثر في نتائج مثل هذه التجربة. فالقياسات ليست دقيقة بدرجة كافية لإظهار الفرق. وعلى أية حال، إذا لاحظ الطلاب تغير درجات الحرارة والضغط، يكون بمقدروهم تبيان الفرق في نتائجهم.

بيانات كتلة وحجم عينة	الحجم
كتلة القارورة والهواء	30.49 g
كتلة الهواء	0.82 g
كتلة القارورة الفارغة	29.67 g
كتلة الغاز	30.30 g
كتلة القارورة والغاز	0.63 g
الضغط	1.01 atm
درجة الحرارة	24 °C
درجة الحرارة	297 k
حجم الغاز	0.630 L

مختبر الكيمياء

الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن

الخلفية النظرية دعت الحاجة إلى تغيير أحد صمامات الغاز في المختبر. فقال محضِّر المختبر إن الغاز المستعمل هو غاز البروبان، على حين قال المعلم إن الغاز هو الغاز الطبيعي أو غاز الميثان. استعمل الطرائق العلمية للفصل بينهما.

السؤال أي نوع من غازات الألكانات يستعمل في مختبر العلوم؟

المواد والأدوات اللازمة

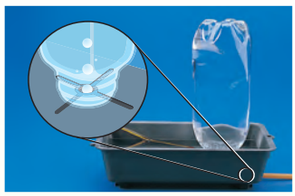
- باروميتر
- مقياس حرارة (ثيرمومتر)
- قارورة مشروبات غازية سعتها 1 L، وأخرى سعتها 2 L بغطاء.
- أنابيب مطاطية
- قارورة جمع الغازات تحت السوائل.
- مخبار مدرج سعة 100 ml
- ميزان (0.01g)
- محارم ورقية

اجراءات السلامة

تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال، احفظ السوائل والأبخرة بعيدا عن مصادر اللهب والشرر.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة كاملاً.
2. صل أنبوب جمع الغاز بمصدر الغاز في المختبر وقارورة جمع الغازات. ثم املأ القارورة بالماء وافتح صمام الغاز برفق، ودع الغاز يحل محل الماء في القارورة بعد اخراج الهواء من الأنبوب.
3. سجل كتلة قارورة المشروبات الغازية الجافة مع الغطاء، وسجل درجة الحرارة والضغط.
4. املأ القارورة بالماء وأغلقها بإحكام لمنع دخول الهواء.
5. ضع مقياس الحرارة (ثيرمومتر) في ماء وعاء جامع الغازات، وضع القارورة فوقه ثم انزع الغطاء مع إبقاء الفتحة تحت الماء، وضع فوهة القارورة فوق أنبوب الغاز مباشرة.
6. افتح صنبور الغاز ببطء ودعه يملأ القارورة، ثم أغلق الصمام وسجل درجة حرارة الماء.
7. اغلق القارورة بالغطاء وهي في وضع مقلوب، ثم أخرجها من الماء وجففها في الخارج.



8. سجل كتلة القارورة المملوءة بالغاز.
9. ضع القارورة داخل صندوق سحب الغازات وانزع الغطاء وأخرج الغاز جميعه بالضغط على جوانب القارورة. ثم املأ القارورة بالماء وسجل حجمه بوضعه في المخبار المدرج.
10. **النظافة والتخلص من النفايات** نظّف مكان العمل بحسب الارشادات.

حلل واستنتج

1. **جد** قيمة كثافة الهواء تحت 1 atm ودرجة حرارة 20 °C تساوي 1.205 g/L. واستعمل حجم القارورة لحساب كتلة الهواء في الزجاجة.
2. **احسب** كتلة القارورة الفارغة، وكتلة الغاز فيها، واستعمل حجم الغاز ودرجة حرارة الماء والضغط الجوي وقانون الغاز المثالي في حساب عدد مولات الغاز الذي تم جمعه. واستعمل أيضًا كتلة الغاز وعدد المولات في حساب الكتلة المولية للغاز.
3. **استنتج** كيف تقارن بين الكتلة المولية المحسوبة والكتلة المولية للميثان، الإيثان، والبروبان؟ استنتج نوع الغاز في القارورة.
4. **تحليل الخطأ.** اقترح مصادر للأخطاء في هذه التجربة.

الاستقصاء

صمّم تجربة لاختبار تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة أو الضغط الجوي في نتائج تجربتك.

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

8-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

المفردات

- المركب العضوي
- الهيدروكربون المشبع
- الهيدروكربون غير المشبع
- التكسير الحراري
- التقطير التجزيئي
- الهيدروكربون

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون؛ إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

8-2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

المفردات

- السلسلة المتماثلة
- السلسلة الرئيسة
- المجموعة البديلة
- الألكان
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.

8-3 الألكينات والألكايْنات

الفكرة الرئيسة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة، وأما الألكايْنات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

المفردات

- الألكاين
- الألكين

المفاهيم الرئيسة

- الألكينات والألكايْنات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكايْنات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

الفصل 8

دليل مراجعة الفصل

استخدام المفردات

اطلب إلى الطلاب كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل، وذلك لتعزيز معرفتهم بالمفردات. ض م

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلاب تلخيص نقاط التشابه والاختلاف بين الألكانات، والألكينات، والألكايْنات. ض م
- اطلب إلى الطلاب عمل قائمة بأسماء الهيدروكربونات وأشكالها. ض م
- يمكن استخدام أسئلة الفصل أو مجموعات الأسئلة الإضافية في مراجعة الفصل. ض م

يمكن للطلاب زيارة الموقع:

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- طلبًا للمزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن.

8-4 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

المفردات

- المتشكل الضوئي
- الدوران الضوئي
- المتشكل الفراغي
- المتشكل البنائي
- ذرة الكربون غير المتماثلة
- الكيرالية
- المتشكل الهندسي
- المتشكل

المفاهيم الرئيسة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

8-5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تتشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

المفردات

- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءًا من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

8-1

إتقان المفاهيم

38. **الكيمياء العضوية** لماذا أدى اكتشاف فوهلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟

39. ما الخاصية الرئيسة للمركب العضوي؟

40. ما خاصية الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟

41. سمّ مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

42. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي تستعمل لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

43. فسّر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

إتقان حل المسائل

44. **التقطير** رتب المركبات المدرجة في **الجدول 7–8** حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

الجدول 7–8 درجات غليان الألكانات

المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	– 161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	– 0.5
البروبان	– 42.1

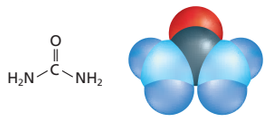
45. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟

a. رابطة أحادية

b. رابطة ثنائية

c. رابطة ثلاثية

46. يبين **الشكل 29–8** نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 29–8

a. حدّد نوع كل من النموذجين.

b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.

47. تُمثَّل الجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، والنموذج الفراغي. ما مزايا ومساوئ كل نموذج؟

8-2

إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المُتماثلة للهيدروكربونات.

49. **الوقود** سمَّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقودًا، ثم اذكر استخدامًا آخر لكل منها.

50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. الإيثان

b. الهكسان

c. البروبان

d. الهبتان

51. اكتب الصيغ البنائية المكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.

52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:

a. الميثان

b. البيوتان

c. الأوكتان

إتقان حل المسائل

44. ميثان، بروبان، بيوتان، هكسان، أوكتان

45. **a.** 2 إلكترون

b. 4 إلكترونات

c. 6 إلكترونات

46. **a.** الصيغة البنائية والنموذج الفراغي.

b. تعد اليوريا مركبًا عضويًّا لأنها تحتوي على الكربون وهي ليست من المجموعات المُستثناة – أكسيد الكربون، كربيدات، أو كربونات.

47. توضح النماذج الجزيئية نوع الذرات في الجزيء، ولكنها لا تُظهر هندسة الجزيء. وتبين النماذج البنائية نوع الذرات في الجزيء، والترتيب العام للذرات، ولكن ليس الشكل الهندسي الدقيق. ويبين نموذج الكرة والعصا نوع الذرات في الجزيء، والترتيب العام، ولكن لا يوضح الشكل الهندسي الدقيق. ويُبين الشكل الفراغي صورة واقعية عن الجزيء، ولكن من الصعب تحديد نوع الروابط في الجزيء. وإذا كان الجزيء ضخمًا، فسيكون من الصعب رؤية جميع الذرات في الجزيء.

8 – 2

إتقان المفاهيم

48. هي سلسلة من المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد وحدات البناء، ولها علاقة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات.

49. ميثان: وقود للطبخ والتدفئة؛ بروبان: وقود للطبخ والتدفئة؛ بيوتان: في الولّاعات الصغيرة وبعض المشاعل.

50. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

51. **a.** CH_3CH_3 **c.** $CH_3CH_2CH_3$

b. $CH_3(CH_2)_4CH_3$ **d.** $CH_3(CH_2)_5CH_3$

52. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

a. ميثان، ميثيل.

b. بيوتان، بيوتيل.

c. أوكتان، أوكتيل.

تقويم الفصل 8

53. يحتوي الألكان الحلقي على حلقة من ذرات الكربون.

54. جزيئات الميثان غير قطبية ولا تُكوِّن روابط هيدروجينية مع جزيئات ميثان أخرى. جزيئات الماء قطبية وتُكوِّن روابط هيدروجينية مع جزيئات ماء أخرى. وبسبب قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء، فإن للماء درجتي غليان وانصهار أعلى من الميثان.

إتقان حل المسائل

55.a بنتان.

b 3 – ميثيل بنتان

c 2، 5 – ثنائي ميثيل هكسان.

d 2، 3 – ثنائي ميثيل بيوتان.

56. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

57. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

58.a 1، 2، 4– ثلاثي ميثيل هكسان حلقي.

b 1– إيثيل–3– ميثيل بنتان حلقي.

c 1– بروبيل–3– ميثيل بيوتان حلقي.

d 6– إيثيل–1،2،3–ثلاثي ميثيل أوكتان حلقي.

8 – 3

إتقان المفاهيم

59. تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون في الجزيء. في حين تحتوي الألكينات على رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في الجزيء. وتحتوي الألكاينات على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في الجزيء.

60. عند تسمية الألكانات تكون السلسلة الرئيسة هي أطول سلسلة كربونية متصلة. وعند تسمية الألكينات تكون السلسلة الرئيسة هي أطول سلسلة كربونية متصلة تشمل ذرات الكربون المرتبطة برابطة ثنائية.

53. كيف يختلف بناء الألكان الحلقي عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

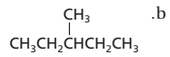
54. درجات التجمد والغليان استخدم الماء والميثان لتفسير كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في درجة غليان ودرجة تجمد المادة.

إتقان حل المسائل

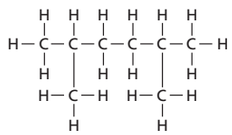
55. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية التالية:

a. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

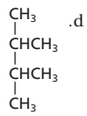
b.



c.



d.



56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

a. هبتان

b. 2– ميثيل هكسان

c. 3،2– ثنائي ميثيل بنتان

d. 2،2–ثنائي ميثيل بروبان

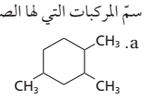
57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

a. 2،1– ثنائي ميثيل بروبان حلقي

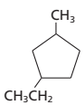
b. 1،1– ثنائي إيثيل–2–ميثيل حلقي بنتان.

58. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:

a.

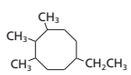


b.



c.

d.



8-3

إتقان المفاهيم

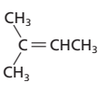
59. فسّر كيف تختلف الألكينات عن الألكانات، وكيف تختلف الألكاينات عن كلٍّ من الألكينات والألكانات؟

60. يُبنى اسم الهيدروكربون على أساس اسم السلسلة الرئيسة. فسِّر كيف تختلف طريقة تحديد السلسلة الرئيسة عند تسمية الألكينات عنها عند تسمية الألكانات؟

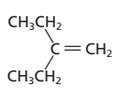
إتقان المسائل

61. سمِّ المركبات المُمَثَّلة بالصيغ البنائية المكثفة الآتية:

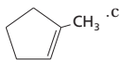
a.



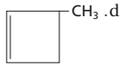
b.



c.



d.



62. اكتب صيغًا بنائية مكثفة للمركبات الآتية:

a. 4،1– ثنائي إيثيل هكسين حلقي

b. 4،2– ثنائي ميثيل–1–أوكتين

c. 2،2–ثنائي ميثيل–3–هكساين

إتقان حل المسائل

61.a 2– ميثيل–2– بيوتين.

b 2–إيثيل–1– بيوتين.

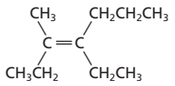
c 1– ميثيل بنتين حلقي.

d 3– ميثيل بيوتين حلقي.

62. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية، أو إلى دليل حلول المسائل ص 86.

تقويم الفصل 8

63. سمِّ المركب المُمَثل بالصيغة البنائية الآتية:



8-4

إتقان المفاهيم

64. فيمَ تتشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟

65. صف الاختلاف بين متشكلات سيس وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

67. الضوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

إتقان حل المسائل

69. عيّن زوج المتشكلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:

a. $CH_3CH_2CCH_2CH_2CH_3$ (CH_3 على الكربون الثاني)

c. $CH_3CH_2CHCH_2CH_3$ (CH_3 على الكربون الثاني)

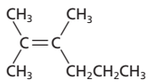
b. $CH_3CH_2CHCH_2CH$ (CH_3 على الكربون الثاني و CH_3 على الكربون الأخير)

d. $CH_3CHCH_2CHCH_3$ (CH_3 على الكربون الثاني و CH_3 على الكربون الرابع)

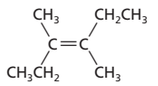
70. اكتب صيغًا بنائية مكثفة لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8.

71. عيّن زوج المتشكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبينًا سبب اختيارك، ثم فسّر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:

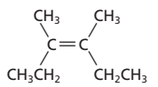
a.



b.



c.



72. اكتب متشكلين سيس وترانس للجزيء المُمَثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:

$CH_3CH=CHCH_2CH_3$

8-5

إتقان المفاهيم

73. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

74. ما المقصود بالمواد المُسَرطِنة؟

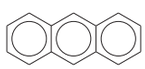
إتقان حل المسائل

75. اكتب الصيغة البنائية لـ 1،2- ثنائي ميثيل بنزين.

76. سمِّ المركبات المُمَثلة بالصيغ البنائية الآتية:

a.

b.



63. 4 – إيثيل–3– ميثيل–3– هبتين.

8 – 4

إتقان المفاهيم

64. للمتشكلات الصيغة الجزيئية نفسها ولكنها تختلف في الصيغ البنائية. قد يكون لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة.

65. تقع أكبر المجموعات في متشكلات سيس على ذرات الكربون في الرابطة الثنائية على الجهة نفسها من الرابطة؛ في حين تقع في متشكلات ترانس على الجهات المتعاكسة.

66. للمادة الكيرالية متشكلان: أحدهما D والآخر L.

67. تهتز موجات الضوء المستقطب في مستوى واحد، أما في الضوء العادي فتهتز في جميع المستويات المحتملة.

68. تسبب دوران الضوء المستقطب.

إتقان حل المسائل

69. قد تشمل إجابات الطلاب أي شكلين ما عدا b و d لأنهما متماثلان (نفس الشكل).

70. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية المكثفة. يجب أن تُظهر إجابات الطلاب الصيغ البنائية المكثفة لكل من بيوتان حلقي، 1 – بيوتين، 2– ميثيل بروبين.

71. b و c متشكلان هندسيان، يمثلان زوج متشكلات سيس/ ترانس. a هو متشكل بنائي لكل من b و c.

72. ارجع إلى الدرس لكتابة المتشكلين. ذرتا الهيدروجين المرتبطتان بذرتي الكربون ثنائيتي الربط تقعان على الجهة نفسها من السلسلة الكربونية في متشكل سيس وعلى جهات متقابلة من السلسلة الكربونية في متشكل ترانس.

8 – 5

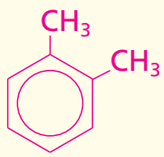
إتقان المفاهيم

73. تحتوي جميعها على بناء حلقي في الجزيء.

74. المواد المسرطنة هي مواد قادرة على التسبب في السرطان.

إتقان حل المسائل

75.



76.a. ميثيل بنزين (تولووين).

b. أنثراسين.

مراجعة عامة

77. لا، هما متشكلان بنائيان.

78. 20 ذرة هيدروجين؛ 18 ذرة هيدروجين.

79. C_nH_{2n}.

80. الهيدروكربونات غير المشبعة لها درجة عالية من النشاط الكيميائي.

81. لا، للبنتان الحلقي (C_5H_{10}) والبنتان (C_5H_{12}) صيغتان جزيئيتان مختلفتان.

82.a. الترقيم صحيح.

b. لا، يجب ترقيمه من الطرف الآخر.

c. الترقيم صحيح.

d. الترقيم صحيح.

83. لا تستطيع التمييز بين المتشكلات من خلال الصيغ الجزيئية.

84. قد تختلف المتشكلات البنائية إلى حد كبير في خصائصها الفيزيائية لأن لها ترتيبات مختلفة كليًّا للهيكل الكربوني. للمتشكلات الفراغية (الهندسية والضوئية) الهيكل الكربوني نفسه ولكن اتجاهاتها مختلفة في الفراغ. وللمتشكلات الهندسية خصائص مختلفة؛ أما المتشكلات الضوئية فتختلف فقط في اتجاه دوران الضوء المستقطب وفي التفاعلات الكيميائية التي تميز بين المتشكلات. لذا للمتشكلات الضوئية خصائص متشابهة أكثر من غيرها من المتشكلات.

85. الأرقام ضرورية لتحديد مواقع الروابط الثنائية والثلاثية.

86. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغة البنائية، أو إلى دليل حلول المسائل ص 89.

التفكير الناقد

87. ارجع إلى الدرس لكتابة الصيغ البنائية.

a. الاسم الصحيح هو 3- ميثيل - 2- بنتين.

b. الاسم صحيح.

c. الاسم الصحيح هو 3، 1- ثنائي ميثيل بنزين.

88. البادئة dextro- "تلفظ ديكسترو" تعني إلى جهة اليمين، واللاحقة rotatory "وتلفظ روتاتوري" تعني يدور. لذا فإن الشكل الطبيعي من الجلوكوز كيرالي يؤدي إلى دوران مستوى الضوء المستقطب إلى اليمين.

89. ارجع إلى الدرس لرسم بناء كيكولي للبنزين. يُظهر الشكل الإلكترونات المتمركزة الموجودة في الروابط الثنائية عوضًا عن الإلكترونات غير المتمركزة الموزعة على الذرات (delocalized).

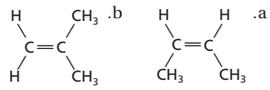
90. الدهون والشحوم مواد غير قطبية مثل الألكانات، أما الماء قطبي. المواد المتشابهة يذوب بعضها في بعض.

91. كلما زاد عدد ذرات الكربون في السلسلة زادت درجة الغليان.

تقويم الفصل 8

مراجعة عامة

77. هل تمثّل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسّر إجابتك.



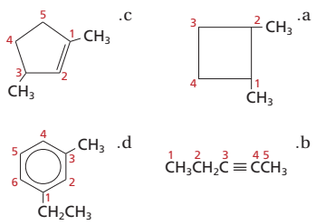
78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

79. إذا كانت الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}، فحدد الصيغة العامة للألكانات الحلقية.

80. الصناعة لماذا تُعدّ الهيدروكربونات غير المشبعة بوصفها مواد أولية أكثرَ فائدة في الصناعة الكيميائية من الهيدروكربونات المشبعة؟

81. هل يُعد البنتان الحلقي متشكلًا للبنتان؟ فسّر إجابتك.

82. حدّد ما إذا كان كل من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعد كتابتها بالترقيم الصحيح:



83. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل C_5H_{12}؟

84. أيهما تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكلات البنائية أم زوج من المتشكلات الفراغية؟ فسّر استنتاجك.

85. فسّر لماذا نحتاج إلى الأرقام في أسماء أيوباك للعديد من الألكينات والألكاينات المستقيمة، في حين أننا لسنا بحاجة إلى كتابتها في أسماء الألكانات المستقيمة.

86. يُسمّى المركّب المحتوي على رابطتين ثنائيتين بالداين، والصيغة البنائية المكثفة أدناه تمثل المركب 4،1-بنتاداين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركب 3،1- بنتاداين.

$$H_2C = CH - CH_2 - CH = CH_2$$

التفكير الناقد

87. حدِّد اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

a. 2-إيثيل-2- بيوتين

b. 4،1- ثنائي ميثيل هكسين حلقي

c. 5،1- ثنائي ميثيل بنزين

88. استنتج يطلق الديكستروز dextrose؛ في بعض الأحيان على سكر الجلوكوز؛ لأن محلول الجلوكوز عُرف بأنه dextrorotatory. حلّل هذه الكلمة، وحدد ما تعنيه.

89. تفسير **التصورات العلمية** ارسم بناء كيكولي للبنزين، وفسّر لماذا لا يمثّل الصيغة البنائية الفعلية؟

90. **السبب والنتيجة** فسّر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

91. فسّر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجة غليان الألكانات.

مسألة تحفيز

92. **ذرات الكربون الكيرالية** يحتوي الكثير من المركبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكل ذرة كربون كيرالية في المركب زوج من المتشكلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكلات المحتمَلة للمركب مساوٍ لـ 2^n، حيث تشير n إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتب الصيغ البنائية للمركبات أدناه، وحدّد عدد المتشكلات الفراغية الممكنة لكل منها.

a. 3،5–ثنائي ميثيل نونان

b. 3،7–ثنائي ميثيل–5–إيثيل ديكان.

مراجعة تراكمية

93. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني $[Ar]3d^6 4s^2$ الأقلّ طاقة؟

94. ما شحنة الأيون المتكوّن من المجموعات الآتية؟

a. الفلزات القلوية.

b. الفلزات القلوية الأرضية.

c. الهالوجينات.

95. اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات الاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثاين المنتجة للماء وثاني أكسيد الكربون.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

96. الجازولين كان المركب "رباعي إيثيل الرصاص" لسنوات كثيرة، مكونًا أساسيًّا في الجازولين لمنع الفرقعة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يتخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

97. العطور يتكون المِسك المستعمل في العطور من الكثير من المركبات التي تشمل ألكانات حلقية كبيرة. ابحث عن مصادر مركبات المِسك الطبيعي والصناعي في هذه المنتجات، واكتب تقريرًا موجزًا حولها.

أسئلة المستندات

الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات

الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons وهي مركبات طبيعية، ولكن قد يزيد النشاط الإنساني من تركيزها في البيئة. ولدراسة مركبات PAH جُمعت عينات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوى مشعة لمعرفة متى ترسّب كل مكوّن رئيس فيها.

الشكل 29–2 يبين تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) التي عُثِر عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك.

البيانات مأخوذة من:

2005. Environmental science technology 39 (18): 7012 – 7019

الشكل 29–2

98. قارن بين معدلات تراكيز PAH قبل 1905م وبعد 1925م.

99. تنتج بعض النباتات والحيوانات مركبات PAH بكميات قليلة، ولكن معظمها يأتي من النشاطات البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استنتج السبب وراء الانخفاض النسبي في مستويات PAH في العقد الأخير من القرن التاسع عشر وبدايات العقد الأول من القرن العشرين.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

96. يجب أن تشمل إجابات الطلاب رسم الصيغة البنائية لرباعي إيثيل الرصاص $Pb(CH_2CH_3)_4$، ونقاشًا حول بداية استخدامه، وأخطاره الصحية، وقائمة ببعض دول العالم التي لا تزال تقوم بإضافته إلى البنزين.

97. المصدر الطبيعي للمسك المستخدم في العطور هو مسك ذكر الغزال. المركب العطري الرئيس هو 3– ميثيل بنتاديكانون الحلقي، الذي يتم تحضيره في صناعات العطور والكولونيا.

أسئلة المستندات

البيانات مأخوذة من:

Smith, M. 2004. Science 39: 1021 – 1034

98. المتوسط 3 تقريبًا قبل 1905م ؛ و 13 تقريبًا بعد 1925م.

99. الوقود الرئيس الذي استخدمه البشر في هذا الوقت هو الخشب. بدأت مستويات PAH في التزايد عندما حلّ الوقود الأحفوري محل الخشب بوصفه مصدرًا للوقود.

مسألة تحفيز

92. ارجع إلى الدرس لرسم الأشكال.

a. عدد ذرات الكربون الكيرالية هو: $2^n = 2^2 = 4$

b. عدد ذرات الكربون الكيرالية هو: $2^n = 2^3 = 8$

مراجعة

93. حديد

94.a. 1+

b. 2+

c. 1–

95. إيثان: $2C_2H_6 + 7O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

إيثين: $C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

إيثاين: $2C_2H_2 + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$

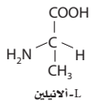
أسئلة الاختيار من متعدد

1. c
2. d
3. a
4. b
5. d
6. a

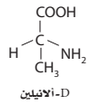
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



L-الانيلين



D-الانيلين

توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريبًا على هيئة (L). فأي المصطلحات الآتية يصف بدقة L–أنيلين و D–أنيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

a. متشكلات بنائية
b. متشكلات هندسية
c. متشكلات ضوئية
d. متشكلات فراغية

2. أيّ مما يأتي لا يؤثر في سرعة التفاعل؟

a. العوامل المساعدة
b. مساحة سطح المتفاعلات
c. تركيز المتفاعلات
d. نشاط النواتج الكيميائي

3. ما مولالية محلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي الكلوروبنزين $C_6H_4Cl_2$ المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي (C_6H_{12}) ؟

a. 0.17 mol /kg
b. 0.00017 mol /kg
c. 0.025 mol /kg
d. 0.014 mol /kg

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 4 إلى 6.

بيانات عن هيدروكربونات متعددة

الاسم	عدد ذرات C	عدد ذرات H	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
هبتان	7	16	–90.6	98.5
1– هبتين	7	14	–119.7	93.6
1– هبتاين	7	12	–81	99.7
أوكتان	8	18	–56.8	125.6
1– أوكتين	8	16	–101.7	121.2
1– أوكتاين	8	14	–79.3	126.3

4. ما نوع الهيدروكربون الذي يتحول إلى غاز عند أقل درجة حرارة بناءً على المعلومات في الجدول السابق؟

a. ألكان
b. ألكين
c. ألكاين
d. أروماتي

5. إذا رَمَزَ n إلى عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاين المحتوي على رابطة ثلاثية واحدة؟

a. C_nH_{n+2}
b. C_nH_{2n+2}
c. C_nH_{2n}
d. C_nH_{2n-2}

6. نتوقع اعتمادًا على الجدول السابق أن تكون درجة انصهار النونان:

a. أعلى ممّا للأوكتان.
b. أقل ممّا للهبتان.
c. أعلى ممّا للديكان.
d. أقل ممّا للهكسان.

اختبار مقنن

7. عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 20 °C، يذوب 1.72 g CO_2 في 1L ماء. فما كمية CO_2 الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى 1.35 atm مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

a. 2.32 g/L
b. 1.27 g/L
c. 0.785 g/L
d. 0.431 g/L

8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

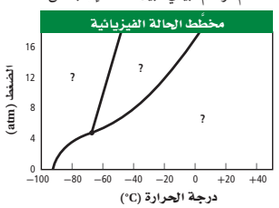
a. ترتفع درجة حرارة النظام.
b. يمتص النظام الطاقة.
c. يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.
d. يدخل السائل في طور الغاز.

9. ما اسم المركب ذي الصيغة الهيكلية المبينة أعلاه؟

a. 2، 2، 3 – ثلاثي ميثيل – 3 – إيثيل بنتان
b. 3 – إيثيل – 3، 4، 4–ثلاثي ميثيل بنتان
c. 2 – بيوتيل – 2 – إيثيل بيوتان.
d. 3 – إيثيل – 2، 2، 3 – ثلاثي ميثيل بنتان.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الرسم البياني المبين أدناه للإجابة عن الأسئلة 12–10.



10. ما حالة المادة الواقعة عند درجة حرارة 80 °C – وضغط 10 atm؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة عند نقطتها الثلاثية؟

12. صف التغيرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من 8 atm إلى 16 atm، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند (0 °C).

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. إذا احترق 5.00 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20.0°C وضغط مقداره 80.1Kpa مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلك؟ افترض أن كلًّا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

7. a

8. a

9. d

أسئلة الإجابات القصيرة

10. صلب

11. درجة حرارة 65° C– وضغط 4.8 atm تقريبًا.

12. تتغير المادة من غاز إلى سائل كلما زاد الضغط؛ عندما تصبح الجسيمات أكثر تراصًّا تفقد طاقتها الحركية، وتصبح أكثر ترتيبًا وقربًا بعضها إلى بعض.

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. 2.63 g

(أ)

ألكان Alkane هيدروكربون يحتوي روابط مفردة بين الذرات.

ألكان حلقي Cycloalkane هيدروكربون حلقي يحتوي على روابط تساهمية مفردة فقط، ويتكون من حلقات فيها ثلاثة ذرات كربون أو أكثر.

ألكاين Alkyne مركب هيدروكربوني غير مشبع كالإيثاين (C_2H_2) يحتوي على رابطة ثلاثية أو أكثر .

ألكين Alkene هيدروكربون غير مشبع كالإيثين (C_2H_4) يحتوي رابطة تساهمية ثنائية أو أكثر .

الانتشار Diffusion انتقال مادة من خلال أخرى من منطقة ذات تركيز مرتفع إلى منطقة ذات تركيز منخفض.

أيون متعدد الذرات Polyatomic Ion أيون يتكون من ذرتين أو أكثر له شحنة.

(ب)

بارومتر Barometer جهاز قياس الضغط الجوي.

باسكال Pascal وحدة دولية تستخدم لقياس الضغط.

البخار Vapor الحالة الغازية للمادة التي تكون صلبة أو سائلة عند درجة حرارة الغرفة.

(ت)

تآصل(متآصل) Allotrope وجود شكل أو أكثر للعنصر بتراكيب وخصائص مختلفة بالحالة الفيزيائية نفسها: الصلبة أوالسائلة أوالغازية.

التبخر Vaporization التحول إلى بخار عند درجة حرارة الغرفة.

التبخر السطحي Evaporation عملية تحول السائل إلى بخار عند سطح السائل فقط.

الترسب Deposition عملية تحول المادة من غاز إلى صلب دون المرور بالحالة السائلة، وتنطلق الطاقة في أثناء ذلك.

التسامي Sublimation عملية تحول المادة الصلبة إلى غاز دون المرور بالحالة السائلة.

التصادم المرن Elastic Collision تصادمات لاتفقد من خلالها الطاقة الحركية بل تنتقل من جسيم لآخر ولكن يبقى متوسط الطاقة الحركية ثابتًا.

تغير الحالة الفيزيائية Phase Change تحول المادة من حالة إلى أخرى.

التقطير التجزيئي Fractional Distillation عملية فصل مكونات البترول إلى مكونات أبسط منها من خلال تكثفها عند درجات حرارة مختلفة.

التكاثف Condensation عملية تحول البخار إلى سائل، وتنطلق في أثناء ذلك الطاقة.

(ث)

ثابت الغاز المثالي (R Ideal Gas Constant) ثابت يحدد تجريبيًا وتعتمد قيمته على وحدات ضغط الغاز.

(ح)

حالات المادة States of Matter الأشكال الفيزيائية التي توجد عليها جميع المواد بشكل طبيعي على الأرض: صلب، سائل، غاز ، بلازما.

الحسابات الكيميائية Stoichiometry دراسة العلاقات الكمية بين كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعلات الكيميائية وذلك إعتمادا على قانون حفظ الكتلة.

(د)

درجة الانصهار Melting Point الدرجة التي تتكسر عندها القوى التي تربط بين البلورات في الشبكة البلورية للمادة الصلبة البلورية فتتحول من الصلب إلى سائل.

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.

الدهون Lipids جزيئات حيوية غير قطبية كبيرة جدًا، تختلف في تركيبها، تخزن الطاقة في المخلوقات الحية ، وتدخل في معظم تركيب غشاء الخلية.

الدوران الضوئي Optical Rotation ما يحدث عند مرور ضوء مستقطب في محلول يحتوي مصاوغات بصرية؛ إذ ينحرف اتجاه الضوء المستقطب نحو اليمين من خلال المصاوغ (D) أو نحو اليسار من خلال المصاوغ (L).

(ذ)

ذرة كربون غير متماثلة Asymmetric Carbon ذرة كربون متصلة بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة في المركبات الكيرالية.

(ر)

رابطة تساهمية Covalent Bond الرابطة الناتجة عن المشاركة بإلكترونات التكافؤ.

رابطة هيدروجينية Hydrogen Bond رابطة قوية تنشأ بين الجزيئات التي تحتوي ذرات الهيدروجين متحدة مع ذرات ذات كهروسالبة عالية مثل الفلور والأكسجين والنيتروجين.

(س)

السائل Liquid حالة من حالات المادة قادر على التدفق، وحجمه ثابت، ويغير شكله حسب شكل الوعاء الموضوع فيه.

سبيكة Alloy خليط من العناصر له خصائص فلزية ويتكون في الغالب عندما تكون ذرات العناصر متماثلة في الحجم أو عندما تكون ذرات أحد العناصر صغيرة مقارنةً بذرات العناصر الأخرى.

السلسلة الأم أو الرئيسة Parent Chain أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون في الألكانات والألكينات والألكاينات المتفرعة.

سلسلة متماثلة Homologous Series مجموعة من المركبات تختلف عن بعضها بتكرار عدد وحدات البناء.

(ش)

شبكة بلورية Crystal Lattice مجسم ثلاثي الأبعاد يبين ترتيب الجسيمات، وكل أيون موجب فيه يحاط بعدد من الأيونات السالبة، وكل أيون سالب يحاط بعدد من الأيونات الموجبة ويعتمد شكل البلورة على حجم الأيونات وعددها.

(ص)

صلب Solid حالة من حالات المادة بحيث تكون لها شكل وحجم ثابتان وغير قابلة للانضغاط، وتتمدد قليلا عند تسخينها.

صلب غير متبلور Amorphous Solid مادة صلبة، الجسيمات فيها غير مرتبة بنمط معين، تتكون أحيانًا عندما تبرد المادة الذائبة بسرعة لتكوين بلورات.

الصيغة البنائية Structural Formula نموذج بنائي يستعمل الرموز والروابط لبيان الأماكن النسبية للذرات، ويمكن توقعها للكثير من الجزيئات من خلال رسم أشكال لويس لها.

(ض)

ضغط البخار Vapor Pressure الضغط الناشيء عن البخار فوق سطح السائل.

(ط)

طاقة البلورة Lattice Energy الطاقة اللازمة لفصل أيونات مول واحد من مركب أيوني وتتناسب طرديًّا مع حجم الأيونات وشحنتها.

(ع)

عامل التحويل Conversion Factor نسبة كميات متكافئة تستخدم للتعبير عن الكمية نفسها بوحدات مختلفة.

عامل خافض للتوتر السطحي Surfactant مركب، كالصابون، يعمل على تقليل التوتر السطحي للسائل بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء.

(ق)

قانون جاي- لوساك Gay-Lussac's Law ينص على أن حجم كمية معينة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط.

قانون بويل Boyle's Law يتناسب حجم كمية محددة من الغاز عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

قانون جراهام لانتشار الغازات Graham's Law Of Effusion ينص على أن معدل سرعة انتشار جزيئات الغار يتناسب عكسًّيا مع الجذر التربيعي لكتلة الغاز المولية.

قانون حفظ الطاقة Law Of Conservation Of Energy ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل إلى آخر.

قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law قانون يصف السلوك الطبيعي للغاز المثالي إعتمادًا على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته وعدد مولاته.

قانون شارل Charles's Law يتناسب حجم كتلة محددة من الغاز طرديًّا مع درجة حرارته بمقياس كلفن عند ثبوت الضغط.

قوى التشتت Dispersion Forces قوى التجاذب أو الترابط الضعيفة الناتجة عن التغير في كثافة الإلكترونات في الغيمة الإلكترونية.

قوى ثنائية القطبية Dipole-Dipole Forces قوة التجاذب بين مناطق مختلفة الشحنة في الجزيئات القطبية.

قوة التوتر السطحي Surface Tension قوة اللازمة لتوسيع مساحة سطح السائل بمقدار محدد، وتنتج عن توزيع غير متساو لقوى التجاذب.

(ك)

الكيرالية Chirality خاصية المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة.

(ل)

اللزوجة Viscosity قياس مقاومة السائل للجريان، والتي تتأثر بأحجام وأشكال الجسيمات ، وتزداد بانخفاض درجة الحرارة، وزيادة القوى بين الجزيئية للسائل.

(م)

المادة النقية Substance المادة التي لها تركيب ثابت.

مادة متفاعلة فائضة Excess Reactant المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

مادة صلبة بلورية Crystalline Solid مادة صلبة تترتب ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها في شكل هندسي ثلاثي الأبعاد.

المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant المادة المتفاعلة التي تستهلك تمامًا خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle الحجوم المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي العدد نفسه من الجسيمات.

المتشكلات Isomers مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها ولكنهما يختلفان في صيغتهما البنائية.

المتشكلات الضوئية Optical Isomers متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها ولها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها الاّ أنّ تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية.

المتشكلات البنائية Structural Isomers متشكلات تترتب فيها الذرات بتسلسلات مختلفة، مما يؤدي إلى اختلاف مركباتها في الخصائص الكيميائية والفيزيائية، رغم امتلاكها الصيغة الجزيئية نفسها.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers نوع من المتشكلات لها التركيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ.

المتشكل الهندسي Geometric Isomers نوع من المتشكلات الناتجة عن ترتيب المجموعات أو الذرات في الفراغ حول الرابطة التساهمية الثنائية في المركب.

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 قياس كمية ناتج التفاعل عمليًا.

المردود النظري Theoretical Yield القيمة القصوى لنواتج التفاعل.

مركبات أروماتية (عطرية) Aromatic Compounds مركبات عضوية تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

المركبات الأليفاتية Aliphatic Compounds مركب هيدروكربوني غير أروماتي كالألكان والألكين والألكاين.

مركبات عضوية Organic Compounds جميع المركبات التي تحتوي الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات فهي غير عضوية.

(ن)

نسبة المردود المئوية Percent Yield النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والناتج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

نظرية الحركة الجزيئية Kinetic-Molecular Theory تصف سلوك الغازات بوضع عدة افتراضات حول حجم وحركة وطاقة الجسيمات.

النقطة الثلاثية Triple Point نقطة على مخطط الحالة الفيزيائية تمثل الضغط ودرجة الحرارة التي توجد عندها المادة في الحالات الثلاث معًا وفي الوقت نفسه.

(هـ)

هاليد الألكان Alkyl Halide مركب عضوي يحتوي ذرة هالوجين مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية.

الهيدروكربون Hydrocarbon أبسط المركبات العضوية، ويتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.

الهيدروكربونات الحلقية Cyclic Hydrocarbon مركب هيدروكربوني يحتوي على حلقة هيدروكربونية.

هيدروكربون غير مشبع Unsaturated Hydrocarbon مركب هيدروكربوني يحتوي على الأقل رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية بين ذرات الكربون.

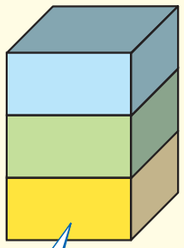
هيدروكربون مشبع Saturated Hydrocarbon هيدروكربون يحتوي روابط تساهمية أحادية فقط.

(و)

وحدة البناء Unit Cell أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية.

وحدة الصيغة Formula Unit أبسط نسبة تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزًّا أو شبه فلز أو لافلز.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)
Darmstadtium 110 Ds (281)	Unununium * 111 Uuu (272)	Ununbium * 112 Uub (285)		Ununquadium * 114 Uuq (289)		** 116		** 118

* أسماء رموز العناصر 111 إلى 114 مؤقتة، وسيتم اختيار أسماء نهائية لها عند التأكد من اكتشافها.

** كان يظن أن العنصرين 116و 118 قد تم تكوينهما، ولكن تم التراجع عن ذلك؛ لأنه لم يمكن إعادة التجارب المتعلقة بهما.

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