الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

عام المجتمع
YEAR OF COMMUNITY

نحن الإمارات
WE THE UAE
2031

2025-2026

الكيمياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة



الصف
11-12
متقدّم

Mc Graw Hill

McGraw-Hill Education

الكيمياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للصف 11-12 المتقدّم

مجلد 2





Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Chemistry Grade 11-12 Advanced Vol 2
FM. Front Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
1. Redox Reactions, Chapter 19, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
2. Electrochemistry, Chapter 20, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
3. Hydrocarbons, Chapter 21, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
4. Substituted Hydrocarbons and Their Reactions, Chapter 22, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
EM. End Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

mheducation.com/prek-12

جميع الحقوق محفوظة © للعام 2025 لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو توزيعه في أي صورة أو بأي وسيلة كانت أو تخزينه في قاعدة بيانات أو نظام استرداد من دون موافقة خطية مسبقة من McGraw-Hill Education، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التخزين على الشبكة أو الإرسال عبرها أو البث لأغراض التعليم عن بُعد.

الحقوق الحصرية للتصنيع والتصدير عائدة لمؤسسة McGraw-Hill Education. لا يمكن إعادة تصدير هذا الكتاب من البلد الذي باعته له McGraw-Hill Education. هذه النسخة الإقليمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

طُبع في دولة الإمارات العربية المتحدة.

رقم النشر الدولي: 978-1-39-896293-4 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-896293-7 (نسخة -الطالب)

النسخة الإلكترونية

رقم النشر الدولي: 978-1-39-896374-0 (نسخة الطالب)
MHID: 1-39-896374-7 (نسخة الطالب)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 XXX 22 21 20 19 18 17

مُلخص المحتويات

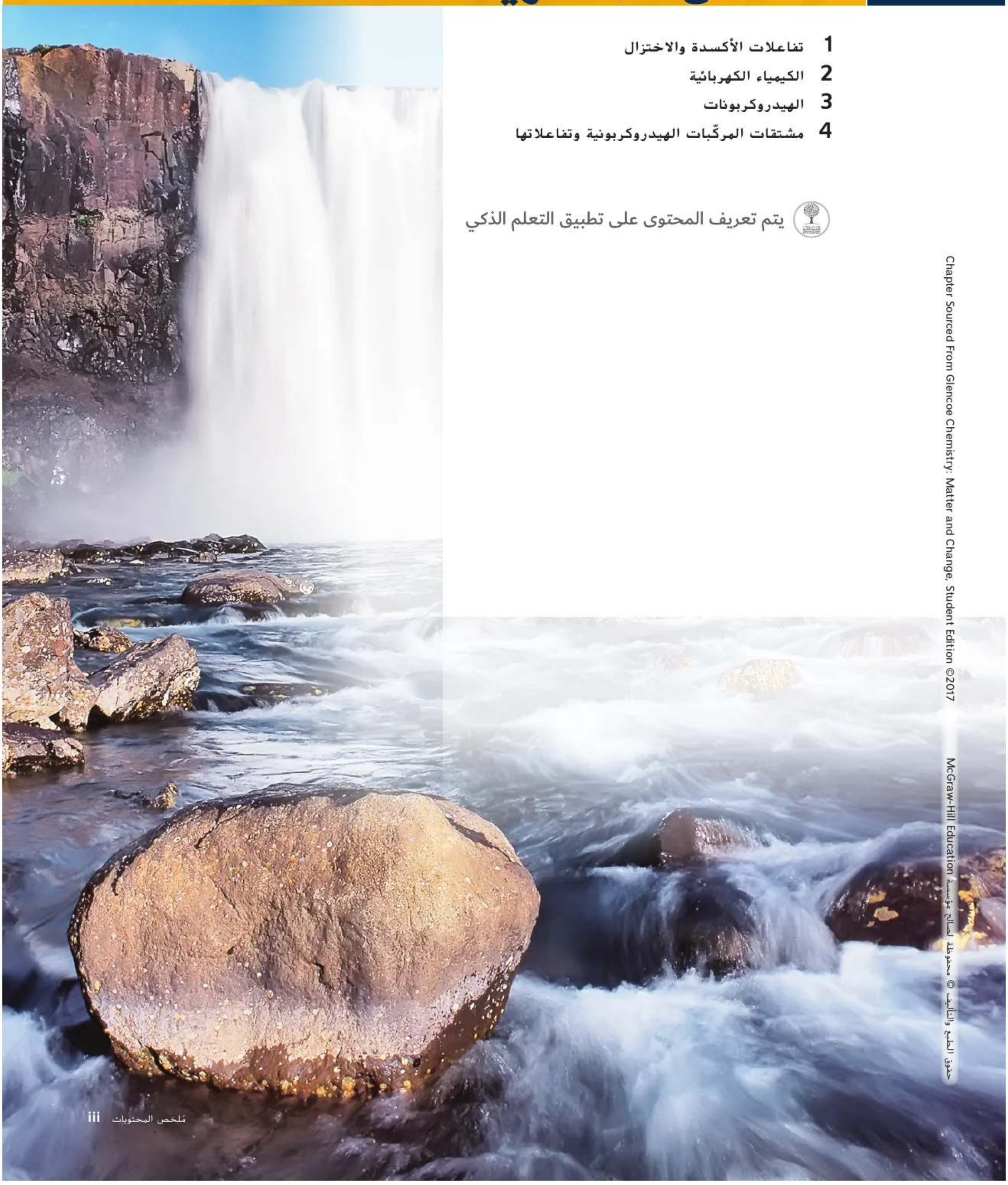
1 تفاعلات الأكسدة والاختزال

2 الكيمياء الكهربائية

3 الهيدروكربونات

4 مشتقات المركّبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها

يتم تعريف المحتوى على تطبيق التعلم الذكي



Chapter Sourced From Glencoe Chemistry: Matter and Change, Student Edition ©2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول المحتويات

الوحدة 1

تفاعلات الأكسدة والاختزال 2

التجربة الاستهلالية ماذا يحدث عند تفاعل الحديد مع كبريتات النحاس (II)؟ 2

القسم 1 الأكسدة والاختزال 4

تجربة مصغرة ملاحظة أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال 17

القسم 2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال 23

مختبر تحليل البيانات تحليل واستنتاج 25

الكيمياء و المهن محقق جنائي 31

مختبر الكيمياء **التحقيقات الجنائية:** التعرف على عربة النقل المتهالكة 32

الوحدة 2

الكيمياء الكهربائية 30

التجربة الاستهلالية كيف تصنع بطارية من ليمونة؟ 30

القسم 1 الخلايا الفولتية 32

القسم 2 البطاريات 42

مختبر تحليل البيانات تفسير الرسوم البيانية 48

تجربة مصغرة ملاحظة التآكل 50

القسم 3 التحليل الكهربائي 52

كيف تعمل؟ منظم ضربات القلب: مساعدة قلب مريض 57

مختبر الكيمياء **مقياس صغير:** قياس جهد الخلية الفولتية 58



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

الهيدروكربونات 66

التجربة الاستهلالية كيف يمكنك أن تصنع نموذجًا للهيدروكربونات البسيطة؟ 66

القسم 1 مقدمة إلى الهيدروكربونات 68

القسم 2 الألكانات 74

القسم 3 الألكينات والألكاينات 83

تجربة مصغرّة تصنيع وملاحظة الإيثاين 87

القسم 4 أيزومرات الهيدروكربونات 89

مختبر تحليل البيانات تفسير البيانات 92

القسم 5 الهيدروكربونات الأروماتية 94

كيف تعمل؟ من مخلفات الحيونات إلى طاقة: كيف يعمل جهاز هضم الميثان 99

مختبر الكيمياء **الأدلة الجنائية:** تحليل الغازات الهيدروكربونية المستخدمة في موقد بنزن 100

الوحدة 4

مشتقات المركّبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها 108

التجربة الاستهلالية كيف تصنع الصلصال المرن؟ 108

القسم 1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل 110

القسم 2 الكحولات والإيثرات والأمينات 116

القسم 3 مركبات الكربونيل 120

تجربة مصغرّة صنع إستر 124

القسم 4 تفاعلات أخرى للمركّبات العضوية 128

مختبر تحليل البيانات تفسير البيانات 131

القسم 5 البوليمرات 135

الكيمياء في الحياة اليومية الثوم: السعادة والألم 141

مختبر الكيمياء **مقياس صغير:** ملاحظة خصائص الكحولات 142



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1

تفاعلات الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** تعتبر تفاعلات الأكسدة والاختزال من بين أكثر العمليات الكيميائية شيوعًا في كل من الطبيعة والصناعة-وهي تتضمن انتقال للإلكترونات.

الأقسام

1 الأكسدة والاختزال

2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

التجربة الاستهلالية

ماذا يحدث عند تفاعل الحديد مع كبريتات النحاس (II)؟

ينتج الصدأ عن التفاعل بين الحديد والأكسجين. يمكن للحديد التفاعل مع مواد أخرى غير الأكسجين. في هذه التجربة، ستدرس التفاعل بين الحديد وكبريتات النحاس (II)

المطويات® منظم الدراسة

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

قم بعمل مطوية. قم بتسميتها كما هو موضح في الشكل. قم بإستخدامها لتلخيص الطرق المختلفة المستخدمة في وزن معادلات الأكسدة والاختزال.





Chapter Sourced From Glencoe Chemistry: Matter and Change, Student Edition © 2017 McGraw-Hill Education
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



تفاعل الأكسدة والاختزال في أنبوب الضوء (عصا التوهج) ينتج عنه ضوء بدون حرارة. من تفاعلات الأكسدة والاختزال الأخرى الشائعة التي ينتج عنها الضوء مثل الكائنات البحرية التي تعيش في الأعماق واليراعات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** يعتبر تفاعلا الأكسدة والاختزال تفاعلين متكاملين، حيث تتأكسد مادة وتختزل مادة أخرى.

الأسئلة الرئيسة

- ما الأكسدة والاختزال؟
- كيف يمكن تحديد عوامل الأكسدة والاختزال؟
- كيف يتم تحديد عدد التأكسد لعنصر ما في مركب؟

مراجعة المفردات

الأيون المتفرج *spectator ion*: الأيون الذي لا يشارك في التفاعل ولا يظهر عادةً في المعادلة الأيونية

المفردات الجديدة

تفاعل الأكسدة والاختزال	*oxidation reduction reaction*
الأكسدة	*oxidation*
الاختزال	*reduction*
عدد التأكسد	*oxidation number*
عامل مؤكسد	*oxidizing agent*
عامل مختزل	*reducing agent*

الكيمياء في حياتك

الضوء الناتج من عصي الإحتفالات هو نتيجة لتفاعل كيميائي. عندما تكسر الكبسولة الزجاجية داخل الأنبوب البلاستيكي تتفاعل مادتين كيميائيتين ويحدث انتقال للإلكترونات. ونتيجة لهذا التفاعل فإن الطاقة الكيميائية تتحول إلى طاقة ضوئية.

انتقال الإلكترون وتفاعل الأكسدة والاختزال

كما تعلمت سابقاً أن التفاعل الكيميائي يمكن تصنيفه كأحد الأنواع الخمسة_الاتحاد أو التفكك أو الاحتراق أو استبدال أحادي أو استبدال ثنائي. السمة المميزة للاحتراق وتفاعلات الاستبدال الأحادي أنهما يشتركا في انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى كما يحدث في الكثير من تفاعلات الاتحاد والتفكك. مثال لذلك، تفاعل الاتحاد بين الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) لتكوين مركب كلوريد الصوديوم الأيوني (NaCl). حيث ينتقل إلكترونان من ذرتي الصوديوم إلى جزيء Cl_2 ويتكون أيونين من Cl^-.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

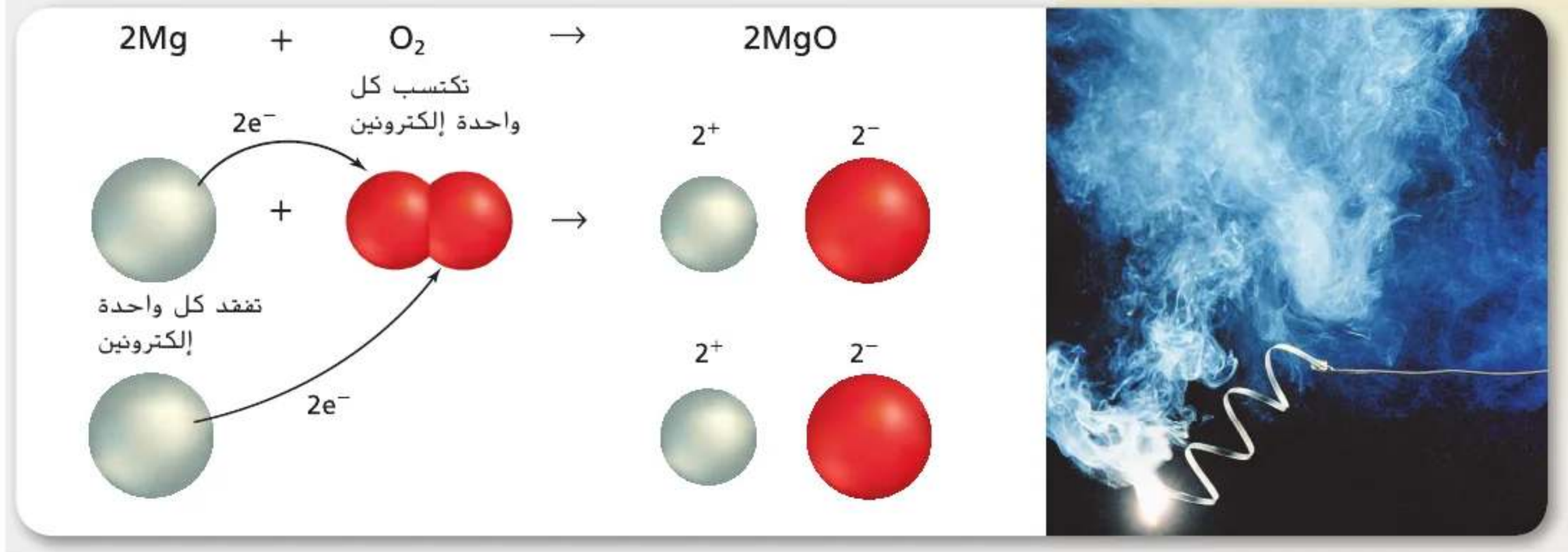
المعادلة الكيميائية الأيونية الصرفة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$

مثال لتفاعل الاحتراق هو احتراق المغنيسيوم في الهواء والذي يتضمن انتقال للإلكترونات.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2Mg^{2+} + 2O^{2-}$

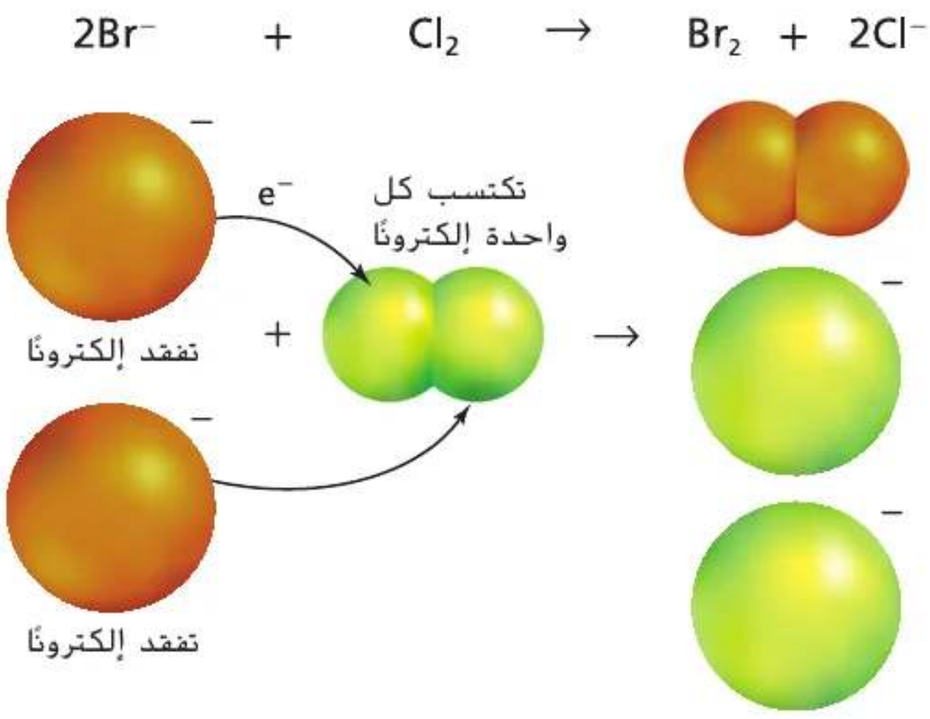
عندما يتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين كما هو موضح في الشكل **1**، فإن كل ذرة مغنيسيوم تمنح إلكترونين لكل ذرة أكسجين. ذرتا المغنيسيوم يصبحا أيوني مغنيسيوم (Mg^{2+})، وذرتا الأكسجين تصبح أيوني أكسيد (O^{2-}). يسمى التفاعل الذي فيه تنتقل الإلكترونات من مادة إلى أخرى **تفاعل أكسدة واختزال.**



■ **الشكل 1** يتضمن تفاعل المغنيسيوم والأكسجين انتقال للإلكترونات من المغنيسيوم إلى الأكسجين. وبناءً عليه، فإن هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة واختزال.

صنف *التفاعل بين المغنيسيوم والأكسجين.*

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 2** التفاعل بين أيونات البروميد وغاز الكلور تفاعل أكسدة واختزال. هنا، يتم انتقال الإلكترونات من أيونات البروميد إلى الكلور.

تأمل تفاعل الاستبدال الأحادي حيث يتفاعل فيه الكلور مع أيونات البروميد الناتجة من محلول مائي لبروميد البوتاسيوم الموضح في **الشكل 2.**

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Br^-(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow Br_2(aq) + 2Cl^-(aq)$

علمًا بأن الكلور يستقبل الإلكترونات من أيونات البروميد ليصبح أيونات الكلوريد. عندما يفقد أيونا البروميد الإلكترونات ترتبط ذرتا البروم وتشكل رابطة تساهمية مع بعضها لتكوين جزيء Br_2.

الأكسدة والاختزال في الأصل، تشير كلمة الأكسدة إلى التفاعلات التي تتحد فيها المادة مع الأكسجين. حالياً، **الأكسدة** تُعرف بأنها فقد للإلكترونات من قِبَل المادة المتفاعلة. انظر مرة أخرى إلى المعادلة الأيونية الصرفة لتفاعل الصوديوم والكلور. تأكسد الصوديوم لأنه فقد إلكترون.

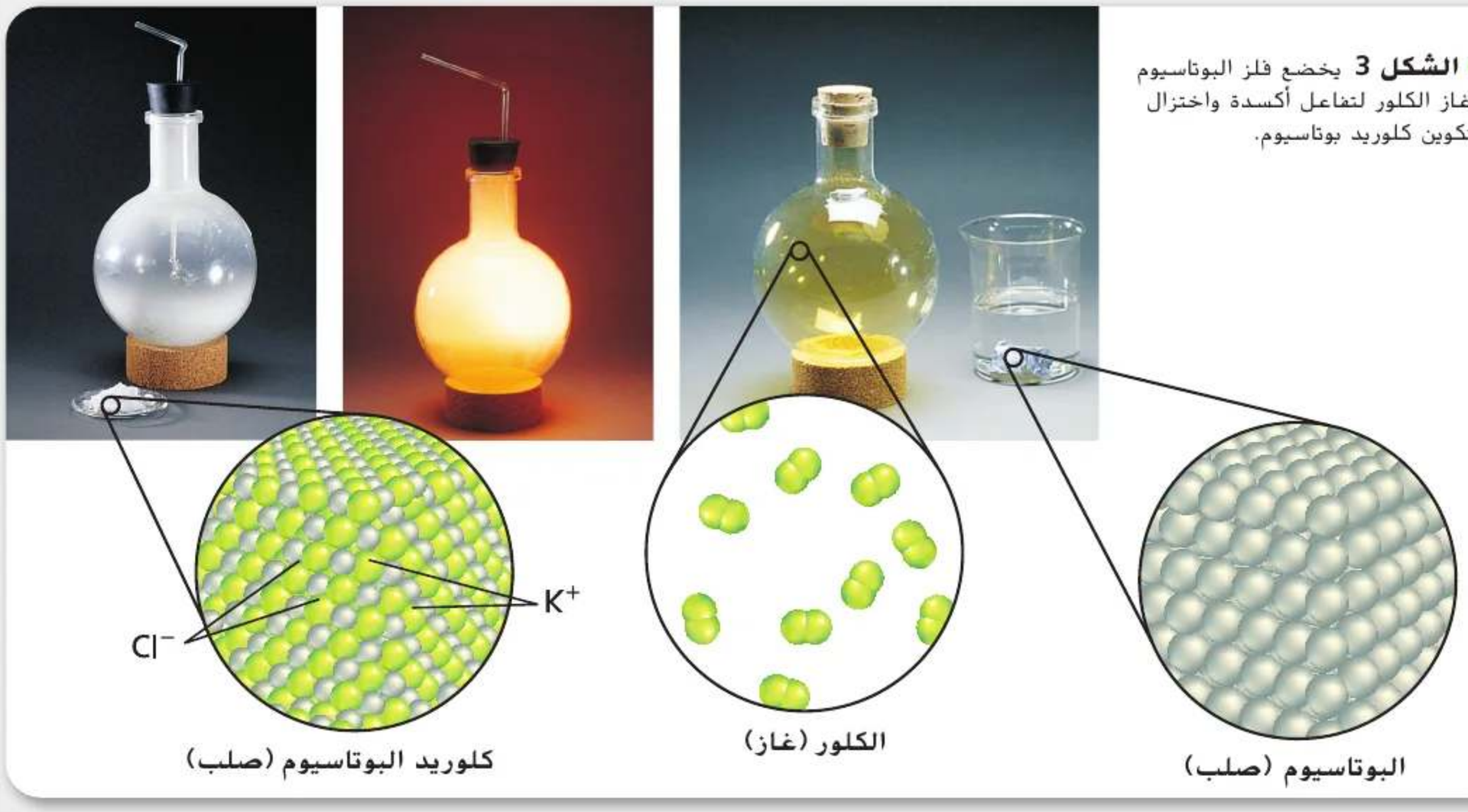
الأكسدة: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

لكي تحدث الأكسدة، فإنه يجب أن تُكتسب الإلكترونات المفقودة من المادة التي تأكسدت من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى. وبمعنى آخر، يجب أن يكون هناك عملية مصاحبة تتضمن اكتساب الإلكترونات. **الاختزال** هو اكتساب للإلكترونات من قبل المادة المتفاعلة. بتتبع مثال كلوريد الصوديوم فإن تفاعل الاختزال الذي يُصاحب أكسدة الصوديوم هو اختزال الكلور.

الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

الأكسدة والاختزال هما عمليتان مترافقتان: الأكسدة لا يمكن أن تحدث ما لم يحدث الاختزال أيضاً. من المهم أن تفرق وتميز بين الأكسدة والاختزال.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 3** يخضع فلز البوتاسيوم وغاز الكلور لتفاعل أكسدة واختزال لتكوين كلوريد بوتاسيوم.

أعداد التأكسد يسمى الرقم المحدد لذرة أو لأيون ليوضح درجتها من الأكسدة أو الاختزال **عدد التأكسد.** على سبيل المثال، يرتبط عدد التأكسد لعنصر في المركب الأيوني بعدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة من ذرة العنصر عندما تصبح أيون. تفاعل فلز البوتاسيوم مع غاز الكلور، كما هو مبين في **الشكل 3**، هو تفاعل أكسدة واختزال. معادلة التفاعل تكون كالتالي.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2K^+(s) + 2Cl^-(s)$

يقع البوتاسيوم في المجموعة 1 التي تميل إلى فقدان إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية المنخفضة فيكون عدد تأكسده 1+ في KCl. من ناحية أخرى، الكلور يقع في المجموعة 17 الذي تميل ذراتها لاكتساب إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية العالية فيكون عدد تأكسده 1− في KCl. في شروط الأكسدة والاختزال، يمكنك القول بأن ذرات البوتاسيوم تأكسدت من 0 إلى الحالة 1+ لأن كل ذرة تفقد إلكترون واحد وذرات الكلور اختزلت من 0 إلى الحالة 1− لأن كل ذرة تكتسب إلكترون واحد. عندما تُختزل ذرة أو أيون، فإنه تنخفض القيمة الرقمية لعدد التأكسد. وعلى العكس من ذلك، عندما تتأكسد ذرة أو أيون فإنه يزداد عدد التأكسد.

أعداد التأكسد هي أدوات يستخدمها العلماء في كتابة المعادلات الكيميائية لمساعدتهم على تتبع مسار حركة الإلكترونات في تفاعل الأكسدة والاختزال. مثل بعض الأدوات الأخرى التي عرفتها، أعداد التأكسد تكتب بطريقة محددة بحيث توضع الإشارة السالبة أو الموجبة قبل الرقم (2+ ,3+). بينما تُكتب الشحنة الأيونية بوضع الإشارة بعد الرقم (+2 ,+3).

عدد التأكسد: 3+ الشحنة الأيونية: +3

☑ **التحقق من فهم النص** **تحديد** ما العنصر الأكثر مقدرة على اكتساب الإلكترونات، البوتاسيوم أم الكلور؟

مهن في الكيمياء

حرفي الخزف حرفي الخزف هو الفنان الذي يصنع الفخار. يستخدم هو أو هي مواد تحتوي أيونات فلزية لها حالات أكسدة متعددة لتحقيق مجموعة متنوعة من الألوان على الخزف. تُنتج المواد التي تحتوي على أيونات نحاس لون أخضر مائل للأزرق عندما تتأكسد وتنتج لون مِحمر عندما تُختزل في الموقد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

تفاعل البوتاسيوم والكلور كما في **الشكل 3** يمكن أيضاً وصفه بقول"البوتاسيوم يتأكسد بالكلور" هذا الوصف مفيد نظراً لأنه يحدد بوضوح كلاً من المادة التي تتأكسد والمادة التي اختزلت. المادة التي تؤكسد مادة أخرى باكتسابها إلكترونات تسمى **عامل مؤكسد.** يصف هذا المصطلح المادة المُختزلة. المادة التي اختزلت مادة أخرى بفقدان الإلكترونات تسمى **عامل مختزل.** يعطي العامل المختزل إلكترونات للعامل المؤكسد. يتأكسد العامل المختزل لأنه يفقد إلكترونات. العامل المختزل في تفاعل البوتاسيوم أو الكلور هو البوتاسيوم_المادة التي تأكسدت.

أكسدة

$$2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$$

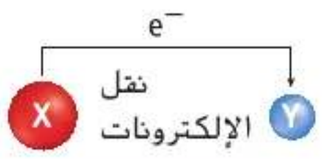
اختزال

عامل مؤكسد: Cl_2

عامل مختزل: البُوتاسْيُوم

من التطبيقات الشائعة لتفاعلات الأكسدة والاختزال تنظيف أسطح الفلزات. تكون العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأخرى مفيدة في الحياة اليومية. على سبيل المثال، عندما تضيف مبيض الغسيل لتبييض الملابس فأنت تستخدم محلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO) وهو عامل مؤكسد. يؤكسد الصبغات والبقع وغيرها من المواد التي تلطخ الملابس. **جدول 1** يلخص الطرائق المختلفة لوصف تفاعلات الأكسدة والاختزال.

جدول 1 ملخص تفاعلات الأكسدة والاختزال

عمليات	
الأكسدة • يفقد المتفاعل إلكترون. • العامل المختزل يتأكسد. • زيادة عدد التأكسد.	• X يفقد إلكترون. • X عامل مختزل ويتأكسد. • عدد تأكسد X يزداد.
الاختزال • يكتسب المتفاعل الآخر إلكترون. • العامل المؤكسد يُختزل. • يقل عدد التأكسد.	• Y يكتسب إلكترون. • Y عامل مؤكسد ويُختزل. • عدد تأكسد Y يقل.

تجربة مصغَّرة

ملاحظة أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال

كيف يمكن إزالة الشوائب عن الفضة؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل بداية العمل.
2. ادلك برفق رقائق من الألمنيوم بقطعة من الصوف الفولاذي لتنظيفها من الشوائب.
3. قم بلف قطعة صغيرة من الفضة التي عليها شوائب في رقائق الألمنيوم، وتأكد من تلامس منطقة الشوائب جيدًا مع رقائق الألمنيوم.
4. ضع القطعة الملفوفة في كأس سعة 400 mL وأضف مقدارًا كافيًا من ماء الصنبور لتغطيتها تمامًا.
5. أضف حوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **صودا الخبيز** وحوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **ملح الطعام** إلى الكأس.
6. باستخدام ماسك احمل الكأس وضعه، بمحتوياته على سخان كهربائي، وقم بالتسخين حتى غليان الماء. مع الحفاظ على الحرارة لمدة 15 min تقريبًا حتى تختفي الشوائب.

التحليل

1. **اكتب** معادلة تفاعل الفضة مع كبريتيد الهيدروجين الذي ينتج كبريتيد الفضة والهيدروجين.
2. **اكتب** معادلة تفاعل الشوائب (كبريتيد الفضة) مع رقائق الألمنيوم التي تنتج كبريتيد الألمنيوم والفضة.
3. **حدِّد** أي فلز (الألمنيوم أم الفضة). يكون أكثر تفاعلاً. كيف عرفت ذلك من النتائج الخاصة بك؟
4. **فسِّر** لماذا يجب عليك عدم استخدام أواني الألمنيوم عند تنظيف أواني الفضة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تفاعلات الأكسدة والاختزال والسالبية الكهربائية

كيمياء تفاعلات الأكسدة والاختزال ليست مقتصرة على ذرات العناصر التي تتحول إلى أيونات أو العكس. تتضمن بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال تغيرات في المواد الجزيئية أو الأيونات متعدد الذرات حيث ترتبط فيها الذرات بروابط تساهمية بذرات أخرى. على سبيل المثال، تمثل المعادلة التالية تفاعل الأكسدة والاختزال المستخدم في صناعة الأمونيا (NH_3).

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

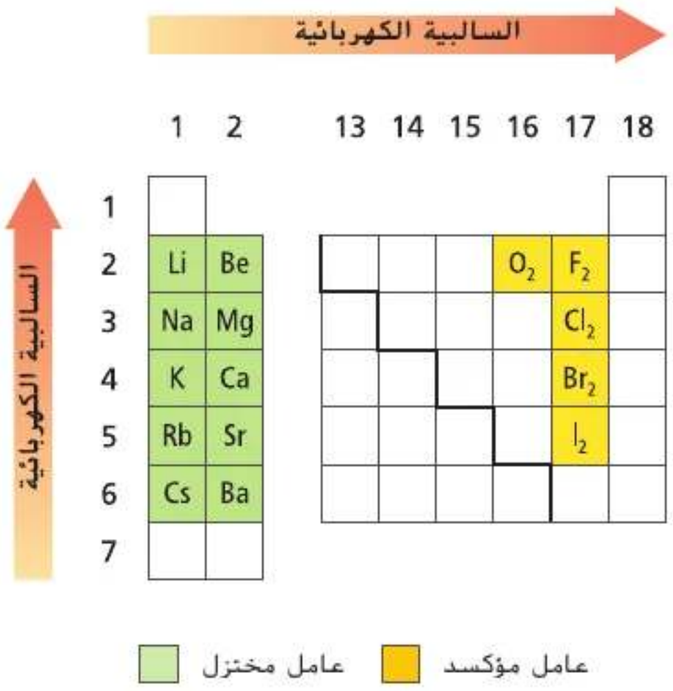
لا تتضمن هذه العملية أيونات ولا انتقال واضح للإلكترونات. المواد المتفاعلة والنواتج كلها مركبات جزيئية. إلا أنه لايزال هناك تفاعل أكسدة واختزال حيث يكون النيتروجين هو العامل المؤكسد ويكون الهيدروجين هو العامل المختزل.

في حالات مثل تكون الأمونيا حيث تتشارك ذرتان الإلكترونات، كيف يمكن أن نقول أن ذرة واحدة فقدت الإلكترونات وتأكسدت في حين أن ذرة أخرى اكتسبت الإلكترونات واُختزلت؟ للإجابة على ذلك، ينبغي عليك معرفة أي الذرات تجذب الإلكترونات بقوة أكبر أو بمعنى آخر أي الذرات هي أكثر سالبية كهربائية. قد تجد أنه من المفيد مراجعة مناقشة أنماط السالبية الكهربائية في الجدول الدوري.

الشكل 4 يوضح زيادة السالبية الكهربائية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وتقل عموماً عند الانتقال للأسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة (مجموعات 1 و 2) هي عوامل مختزلة قوية وتلك العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية العالية (مجموعة17 والأكسجين في المجموعة 16) هي عوامل مؤكسدة قوية.

الهيدروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 2.20. والنيتروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 3.04. لغرض دراسة تفاعلات الأكسدة والاختزال فإنه يتم التعامل مع العنصر الأكثر سالبية كهربائية (النيتروجين) كما لو كان قد تم اختزاله بإكتساب إلكترونات من عنصر آخر (الهيدروجين). على العكس من ذلك، يتم التعامل مع العنصر الأقل سالبية كهربائية (الهيدروجين) كما لو كان قد تم أكسدته بفقدان إلكترونات إلى العنصر الآخر (النيتروجين).

$$\underbrace{N_2(g) + 3\underbrace{H_2(g)}_{\text{تأكسد (فقدان جزئي لـ } e^-)} \rightarrow 2NH_3(g)}_{\text{اختزال (اكتساب جزئي لـ } e^-)}$$



■ **الشكل 4** تزداد السالبية الكهربائية للعناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورات في الجدول الدوري وتقل كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة هي عوامل مختزلة قوية والعوامل ذات قيم السالبية الكهربائية العالية عوامل مؤكسدة قوية.

تنبأ ما العنصر الذي سيكون أقوى عامل مؤكسد. وأيها أقوى كعامل مختزل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

التعرف على تفاعلات الأكسدة والاختزال المعادلة الآتية تمثل تفاعل أكسدة واختزال للألمنيوم والحديد.

$$2Al + 2Fe^{3+} + 3O^{2-} \rightarrow 2Fe + 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في هذا التفاعل. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل.

1 تحليل المسألة

معروف لديك المواد المتفاعلة والنواتج في التفاعل. يجب عليك تحديد انتقال الإلكترونات الذي حدث. وبعد ذلك، يمكنك تطبيق مفهومي العامل المؤكسد والعامل المختزل للإجابة على السؤال.

2 حساب المجهول

تعرف على عمليات الأكسدة وعمليات الاختزال.

(أكسدة – فقد إلكترونات) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$

ذرة الألمنيوم تفقد ثلاثة إلكترونات وتصبح أيون ألمنيوم.

(اختزال – كسب إلكترونات) $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$

أيون الحديد يكسب الثلاثة إلكترونات المفقودة من الألمنيوم ويصبح ذرة حديد.

Al تأكسد وبالتالي فهو عامل مختزل. Fe^{3+} اكتسب إلكترونات وبالتالي فهو عامل مؤكسد.

3 تقييم الإجابة

في هذه العملية، ذرات الألمنيوم تفقد إلكترونات وهي التي تأكسدت بينما أيونات الحديد تكتسب إلكترونات وهي التي اختزلت. تنطبق تعريفات الأكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل. ملاحظة أن الشحنة الأيونية للأكسجين لم تتغير في هذا التفاعل وبالتالي فإن الأكسجين ليس عاملاً رئيسًا في هذه المسألة.

تطبيقات

1. حدد إذا كانت كل من التغيرات التالية أكسدة أم اختزال.

a. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

b. $K \rightarrow K^+ + e^-$

c. $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$

d. $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

2. تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في العمليات الآتية:

a. $2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$

b. $2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$

c. $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$

d. $2Na + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2$

3. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلة الآتية. فسر إجابتك.

$$Fe(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

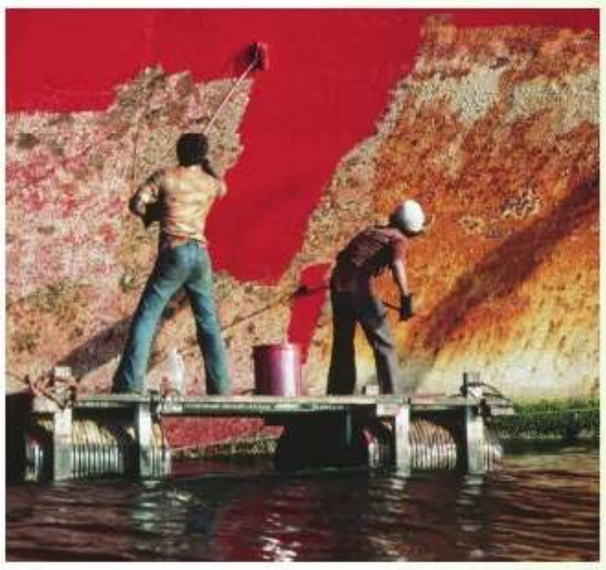
4. تحدي تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل تفاعل:

a. $Mg + I_2 \rightarrow MgI_2$

b. $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + 2HCl$

الكيمياء في الحياة اليومية

الأكسدة



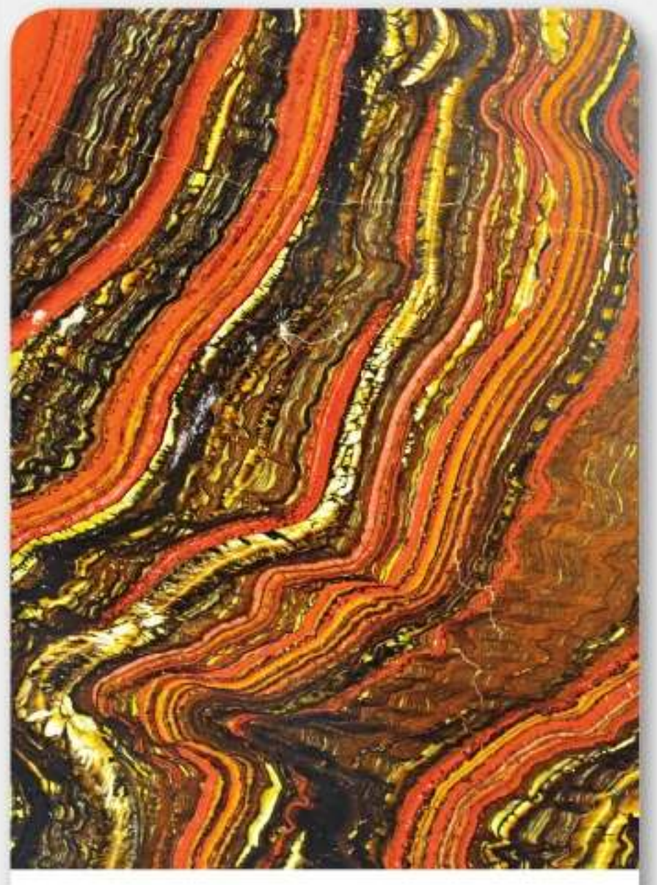
صدأ عندما يتفاعل الهواء الرطب مع الحديد، يتأكسد الحديد. أكسيد الحديد (Fe_2O_3)، الذي يطلق عليه اسم الصدأ، وهو شائع لأن الحديد يتفاعل مع الأكسجين. الحديد النقي غير منتشر في الطبيعة. الفولاذ خليط يحتوي على حديد، وهو يستخدم بدلًا من الحديد. يوجد طرائق مختلفة للحماية، مثل الدهان والطلاء الكهربائي أوالتغطية بالبلاستيك أو الجلفنة، جميعها يمكن أن تمنع تكون أكسيد الحديد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تحديد أعداد التأكسد

لفهم جميع أنواع تفاعلات الأكسدة والاختزال يجب أن يكون لديك وسيلة لتحديد عدد التأكسد ($n_{عنصر}$) لكل عنصر مشترك في التفاعل. **الجدول 2** يحدد القواعد التي يستخدمها الكيميائيون لجعل هذا التحديد أسهل.

الجدول أدناه لا يتضمن العناصر الانتقالية والفلزات واللافلزات التي يكون لها أكثر من عدد تأكسد في المركبات. على سبيل المثال، لدى الحديد أعداد تأكسد مختلفة، يتم التعرف عليها من خلال تنوع الألوان كما هو مبين في **الشكل 5**، والتي تعتمد أيضًا على المعادن الموجودة.



■ **الشكل 5** صخور الحديد الرسوبية— الموضَّحة في هذا المقطع العرضي للصخور —تعتبر نتيجة وجود عدة حالات أكسدة للحديد كما أنها تعتمد على المعادن الموجودة.

الجدول 2 **قواعد تحديد أعداد التأكسد**

القاعدة	مثال	$n_{عنصر}$
1. عدد التأكسد لذرة عنصر غير متحد يساوي صفر.	Na, O_2, Cl_2, H_2	0
2. عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة الأيون.	Ca^{2+}	+2
	Br^-	−1
3. عدد التأكسد للذرة الأكثر سالبية كهربائية في الجزيء أو الأيون المعقد هو نفس مقدار شحنته لو كان أيونًا.	N في NH_3	−3
	O في NO	−2
4. عدد التأكسد للعنصر الأكثر سالبية كهربائية، الفلور هو دائماً 1− عندما يرتبط بعنصر آخر.	F في LiF	−1
5. عدد تأكسد الأكسجين في المركبات يساوي دائماً 2− ماعدا في فوق الأكاسيد مثل بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). يكون 1−. وعندما يرتبط مع الفلور وهو العنصر الوحيد الأكثر سالبية كهربائية من الأكسجين فإن عدد التأكسد للأكسحين يكون موجب.	O في NO_2	−2
	O في H_2O_2	−1
6. يكون عدد التأكسد للهيدروجين في معظم مركباته 1+. ما عدا في هيدريدات الفلزات يكون عدد التأكسد 1−.	H في NaH	−1
7. أعداد التأكسد للمجموعة 1 و 2 والألمنيوم موجبة وتساوي عدد إلكترونات التكافؤ.	K	+1
	Ca	+2
	Al	+3
8. مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل يساوي صفر.	$CaBr_2$	(+2) + 2(−1) = 0
9. مجموع أعداد التأكسد للذرات في أيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.	SO_3^{2-}	(+4) + 3(−2) = −2

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

تحديد أعداد التأكسد

استخدم قواعد تحديد عدد التأكسد لايجاد عدد التأكسد لكل العناصر الموجودة في كل من

$KClO_3$

SO_3^{-2}

1 تحليل المسألة

في القواعد المرتبطة بتحديد عدد التأكسد، يتم إعطاؤك أعداد التأكسد للأكسجين والبوتاسيوم. وتم إعطاؤك أيضاً الشحنة الكلية للمركب أو الأيون. باستخدام هذه المعلومات وتطبيق القواعد، حدد أعداد التأكسد. (ليكن n يساوي عدد التأكسد للعنصر في سؤال).

معلوم	مجهول
$KClO_3$	$n_{Cl} = ?$
SO_3^{2-}	$n_S = ?$
$n_O = -2$	
$n_K = +1$	

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد المعروفة لعناصرها، واضبط مجموع كل أعداد التأكسد إلى الصفر أو إلى شحنة الأيون وقم بإيجاد حل لعدد التأكسد المجهول.

$(n_K) + (n_{Cl}) + 3\,(n_O) = 0$

مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل تساوي صفر.

$(+1) + (n_{Cl}) + 3(-2) = 0$

لمجموعة 1، $n_{العنصر} = +1$. عوض $n_K = +1$, $n_O = -2$.

$1 + n_{Cl} + (-6) = 0$

حل لإيجاد n_{Cl}.

$n_{Cl} = +5$

$(n_S) + 3\,(n_O) = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات تساوي مقدار الشحنة في الأيون.

$(n_S) + 3(-2) = -2$

عوض $n_O = -2$.

$n_S + (-6) = -2$

حل لإيجاد n_S.

$n_S = +4$

3 تقييم الإجابة

لقد تم تطبيق قواعد أعداد التأكسد بشكل صحيح.

تطبيقات

5. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ المركبات التالية:

a. $NaClO_4$ **b.** $AlPO_4$ **c.** HNO_2

6. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ الأيونات التالية:

a. NH_4^+ **b.** AsO_4^{3-} **c.** CrO_4^{2-}

7. حدد عدد التأكسد للنيتروجين في كل من الجزيئات التالية:

a. NH_3 **b.** KCN **c.** N_2H_4

8. تحدي حدد التغير الكلي في عدد تأكسد جميع العناصر الموجودة في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $C + O_2 \rightarrow CO_2$

b. $Cl_2 + ZnI_2 \rightarrow ZnCl_2 + I_2$

c. $CdO + CO \rightarrow Cd + CO_2$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول 3 أعداد التأكسد لبعض العناصر

عدد التأكسد	+1	+2	+3	−1	−2
الألمنيوم			X		
الباريوم		X			
البروم				X	
الكادميوم		X			
الكالسيوم		X			
السيزيوم	X				
الكلور				X	
الفلور				X	
الهيدروجين	X			X	
اليود				X	
الليثيوم	X				
المغنيسيوم		X			
الأكسجين					X
البوتاسيوم	X				
الصوديوم	X				
الفضة	X				
السترانشيوم		X			

أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال

كما درست أعداد التأكسد فإنه يجب أن تكون قادر على ربط تفاعلات الأكسدة والاختزال بالتغيرات في عدد التأكسد. ارجع إلى معادلة التفاعل التي رأيتها في بداية هذا القسم_ استبدال البروم في المحلول المائي لبروميد البوتاسيوم (KBr) بالكلور (Cl_2).

$$2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$$

لمعرفة كيف تغيرت أعداد التأكسد، ابدأ بتحديد الأعداد مستخدماً **الجدول 3** لجميع العناصر في المعادلة الموزونة. ثُمّ قم بمراجعة التغيرات كما هو مبين في المعادلة الآتية:



ينبغي ملاحظة أن عدد تأكسد البروم قد تغير من 1− إلى 0، بزيادة قدرها 1. في نفس الوقت، تغير عدد أكسدة الكلور من 0 إلى 1−، أي بانخفاض قدره 1. وبالتالي، فإن الكلور اختزل والبروميد تأكسد. كل تفاعلات الأكسدة والاختزال تتبع نفس النمط. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد. عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. لاحظ أنه لا يوجد تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم. أيون البوتاسيوم لا يشارك في التفاعل وبالتالي فهو أيون متفرج.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال انتقال للإلكترونات من ذرة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تتضمن مركبات جزيئية (أو الأيونات متعددة الذرات ذات الروابط التساهمية)، الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة يتم التعامل معها كأنها تأكسدت.

9. الفكرة **الرئيسة فسّر** لماذا يجب أن تحدث الأكسدة والاختزال معاً.
10. **صِف** دور العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف يتغير كل منها في التفاعل؟
11. **اكتب** معادلة تفاعل فلز الحديد مع حمض الهيدروبروميك لينتج بروميد الحديد (III) وغاز الهيدروجين. حدد التغير في عدد التأكسد للعنصر الذي اختزل وللعنصر الذي تأكسد.
12. **حدِّد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في المركبات التالية:

a. HNO_3 c. Sb_2O_5

b. Ca_3N_2 d. $CuWO_4$

13. **حدِّد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في الأيونات التالية:

a. IO_4^- c. $B_4O_7^{2-}$

b. MnO_4^- d. NH_2^-

14. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** الفلزات القلوية هي عوامل مختزلة قوية. صمم رسماً بيانياً موضحاً كيف تزداد أو تقل قابلية الفلزات القلوية للاختزال كلما توجهت نزولاً من الصوديوم إلى الفرانسيوم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** تصبح معادلة الأكسدة والاختزال موزونة عند تساوي مجموع الزيادة في أعداد الأكسدة مجموع الانخفاض الكلي لأعداد أكسدة الذرات أو الأيونات في التفاعل.

الأسئلة الرئيسة

- كيف ترتبط التغيرات في عدد التأكسد بانتقال الإلكترونات؟
- كيف يمكن أن تُستخدم التغيرات في عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال؟
- ما نصف التفاعل وكيف يمكن استخدامه لوزن معادلات الأكسدة والاختزال؟

مراجعة المفردات

المعادلة الأيونية الصرفة net ionic equation: هي معادلة أيونية تحتوي على الجسيمات التي تشارك في التفاعل

المفردات الجديدة

طريقة عدد التأكسد oxidation-number method

أنواع species

نصف تفاعل half-reaction

الكيمياء في حياتك

عندما تفسد المواد الدهنية في الأطعمة، فإنها تصدر رائحة كريهة كمؤشر. يتم تكسير الجزيئات الكبيرة أثناء عمليات الأكسدة والاختزال التي ينتج عنها نواتج ذات رائحة كريهة. المعادلة لهذه العملية معقدة ولكن يمكن وزنها باستخدام نفس القواعد المستخدمة في وزن المعادلات الأبسط.

طريقة عدد التأكسد

يجب وزن المعادلات الكيميائية لإظهار الكميات الصحيحة من المواد المتفاعلة والنواتج. ادرس المعادلة غير الموزونة التالية للتفاعل الذي يحدث عندما يتم وضع فلز النحاس في حمض النيتريك المركز. هذا التفاعل مُوضح في **الشكل 6** الغاز الناتج بني اللون هو ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2). نتيجة اختزال أيونات النيترات (NO_3^-). والمحلول الأزرق هو ناتج أكسدة النحاس (Cu) إلى أيونات النحاس (II) (Cu^{2+}).

$$Cu(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

لاحظ أن الأكسجين يظهر في متفاعل واحد فقط هو HNO_3، لكن يظهر في النواتج الثلاثة. يظهر النيتروجين في HNO_3 وفي إثنين من النواتج. معادلات الأكسدة والاختزال مثل هذه المعادلة التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة يصعب وزنها. طبقاً لما قرأت، عندما تفقد ذرة أو أيون إلكترونات فإنه يزداد عدد التأكسد وعندما تكتسب ذرة أو أيون إلكترونات فإنه ينخفض عدد التأكسد. عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يجب أن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من ذرات أو أيونات أخرى. وبالتالي، يجب أن يتساوى مجموع الزيادة في أعداد التأكسد (الأكسدة) بمجموع النقصان في أعداد التأكسد (الاختزال) للذرات أو الأيونات التي تشترك في التفاعل. تسمى هذه الطريقة **عدد التأكسد** وخطوات هذه الطريقة موضحة في **جدول 4**.

جدول 4 طريقة عدد التأكسد

1. حدد أعداد التأكسد لجميع الذرات الموجودة في المعادلة.
2. قم بالتعرف على الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت.
3. حدد التغير في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.
4. اجعل التغيير في أعداد التأكسد مساويًا في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.
5. إذا لزم الأمر، استخدم الطريقة التقليدية لوزن المعادلة النهائية.

■ **الشكل 6** يصعب وزن بعض المعادلات الكيميائية لتفاعلات الأكسدة والاختزال مثل التفاعل بين النحاس وحمض النيتريك وذلك لأن العناصر قد تظهر أكثر من مرة واحدة على كل طرف من المعادلة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

طريقة عدد التأكسد زن معادلة الأكسدة والاختزال التالية:

$$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$$

1 تحليل المسألة

استخدم القواعد لتحديد عدد التأكسد. الزيادة في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت لابد أن يساوي نقص عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي اختزلت. قم بضبط المعاملات لتحقيق وزن المعادلة.

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد لكل الذرات الموجودة في المعادلة.

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+1\ +5\ -2}{HNO_3} \rightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_2} + \overset{+4\ -2}{NO_2} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$$

زاد عدد التأكسد للنحاس من 0 إلى 2+. ونقص عدد التأكسد للنيتروجين من 5+ إلى 4+.

التعرف على أي الذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت والتي لم يتغير عدد أكسدتها.

Cu تأكسد.
N اختزل.
H لم يتغير.
O لم يتغير.
N لم يتغير في أيون النيترات (NO_3^-)

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:
زاد عدد تأكسد Cu بمقدار 2+
قل عدد تأكسد N بمقدار 1−

تأكسد النحاس لأنه فقد إلكترونات .
اختزل النيتروجين لأنه اكتسب إلكترونًا.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

لأن التغير في عدد تأكسد N هو 1−، يجب الضرب بـ 2 للوزن وينطبق هذا المعامل على كل من HNO_3 و NO_2.

استخدم الطريقة التقليدية لوزن باقي المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

يجب ضرب معامل HNO_3 بـ 2 ليصبح عدد ذرات النيتروجين متساوي في طرفي المعادلة.

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

يجب ضرب معامل H_2O بـ 2 ليصبح عدد ذرات الهيدروجين متساوي في طرفي المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.

تطبيقات

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

15. $HCl + HNO_3 \rightarrow HOCl + NO + H_2O$
16. $SnCl_4 + Fe \rightarrow SnCl_2 + FeCl_3$
17. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$
18. **تحدي** $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وزن المعادلات الأيونية الصرفة

أحياناً يفضل الكيميائيون التعبير عن تفاعلات الأكسدة والاختزال بأبسط الطرق كمعادلة توضح فقط عمليات الأكسدة والاختزال. ارجع إلى المعادلة الموزونة لأكسدة النحاس بحمض النيتريك.

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

لاحظ أن التفاعل يحدث في محلول مائي، HNO_3 وهو حمض قوي يتأين تأينًا تامًا. وبالمثل، نيترات النحاس (II) ($Cu(NO_3)_2$) ستنفصل إلى أيونات. ولذلك، يمكن أيضا كتابة المعادلة بشكل أيوني.

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 4NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

هناك أربعة أيونات نيترات بين المتفاعلات، ولكن يخضع اثنين منهم فقط للتغيير لتكوين جزيئين من ثاني أكسيد النيتروجين. أيونا النيترات الآخرين هما أيونان متفرجان ويمكن استبعادهما من المعادلة. تصبح المعادلة:

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 2NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

الآن، تفحص المعادلة في صيغتها غير الموزونة.

$$Cu(s) + H^+(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

ولتبسيط كتابة معادلات الأكسدة والاختزال يمكن أن تكتب المعادلة كالتالي:

$$Cu(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g)$$ (في محلول حمضي)

وفي هذه الحالة، فإن أيون الهيدروجين وجزئ الماء قد تم حذفهما لأنه لم يحدث لهما أكسدة أو اختزال. في محلول حمضي، أيونات الهيدروجين (H^+) وجزيئات الماء متوفرة وحرة للمشاركة في عمليات الأكسدة والاختزال سواء في المواد المتفاعلة أو الناتجة. يمكن أن تحدث بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال في محلول قاعدي. عند موازنة معادلات تلك التفاعلات، يمكنك إضافة ايونات هيدروكسيد (OH^-) وجزيئات الماء لطرفي المعادلة.

مختبر تحليل البيانات

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

التحليل والنتائج

كيف يمكن لتفاعلات الأكسدة والاختزال رفع مكوك الفضاء؟ يكتسب مكوك الفضاء ما يقرب من 72% من قوة اندفاعه عن معززات التيّار الصاروخي الصلبة (SRBs) خلال أول دقيقتين من إطلاقه. يرتبط صاروخان SRB اللذان يتخذان شكل قلم رصاص على جانبي خزان الهيدروجين والأكسجين السائل. كل صاروخ SRB يحتوي على حوالي 499,000 kg من خليط الوقود الصاروخي.

البيانات والملاحظات

SRB خليط الوقود الصاروخي

المركب	النسبة المئوية للتركيب
بيركلورات الأمونيوم	69.6
الألمنيوم	16
الحفّاز	0.4
رابط	12.04
عامل معالجة	1.96

*أُخذت البيانات من: دومولين، جيم "المعزز الصاروخي الصلب". الدليل المرجعي المكوكي من NSTS، لعام 1988.

التفكير الناقد

1. **قُم بوزن المعادلة** استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة الكيميائية لتفاعل صاروخ SRB.
$$NH_4ClO_4(s) + Al(s) \rightarrow Al_2O_3(g) + HCl(g) + N_2(g) + H_2O(g)$$
2. **وضِّح** أي من العناصر اختزلت وأيها تأكسدت؟
3. **استدلّ** ماهي مميزات استخدام SRBs لأول دقيقتان من الإنطلاق؟
4. **احسب** كم عدد مولات بخار الماء الناتجة من تفاعل وقود أحد المعززات الصاروخية الصلبة SRB؟

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 4

وزن المعادلات الأيونية الصرفة زن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:

(في المحلول الحمضي) $ClO_4^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + Br_2(g)$

1 تحليل المسألة

استخدم القواعد لتحديد عدد التأكسد. الزيادة في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت يجب أن يساوي النقص في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي اختزلت. يحدث التفاعل في وسط حمضي. قم بضبط المعاملات لوزن المعادلة النهائية.

حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد لكل العناصر الموجودة في المعادلة.

$$\overset{+7\ -2}{ClO_4^-(aq)} + \overset{-1}{Br^-(aq)} \rightarrow \overset{-1}{Cl^-(aq)} + \overset{0}{Br_2(g)} \quad \text{(في المحلول الحمضي)}$$

استخدم القواعد في الجدول 2.

حدد أي الذرات أو الأيونات تأكسد وأيها اختزل.

Br تأكسد.
Cl اختزل.

يزداد عدد التأكسد البروم من 1− إلى 0. ينخفض عدد التأكسد للكلور من 7+ إلى 1−.

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:

Br +1
Cl −8

تأكسد البروم لأنه فقد إلكترونات.
اختزل الكلور لأنه اكتسب إلكترونات.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد متساوية في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g) \quad \text{(في محلول حمضي)}$$

لأن التغير في عدد أكسدة Br هو 1+، فإنه يجب ضرب المعامل بـ 8 لوزن المعادلة. $4Br_2$ تمثل 8 ذرات Br الذرات فتكون مساوية $8Br^-$ في الطرف الأيسر.

أضف مزيد من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء للمعادلة لوزن ذرات الأكسجين في كلا الطرفين.

$$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g) + 4H_2O(l)$$

كما تعرف أن التفاعل يحدث في محلول حمضي فلهذا يمكنك إضافة أيونات H^+ في الطرف الأيسر من المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.
كما هو الحال في أي معادلة أيونية. مجموع الشحنات في الطرف الأيمن يساوي مجموع الشحنات في الطرف الأيسر.

تطبيقات

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

19. $H_2S(g) + NO_3^-(aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)
20. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في المحلول الحمضي)
21. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في المحلول الحمضي)
22. **تحدي** $MnO_2(s) + MnO_4^-(aq) \rightarrow I_2(s) + I^-(aq)$ (في محلول قاعدي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الربط بعلم الأحياء ما السمات المشتركة بين العديد من الأسماك في أعماق البحار واليراعات والبكتيريا. *Xenorhabdus luminescens*؟ هذه وغيرها من الكائنات الحية تبعث ضوء. التلألؤ البيولوجي هو تحويل طاقة الوضع في الروابط الكيميائية إلى ضوء أثناء تفاعل الأكسدة والاختزال. إعتماداً على هذه الأنواع، فإنه يتم إنتاج الضوء بمواد كيميائية مختلفة وبوسائل مختلفة. في اليراعات، الموضَّحة في **الشكل 7**، ينتج الضوء من تأكسد جزيء مادة لُوسِيفيرين.

مازال يبحث العلماء عن حل لغز التلألؤ البيولوجي. بعض الكائنات الحية المُضيئة تبعث ضوء باستمرار، بينما البعض الآخر يبعث ضوء عندما يكون منزعجًا. تظهر بعض أسماك المياه العميقة وقناديل البحر لتكون قادرة على السيطرة على الضوء الذي تبعثه ونوع واحد من عيش الغراب معروف بأنه يبعث ضوء بلونين مختلفين . قد قرر علماء الحيوان أيضاً أن بعض الكائنات الحية التي ينبعث منها الضوء لا تنتج الضوء بأنفسها ولكنها تُنتجه بإيواء بكتيريا التلألؤ البيولوجي.



■ **الشكل 7** تلجأ الكائنات الحية لاستخدام التلألؤ البيولوجي لأغراض مختلفة. قد تشمل بعض الأغراض جذب الإناث والدفاع. قد يساعد التلألؤ البيولوجي على الرؤية والإدراك في أعماق المحيطات.

وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام نصف التفاعل

في الكيمياء، **النوع species** هو أي جسيم كيميائي يشارك في العملية. في المعادلة التالية: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$. توجد أربعة أنواع؛ جزيئي NH_3 و H_2O وأيوني NH_4^+ و OH^-. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال عندما توجد أنواع قادرة على منح الإلكترونات (عامل مختزل) لأنواع أخرى يمكنها قبولها (عامل مؤكسد). مثال لذلك، يمكن للحديد أن يختزل أنواع عديدة والتي تكون عوامل مؤكسدة بما في ذلك الكلور.

$$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

في هذا التفاعل، تتأكسد كل ذرة حديد بفقدان ثلاثة إلكترونات لكي تصبح أيون Fe^{3+}. في نفس الوقت، كل ذرة كلور في Cl_2 يتم اختزالها باكتساب إلكترون لتصبح أيون Cl^-.

الأكسدة: $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$

اختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

تمثل مثل هذه المعادلات نصفي تفاعل. **نصف تفاعل** هو أحد جزئي تفاعل الأكسدة والاختزال، أي تفاعل الأكسدة أو تفاعل الاختزال **الشكل 5** يوضح تنوع أنصاف تفاعلات الاختزال التي تشترك في أكسدة Fe ليصبح Fe^{3+}.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

أنواع

الاستخدام العلمي: في الكيمياء، يشترك أي نوع من جسيم ممثل في العمليات

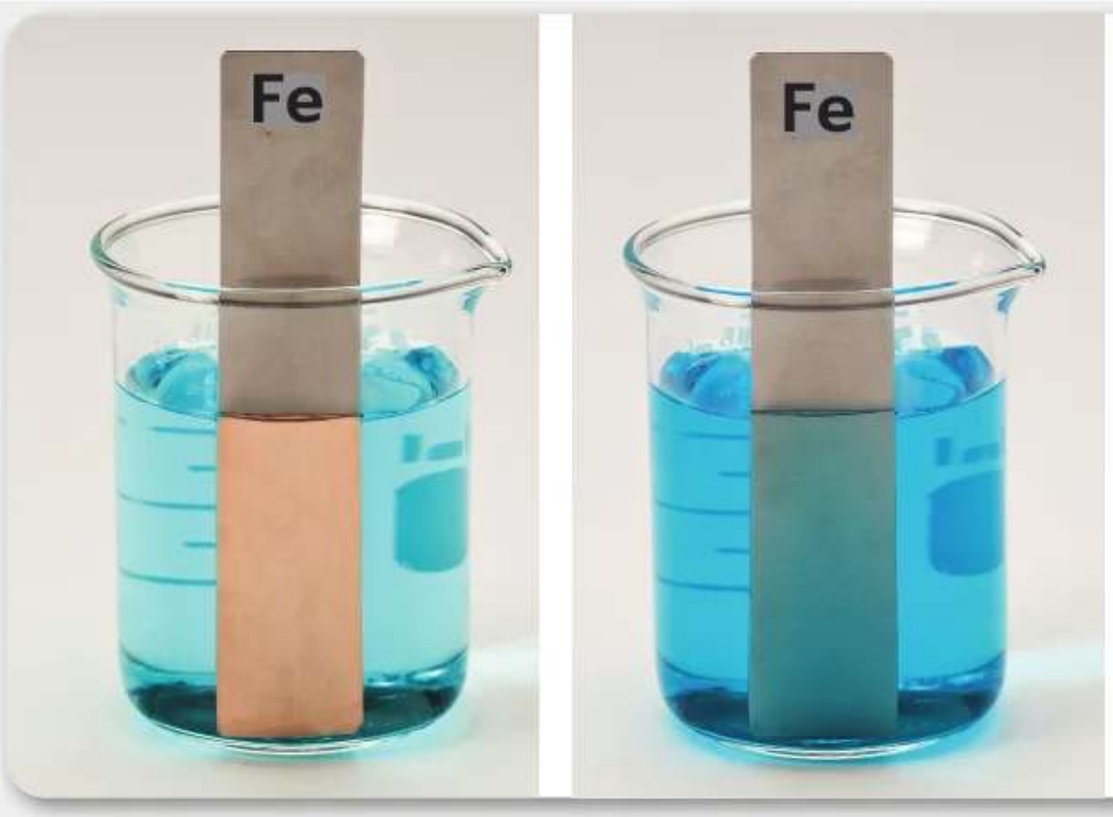
في تفاعل الاتحاد، يتحد نوعان مميزان لتكوين ناتج واحد.

الاستخدام العام: ينتمي النمر والأسد إلى النوع نفسه.

الجدول 5 تفاعلات الأكسدة والاختزال التي يتأكسد فيها الحديد

التفاعل الكلي (غير موزون)	نصف تفاعل الأكسدة	نصف تفاعل الاختزال
$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$	$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$	$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$
$Fe + F_2 \rightarrow FeF_3$		$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$
$Fe + HBr \rightarrow H_2 + FeBr_3$		$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
$Fe + AgNO_3 \rightarrow Ag + Fe(NO_3)_3$		$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu + Fe_2(SO_4)_3$		$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



■ **الشكل 8** نتيجة لتفاعل الأكسدة والاختزال بين الحديد ومحلول كبريتات النحاس. نجد أن فلز النحاس الصلب قد ترسب على الحديد. بإمكانك استخدام طريقة نصف التفاعل لوزن المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل.

المطويات®
أدرج معلومات من هذا القسم واكتبها في مطويتك.

سوف تتعلم المزيد عن أهمية أنصاف التفاعلات عند دراستك الكيمياء الكهربائية. الآن يمكنك تعلم استخدام نصفي التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال. مثال لذلك، المعادلة غير الموزونة التالية تمثل التفاعل الذي يحدث عندما تضع مسمار حديد في محلول كبريتات النحاس(II)، كما هو مبين في **الشكل 8**.

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

تم أكسدة أيونات الحديد حيث فقدت إلكترونات لأيونات النحاس (II). خطوات وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل مُوضحة في **الجدول 6**.

المفردات
المفردات الأكاديمية
طريقة:
طريقة القيام بشئ ما يدرس الطلاب للإمتحان بطرائق مختلفة.

جدول 6 طريقة نصف التفاعل

1. اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل مستبعدًا الأيونات المتفرجة.

$$Fe + Cu^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$$
$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+}$$

2. اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال منفصلين.

$Fe \rightarrow 2Fe^{3+}$ (الأكسدة)	$Cu^{2+} \rightarrow Cu$ (الاختزال)
0 +3	+2 0

3. زن الذرات في تفاعلي الأكسدة والاختزال ثم زن الشحنات بإضافة إلكترونات للمواد المتفاعلة أو الناتجة.

$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^-$	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

4. قم بضبط المعاملات بحيث يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^-$	$3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$

5. اجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال الموزونين.

$$2Fe + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Fe^{3+}$$

6. أعد الأيونات المتفرجة إن رغبت.

$$2Fe(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 5

وزن معادلة الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل

زن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال أدناه باستخدام طريقة نصف التفاعل.

$$KMnO_4(aq) + SnCl_2(aq) + HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + SnCl_4(aq) + H_2O(l) + KCl(aq)$$

1 تحليل المسألة

يحدث التفاعل في محلول حمضي. اتبع القواعد لتحديد أعداد التأكسد وخطوات الوزن باستخدام طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة التفاعل.

2 حساب المجهول

اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل.

$$MnO_4^- + Sn^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$$

قم بحذف الأيونات المتفرجة ورموز الحالة.

اكتب معادلات غير كاملة لأنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال متضمنةً أعداد التأكسد.

$$\overset{+2}{Sn^{2+}} \rightarrow \overset{+4}{Sn^{4+}} \quad \text{(أكسدة)}$$

$$\overset{+7}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} \quad \text{(اختزال)}$$

استخدم القواعد في الجدول 2 والجدول 6

قم بموازنة الذرات والشحنات في التفاعلات النصفية.

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \text{(اختزال)}$$

في المحلول الحمضي تكون جزيئات H_2O متوفرة بكثرة ويمكن استخدامها لوزن ذرات الأكسجين؛ أيونات H^+ متوفرة وتستخدم لوزن الشحنة.

قم بضبط المعاملات حتى يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة (2) مساويًا عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5).

$$5Sn^{2+} \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O \quad \text{(اختزال)}$$

المضاعف المشترك الأصغر ل 2 و 5 هو 10.
تضرب تفاعل الأكسدة بـ 5 وتفاعل الاختزال بـ 2.

قم بجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال وبسّط المعادلة بحذف وتجميع الأنواع المتشابهة.

$$5Sn^{2+} + 10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$5Sn^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

استعد وصف الحالة وأعد الأيونات المتفرجة (K^+ و Cl^-).

$$5SnCl_2(aq) + 16HCl(aq) + 2KMnO_4(aq) \rightarrow 5SnCl_4(aq) + 2MnCl_2(aq) + 8H_2O(l) + 2KCl(aq)$$

أضف أيونات K^+ إلى أيوني MnO_4^- إلى اليسار وأضف أيوني K^+ إلى اليمين. أضف أيونات Cl^- إلى Sn^{2+} و H^+ إلى اليسار وإلى Mn^{2+}، Sn^{2+}، و K^+ إلى اليمين.

3 تقييم الإجابة

تُشير المعادلة الموزونة إلى أن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.

تطبيقات

استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

23. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في محلول حمضي)

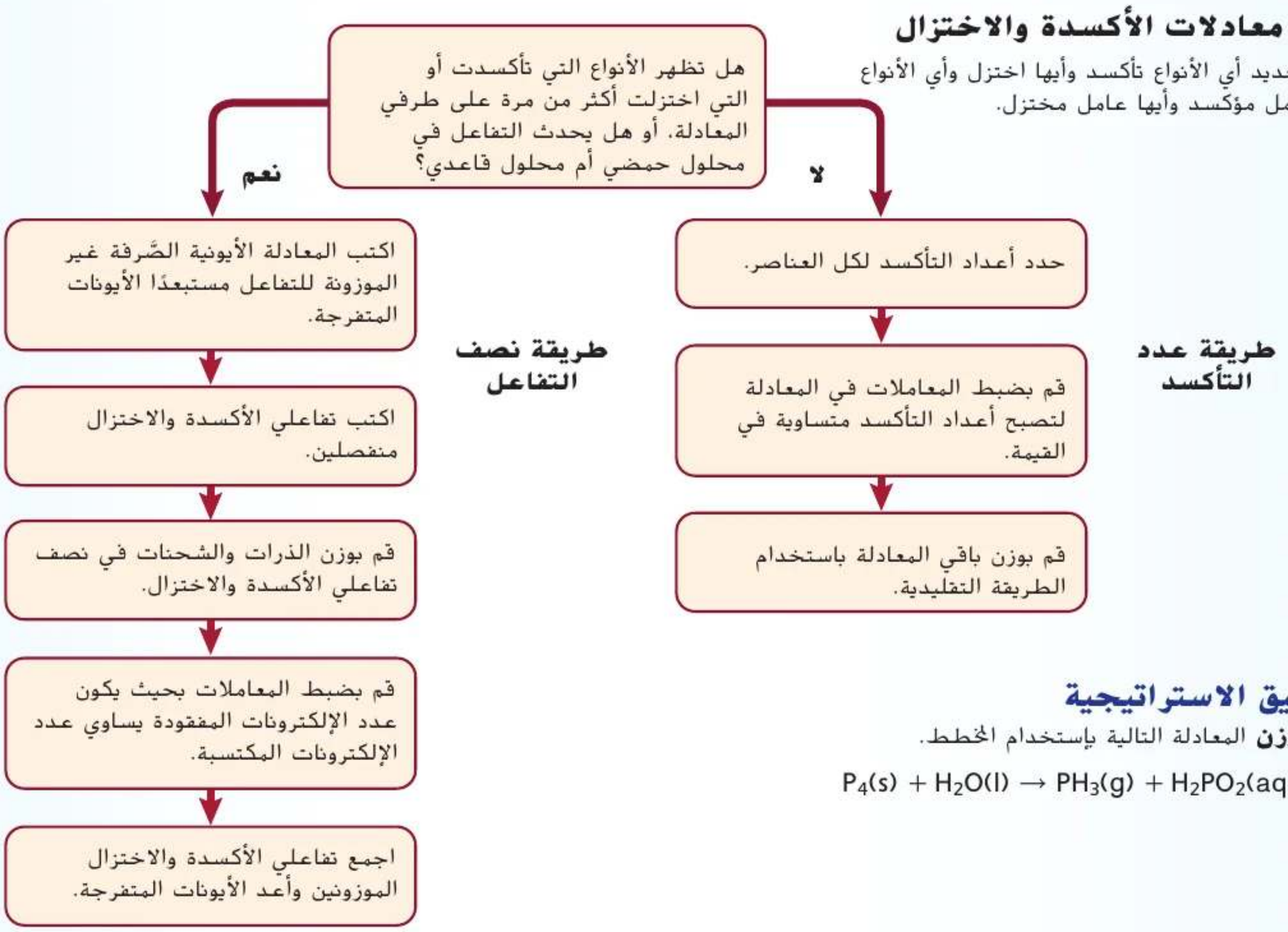
24. $Mn^{2+}(aq) + BiO_3^-(aq) \rightarrow MnO_4^-(aq) + Bi^{2+}(aq)$ (في محلول حمضي)

25. تحدي $N_2O(g) + ClO^-(aq) \rightarrow NO_2^-(aq) + Cl^-(aq)$ (في محلول قاعدي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

قم بتحديد أي الأنواع تأكسد وأيها اختزل وأي الأنواع هو عامل مؤكسد وأيها عامل مختزل.



تطبيق الاستراتيجية

قُم بوزن المعادلة التالية بإستخدام المخطط.

$$P_4(s) + H_2O(l) \rightarrow PH_3(g) + H_2PO_2(aq)$$

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات تساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط حمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط قاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

26. الفكرة **الرئيسة وضِّح** كيف يرتبط التغير في عدد التأكسد بالإلكترونات المنتقلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف ترتبط هذه التغيرات بعمليات الأكسدة والاختزال؟
27. **صِف** لماذا من المهم معرفة الوسط الذي يحدث فيه تفاعل الأكسدة والاختزال عند وزن معادلة التفاعل.
28. **وضِّح** خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال.
29. **حدِّد** ماذا يوضح كل من نصف تفاعل الأكسدة، ونصف تفاعل الاختزال؟
30. **اكتب** تفاعلي الأكسدة والاختزال لمعادلة الأكسدة والاختزال.

$$Pb(s) + Pd(NO_3)_2(aq) \rightarrow Pb(NO_3)_2(aq) + Pd(s)$$

31. **حدِّد** إذا كان تفاعل الأكسدة لتفاعل أكسدة واختزال هو $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$، وتفاعل الاختزال هو $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$. ما هو الحد الأدني لأيونات Sn^{2+} وأيونات Au^{3+} التي يمكنها التفاعل لكي لا يبقى إلكترونات؟
32. **تطبيق** زن المعادلات التالية:

a. $HClO_3(aq) \rightarrow ClO_2(g) + HClO_4(aq) + H_2O(l)$

b. $H_2SeO_3(aq) + HClO_3(aq) \rightarrow H_2SeO_4(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$

c. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$ (في المحلول الحمضي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء والمهن

المهنة: محقق جنائي

الدم المضيء

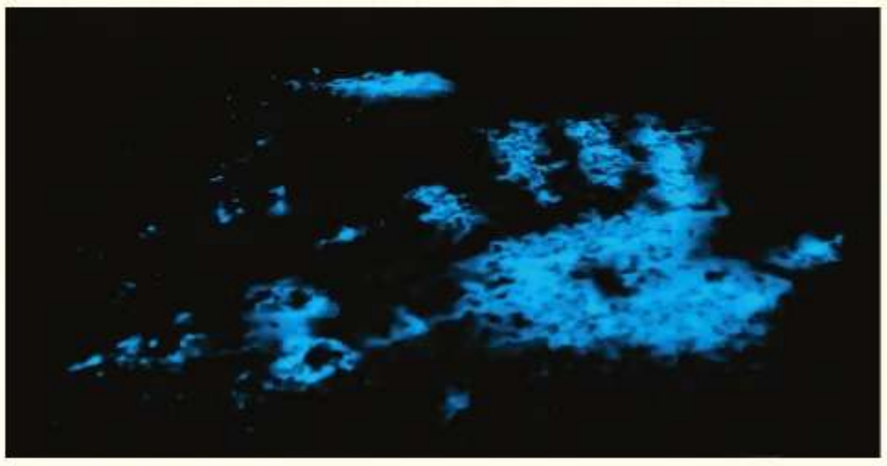
في مسرحية شكسبير ماكبيث، تمسح السيدة ماكبيث دم الملك دونكان من يديها لكنها ما زالت ترى بقع الدم. في التحقيقات الجنائية الحديثة هناك مادة كيميائية تدعى لومينول تفيد المحققون بنتائج بصرية مماثلة.

الأزرق المخضر يتأكسد اللومينول عندما يتفاعل مع الحديد كما هو موضح في **الشكل 1**. أثناء المعالجة تطلق الجزيئات طاقة على هيئة ضوء أزرق مائل إلى الأخضر. في غرفة مظلمة، التوهج الأزرق الخافت للومينول قد يكشف للمحققين ما لا يمكن أن يروه بأعينهم – آثار دماء غير ظاهرة. تتكون كرات الدم الحمراء من الهيموجلوبين – وهو البروتين الذي يحتوي على الحديد.

لاستخدام اللومينول يقوم المحققون بخلط بودرة بيضاء ($C_8H_7O_3N_3$) بفوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ومركبات كيميائية أخرى. ينتج هذا التفاعل سائل يمكن رشه على المناطق المشتبه بوجود الدم فيها. إذا وجد الدم_ولو بكميات ضئيلة لا ترى بالعين_سيتوهج اللومينول. يلتقط المصورون الجنائيون صوراً بكاميراتهم الخاصة التي يمكنها التقاط توهج اللومينول والضوء في المناطق المحيطة.

الأدلة المتوهجة قد تكشف بقع الدم عن بصمات وتعطي الأدلة حول نوع السلاح المستخدم في ارتكاب الجريمة. علامات اللومينول الباهتة على السجاد يمكن أن ترشد المحققين إلى الكثير من بقع الدماء الضخمة. بصمات أيادي ملطخة بالدماء كما هو موضح **بالشكل 1** ربما تقود المحققون إلى القاتل

هناك استخدامات أخرى للومينول إلى جانب التحقيقات الجنائية. في حادث سيارة قد تكشف مادة اللومينول ما إذا كانت الضحية ترتدي حزام الأمان حتى بعد أن تتعرض السيارة للمطر والبرد أو أشعة الشمس المباشرة التي يمكنها أن تغير كثيرًا من بقع الدم.



الشكل 1 صورة اللومينول من مسرح الجريمة يمكن مقارنته ببصمة المشتبه به.

رذاذ الملاذ الأخير يمكن لمواد أخرى تحتوي على الحديد بالإضافة إلى الدم أن تتسبب في توهج اللومينول على الرغم من أن الخبراء يمكنهم أن يتبينوا الفرق. وقد يتداخل اللومينول مع اختبارات أخرى. لهذا السبب، المحققون عادة لا يستخدموا اللومينول إلا بعد إكتمال جميع التحقيقات الأخرى.

الكتابة في ◀ الكيمياء

مقال إخباري إجراء المزيد من البحوث حول استخدام اللومينول في تحقيقات مسرح الجريمة. اكتب مقال صحفي يبين كيف قاد اللومينول المحققين إلى المشتبه به. صف نوع الأدلة المستخدمة في التحقيق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مقياس صغير

مختبر الكيمياء

التحقيقات الجنائية: التعرف على عربة النقل المتهالكة

الخلفية: يتفاعل شيء ما مع الفلزات الموجودة في هياكل العديد من الزوارق المستخدمة في الخور. توصل المحققون أن هناك ثلاث ملوثات محتملة لكل منها مصدر مختلف. مهمتك اختبار الملوثات المحتملة الثلاثة ومقارنتها مع عينة من الخور. الحيوانات التي تعتمد على الخور كمصدر رئيس للمياه تعتمد عليك في حل غموض المركبة التالفة.

السؤال: كيف يمكن استخدام سلسلة تفاعلات كيميائية لتحديد ما تم ضخه في مصدر مياه؟

المواد

0.1 *M* $AgNO_3$	برادة حديد
0.1 *M* HCl	أشرطة مغنيسيوم
0.1 *M* $ZnSO_4$	ملاقط
محلول غير معروف	قطارات (4)
أسلاك نحاس	صحن متعدد الحفر (24 حفرة)
رصاص	

احتياطات السلامة



تحذير: محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) سام للغاية ويترك بقعاً على الجلد أو الملابس.

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أنشئ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. ضع صحن الحفر بشكل جيد على ورقة بيضاء.
4. ضع قطع من الأسلاك النحاسية في أربع حفر في الصف الأول.
5. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من برادة الحديد إلى الحفر في الصف الثاني.
6. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من الرصاص إلى الحفر في الصف الثالث
7. كرر الخطوة 4، مضيفاً قطع صغيرة من شريط المغنيسيوم إلى الحفر في الصف الرابع.
8. ضع 20 قطرة من محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) في كل حفرة في العمود الأول.
9. كرر الخطوة 8، مضيفاً حمض الهيدروكلوريك (HCl) في العمود الثاني.
10. كرر الخطوة 8، مضيفاً محلول كبريتات الخارصين ($ZnSO_4$) في العمود الثالث.

الملاحظات				
	$AgNO_3$	HCl	$ZnSO_4$	المجهول
Cu				
Fe				
Pb				
Mg				

11. كرر الخطوة 8، مضيفًا المحلول المجهول في العمود الرابع.
12. دع التفاعلات تستمر لمدة 5 min، ثم صف التفاعلات بعد ذلك. اكتب لا تفاعل لأي من الحفر التي ليس لديها مؤشر على التفاعل.
13. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المواد الصلبة والمحاليل حسب توجيهات المعلم الخاص بك. نظف وأعد كل أدوات المختبر إلى مكانها الصحيح.

التحليل والنتائج

1. **لخص** النتائج التي لاحظتها في كل حفرة. كيف يمكنك معرفة حدوث التفاعل الكيميائي؟
2. **اكتب** المعادلة الكيميائية الموزونة لكل تفاعل لاحظته. وحدد الأنواع التي تأكسدت أو اختزلت في كل تفاعل.
3. **استنتج** استنادًا إلى البيانات الخاصة بك أي المحاليل يُلحِق ضرراً بالخور؟ علل إجابتك.
4. **استخدم المتغيرات والثوابت والضوابط** لماذا كان من المهم مقارنة تفاعلات المحلول المجهول مع أكثر من تفاعل معلوم؟
5. **البحث** انظر إلى قائمة المواد الكيميائية التي استخدمتها ووضح أثرها على النظام البيئي.
6. **التوسع** ماذا تتوقع إذا كان محلول نيترات الرصاص ($Pb(NO_3)_2$) كان من ضمن المحاليل المستخدمة؟
7. **تحليل الخطأ** قارن النتائج الخاصة بك مع نتائج أصدقاء آخرين في المختبر. فسّر أي فروق أو اختلافات.

التوسع في الاستقصاء

تصميم تجربة ضع فرضية لطريقة يمكنك بواسطتها إزالة هذه المادة الكيميائية من الخور دون إلحاق المزيد من الأضرار بالنظام البيئي للمنطقة. صمم تجربة لاختبار الفرضية الخاصة بك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة تعتبر تفاعلات الأكسدة والاختزال – من بين أكثر العمليات الكيميائية شيوعًا في الطبيعة والصناعة – وهي تتضمن انتقال للإلكترونات.

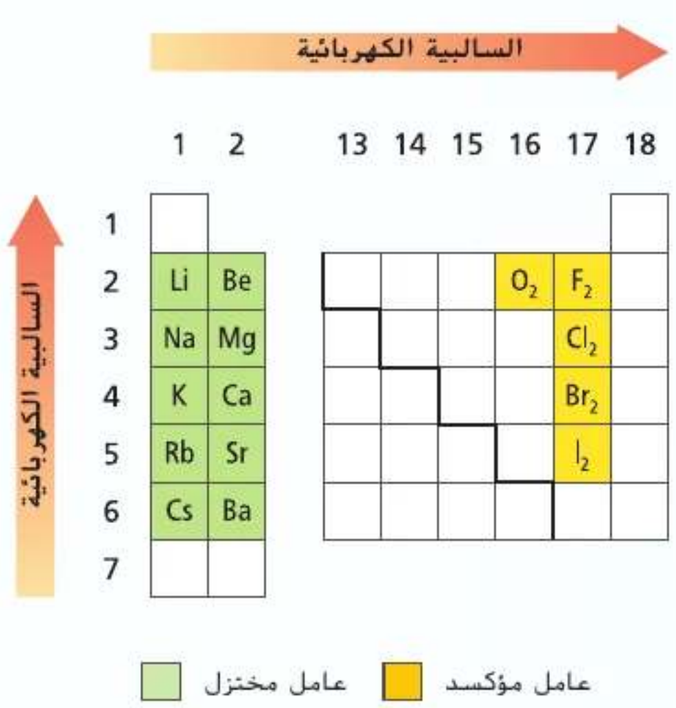
القسم 1 الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** يُعتبر تفاعلا الأكسدة والاختزال تفاعلين متكاملين، حيث تتأكسد مادة وتختزل مادة أخرى.

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال على انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة ينخفض. أما عند أكسدة ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة يرتفع.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تشمل مركبات جزيئية (أو أيونات متعددة الذرات ذات روابط تساهمية)، معظم الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. ويتم التعامل مع الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة على أنها تأكسدت.

المفردات

- **تفاعل الأكسدة والاختزال**
- **أكسدة**
- **اختزال**
- **عدد التأكسد**
- **عامل مؤكسد**
- **عامل مختزل**



القسم 2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** تصبح معادلة الأكسدة والإختزال موزونة عند تساوي مجموع الزيادة في أعداد الأكسدة مجموع الانخفاض لأعداد أكسدة الذرات أو الأيونات في التفاعل.

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن المعادلات في الوسط الحمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن المعادلات في الوسط القاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

المفردات

- **طريقة عدد التأكسد**
- **أنواع**
- **نصف تفاعل**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 1 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

33. ما هي السمة الأساسية لتفاعلات الأكسدة والاختزال؟

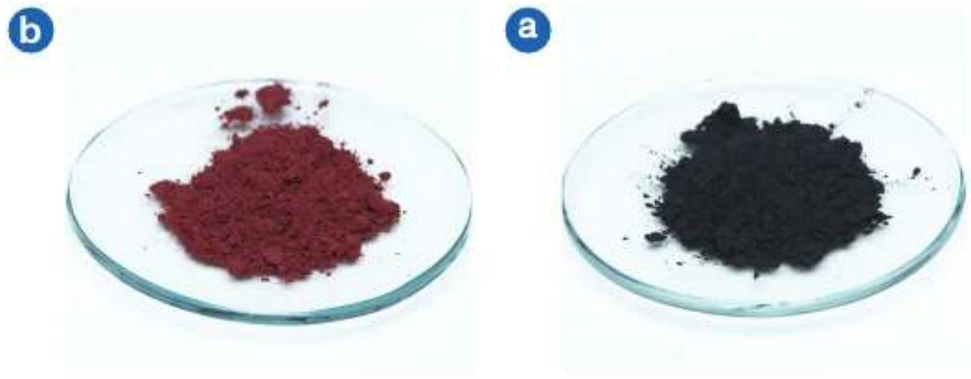
34. فسر لماذا لا تحتوي كل تفاعلات الأكسدة على أكسجين.

35. ماذا يحدث عندما تتأكسد الذرة؟ ومتى تختزل الذرة؟

36. عرّف عدد التأكسد.

37. **الفلزات** ما عدد التأكسد للفلزات القلوية الأرضية في مركباتها؟ وما عدد تأكسد الفلزات القلوية في مركباتها؟

38. كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الأكسدة بعدد الإلكترونات المفقودة؟ كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟



■ **الشكل 9**

39. ما السبب في اختلاف ألوان مركبات النحاس كما هو موضح في **الشكل 9**؟

40. **النحاس والهواء** تماثيل النحاس مثل تمثال الحرية تظهر باللون الأخضر بعد تعرضها للهواء. في عملية الأكسدة يتفاعل فلز النحاس مع الأكسجين لتكوين أكسيد النحاس الصلب الذي يشكل الطبقة الخضراء. اكتب تفاعل عملية الأكسدة وتعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل.

إتقان حل المسائل

41. تعرف على الأنواع التي تأكسدت والأنواع التي اختزلت في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $3Br_2 + 2Ga \rightarrow 2GaBr_3$
b. $2HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
c. $3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$

42. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
b. $2Na + I_2 \rightarrow 2NaI$

43. ما العامل المختزل في المعادلة الموزونة التالية؟

$$8H^+ + Sn + 6Cl^- + 4NO_3^- \rightarrow SnCl_6^{2-} + 4NO_2 + 4H_2O$$

44. ما عدد تأكسد المنجنيز في $KMnO_4$؟

45. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في المركبات والأيونات التالية:

a. $CaCrO_4$ c. NO_2^-
b. $NaHSO_4$ d. BrO_3^-

46. حدد أي أنصاف التفاعلات التالية أكسدة، وأيها اختزال؟

a. $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$
b. $Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$

47. أي من هذه المعادلات لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.

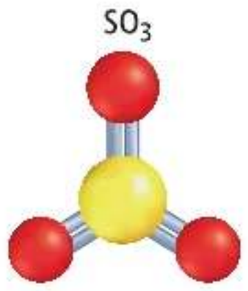
a. $LiOH + HNO_3 \rightarrow LiNO_3 + H_2O$
b. $MgI_2 + Br_2 \rightarrow MgBr_2 + I_2$

48. حدد عدد تأكسد النيتروجين في المركبات أو الأيونات التالية:

a. NO_3 b. N_2O c. NF_3

49. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المركبات أو الأيونات التالية:

a. $Au_2(SeO_4)_3$ (سيلينات الذهب (III))
b. $Ni(CN)_2$ (سيانيد النيكل (III))



■ **الشكل 10**

50. فسر كيف أن أيون الكبريتيت (SO_3^{2-}) يختلف عن ثالث أكسيد الكبريت (SO_3)، الموضّح في **الشكل 10**.

القسم 2

إتقان المفاهيم

51. قارن بين طريقة وزن معادلات الأكسدة والاختزال في المحاليل الحمضية والمحاليل القاعدية.

52. فسر لماذا يعتبر استخدام أيونات الهيدروجين H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال تبسيط للواقع.

53. قبل محاولتك لوزن معادلة تفاعل أكسدة – اختزال لماذا تحتاج لمعرفة هل تم التفاعل في محلول حمضي أم في محلول قاعدي؟

54. ما هو الأيون المتفرج؟

55. عرف المصطلح الأنواع تبعًا لتفاعلات الأكسدة والاختزال.

56. هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسر إجابتك.

$$Fe(s) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag(s)$$

57. هل تمثل المعادلة الآتية عملية اختزال أم أكسدة؟ فسر إجابتك.

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

58. صف ماذا يحدث للإلكترونات في كل نصف تفاعل من عملية الأكسدة والاختزال.

إتقان حل المسائل

59. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + HOCl$

b. $HBrO_3 \rightarrow Br_2 + H_2O + O_2$

60. زن المعادلات الأيونية لتفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Au^{3+}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Au(s) + I_2(s)$

b. $Ce^{4+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Ce^{3+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$

61. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$

b. $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (محلول حمضي)

62. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $PbS + O_2 \rightarrow PbO + SO_2$

b. $NaWO_3 + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2WO_4 + H_2O$

c. $NH_3 + CuO \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

d. $Al_2O_3 + C + Cl_2 \rightarrow AlCl_3 + CO$



■ **الشكل 11**

63. الياقوت يتكون معدن الكوراندوم من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وهو رمادي اللون. الياقوت هو غالباً أكسيد الألمنيوم ولكنه يحتوي على كميات صغيرة من Fe^{2+} و Ti^{4+}. لون الياقوت ناتج عن عملية انتقال الإلكترون من Fe^{2+} إلى Ti^{4+}. استنادًا **للشكل 11**. اكتب المعادلة الكيميائية التي تصف التفاعل الذي يكون المعدن الموجود ناحية اليمين. ما العامل المؤكسد والعامل المختزل؟

64. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال لكل من تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية علمًا أنها تحدث في محلول مائي:

a. $PbO(s) + NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l) + Pb(s)$

b. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$

c. $Sn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow SnCl_2(aq) + H_2(g)$

65. اكتب نصفي التفاعل اللذين يكونان تفاعل الأكسدة والاختزال التالي:

$$3H_2C_2O_4 + 2HAsO_2 \rightarrow 6CO_2 + 2As + 4H_2O$$

66. أي التفاعلات التالية أكسدة وأيها اختزال؟

a. $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

b. $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

c. $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

d. $F_2 \rightarrow 2F^- + 2e^-$



■ **الشكل 12**

67. النحاس عندما يتم وضع النحاس الصلب في محلول نيترات الفضة كما هو مبين **بالشكل 12**. فإنه يظهر فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) ذو اللون الأزرق. اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. اكتب نصفي معادلة التفاعل وحدد أيها أكسدة وأيها اختزال. أخيراً اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

68. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $MoCl_5 + S^{2-} \rightarrow MoS_2 + Cl^- + S$

b. $TiCl_6^{2-} + Zn \rightarrow Ti^{3+} + Cl^- + Zn^{2+}$

69. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. أضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$ (في محلول حمضي)

b. $Br_2 \rightarrow Br^- + BrO_3^-$ (في المحلول القاعدي)

70. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $CO + I_2O_5 \rightarrow I_2 + CO_2$

b. $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

c. $Cu + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO$ (في محلول حمضي)

d. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في محلول حمضي)

e. $Al + OH^- + H_2O \rightarrow H_2 + AlO_2^-$

71. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. وأضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $Cl^-(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow ClO^-(aq) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)

b. $IO_3^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow Br_2(l) + IBr(s)$ (في محلول حمضي)

c. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$ (في محلول حمضي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

مراجعة عامة

72. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط عريض في كل من التالي:

a. OF_2 **b.** UO_2^{2+} **c.** RuO_4 **d.** Fe_2O_3

73. قم بتحديد أي من التغيرات التالية أكسدة وأيها اختزال؟

a. $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ **c.** $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$

b. $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ **d.** $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$

74. استخدم قواعد تحديد أعداد التأكسد لكي تكمل **الجدول 7.**

جدول 7 تعيين عدد التأكسد

العنصر	عدد التأكسد	القاعدة
K في KBr	+1	
Br في KBr		8
Cl في Cl_2		1
K في KCl		7
Cl في KCl	−1	
Br في Br_2	0	

75. حدد العامل المختزل في كل من المعادلات التالية:

a. $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

b. $Na_2SO_4 + 4C \rightarrow Na_2S + 4CO$

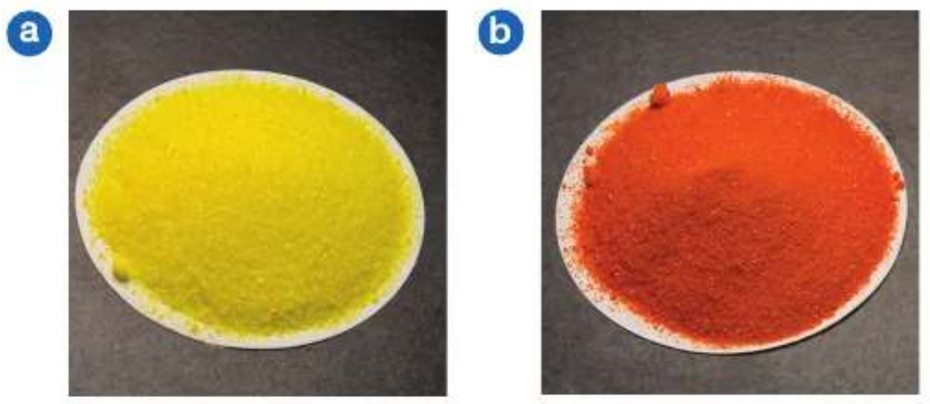
c. $4IrF_5 + Ir \rightarrow 5IrF_4$

76. اكتب معادلة الأكسدة والاختزال الأيونية الموزونة مستخدمًا أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
$Te^{2+} + 2e^- \rightarrow Te$

b. $IO_4^- + 2e^- \rightarrow IO_3^-$
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ (في محلول حمضي)

c. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$
$N_2O \rightarrow 2NO_3^- + 8e^-$ (في محلول حمضي)



■ **الشكل 13**

77. ما السبب في اختلاف أشكال مركبات الكروم كما هو موضح في الشكل **13**؟

78. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدمًا أي طريقة من طرائق وزن المعادلات:

a. $Sb^{3+} + MnO_4^- \rightarrow SbO_4^{3-} + Mn^{2+}$
(في محلول حمضي)

b. $N_2O + ClO^- \rightarrow Cl^- + NO_2^-$
(في المحلول القاعدي)

79. **الأحجار الكريمة** الياقوت من الأحجار الكريمة يتكون من أكسيد الألمنيوم ولونه الأحمر ينتج من الكمية الضئيلة من أيونات الكروم (III) مستبدلًا بعض أيونات الألمنيوم. اكتب صيغة أكسيد الألمنيوم ووضح التفاعل الذي يحل فيه أيون الكروم محل أيون الألمنيوم. هل هذا تفاعل أكسدة واختزال؟

80. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدماً أي طريقة من طرائق وزن المعادلات:

a. $Mg + Fe^{3+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$

b. $ClO_3^- + SO_2 \rightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

81. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدماً أي طريقة من طرائق الوزن:

a. $P + H_2O + HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + NO$

b. $KClO_3 + HCl \rightarrow Cl_2 + ClO_2 + H_2O + KCl$

التفكير الناقد

82. **تطبيق** المعادلات الآتية تظهر تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستخدم احياناً في المختبر لإنتاج غاز النيتروجين وغاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين النقي (أكسيد النيتروز. N_2O).

$$NH_4NO_2(s) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(l)$$

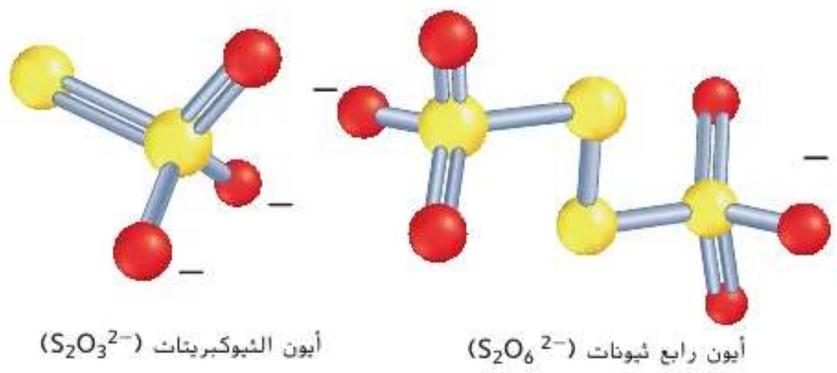
a. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المعادلتين ثم بعد ذلك قم برسم مخطط موضحاً التغيرات في أعداد التأكسد التي حدثت في كل تفاعل.

b. حدد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في كل من التفاعلين.

c. حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلين.

d. اكتب جملة توضح كيف أن انتقال الإلكترون الحادث في هذين التفاعلين يختلف عن ذلك الحادث في التفاعل أدناه.

$$2AgNO_3 + Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$



■ **الشكل 14**

83. **التحليل** افحص المعادلة الأيونية أدناه فيما يتعلق بالتفاعل الحادث عندما يتأكسد أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ إلى أيون رابع ثيونات $S_4O_6^{2-}$. وزن المعادلة باستخدام طريقة نصف التفاعل. **الشكل 14** سيساعدك لتحديد أعداد التأكسد المستخدمة.

$S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow I^- + S_4O_6^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

84. **تنبأ** ضع في اعتبارك أن كل ما يلي هي مركبات مستقرة. ما الذي يمكنك أن تستدل عليه عن حالة الأكسدة لعنصر الفسفور في مركباته؟

PH_3, PCl_3, P_2H_4, PCl_5, H_3PO_4, Na_3PO_3

85. **حل** برمنجنات البوتاسيوم تؤكسد أيونات الكلوريد إلى غاز الكلور. زن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال هذه علمًا أن التفاعل يحدث في محلول حمضي.

86. في نصف التفاعل $NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$. في أي من طرفي المعادلة يجب إضافة الإلكترونات؟ اضف عدد الإلكترونات الصحيح للطرف الذي يحتاج إليها وأعد كتابة المعادلة.



■ **الشكل 15**

87. تفاعل الأكسدة والاختزال بين أيونات ($Cr_2O_7^{2-}$) وأيونات (I^-) في المحلول الحمضي مُوضح بالشكل **15**. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال.

مسألة تحدّي

88. لكل تفاعل موصوف، اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تمثله. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. ثم، اكتب نصفي التفاعل وصنفها إلى تفاعل أكسدة وتفاعل اختزال. أخيرًا اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.
   a. يُوضع أكسيد الزئبق (II) الصلب في أنبوبة الاختبار ويسخن برفق. يتكون الزئبق السائل على الجانبين وفي الجزء السفلي من الأنبوبة وتخرج فقاعات غاز الأكسجين من أنبوبة الاختبار.
   b. عند وضع قطع نحاس صلبة في محلول نيترات الفضة، يترسب فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) الأزرق.

الكتابة في ◀ الكيمياء

89. **الفولاذ** ابحث في دور تفاعلات الأكسدة والاختزال في صناعة الفولاذ. اكتب ملخص للنتائج الخاصة بك، متضمناً في ذلك الرسومات التخطيطية الملائمة والمعادلات التي تمثل التفاعلات.

90. **الفضيات** قم بممارسة مهارات الكتابة التقنية الخاصة بك عن طريق كتابة إرشادات لتنظيف الفضيات الملطخة بعملية أكسدة واختزال كيميائية. من المؤكد أن تشمل المعلومات الأساسية التي تصف العملية، فضلا عن الخطوات التفصيلية التي تسمح لأي شخص أن ينجز المهمة.

91. كان النحاس فلزًا مفيدًا حتى قبل أن يستخرج الحديد والفضة والذهب من خاماتها واستخدامها كأدوات وأواني ومجوهرات. وفي الأعمال الفنية. تم صهر النحاس في درجات حرارة عالية قبل 8000 سنة. قارن بين عمليات استخراج النحاس واستخداماته في الحضارات القديمة واليوم.

DBQ

أسئلة مبنية على المستندات

طلاء الزجاج تشكيل الألوان في زجاج السيراميك، كما في **الشكل 16**، يمكن أن يتأثر بظروف عملية التصنيع (مثل: درجة الحرارة). أيونات الفلزات التي لديها أكثر من حالة أكسدة مثل النحاس يمكنها أن تعطي ألوانًا مختلفة للسيراميك. عند القيام بعملية التسخين تتوفر كميات كبيرة من الأكسجين مما يجعل أيونات النحاس تحول لون السيراميك من اللون الأخضر إلى اللون الأزرق. في ظل ظروف الاختزال يكون الأكسجين محدودًا وثاني أكسيد الكربون متوفرًا. تعطي أيونات النحاس في مادة السيراميك لونًا محمرًا.



■ **الشكل 16**

92. اكتب المعادلة لما حدث في الآنية المبينة في **الشكل 16**.

93. استنادًا إلى لون الآنية الفخارية، ماهي حالة أكسدة النحاس المختزلة؟ المؤكسدة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب تراكمي على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. أي مما يلي لا يعتبر عامل مختزل في تفاعل الأكسدة والاختزال؟
A. المادة التي تأكسدت
B. المادة المستقبلة للإلكترون
C. المادة الأقل سالبية كهربائية
D. المادة المانحة للإلكترون

2. التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس(II) الموضح أدناه.

$$Ni(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow Cu(s) + NiCl_2(aq)$$

ما نصفا تفاعلات الأكسدة والاختزال؟
A. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + 2e^-$
B. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + e^-$, $Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$
C. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
D. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $2Cu^+ + 2e^- \rightarrow Cu$

وظف التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور الموضح أدناه في الاجابة عن السؤالين 3 و 4

$$2NaI(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + I_2(aq)$$

3. ما سبب عدم تغير عدد تأكسد الصوديوم؟
A. Na^+ أيون متفرج.
B. Na^+ لا يمكن اختزاله.
C. الصوديوم عنصر غير متحد.
D. Na^+ أيون أحادي الذرة.

4. أي التالية العامل المؤكسد في التفاعل ؟
A. Cl_2
B. I_2
C. NaCl
D. NaI

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم المعادلة أدناه للإجابة عن الأسئلة *5* و *6*.

$$I_2(s) + PbO_2(s) \rightarrow IO_3^-(aq) + Pb^{2+}(aq)$$

5. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في التفاعل.

6. اشرح كيفية التعرف على العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

استخدم القائمة أدناه للإجابة على الأسئلة من *7* إلى *10*

خمس دوارق يحتوي كل منها 500 mL من محلول مائي تركيزه 0.250 *M* المائي من المركبات الكيميائية التالية:
A. KCl
B. CH_3OH
C. $Ba(OH)_2$
D. CH_3COOH
E. NaOH

7. ما المركب الكيميائي الذي سيتفكك إلى أكبر عدد من الجسيمات عند إذابته في محلول؟

8. ما المركب الكيميائي صاحب أكبر كتلة مولية؟

9. أي الدوارق يحتوي على 9.32 g من المركب الكيميائي المخصص؟

10. أي الدوارق تتكون محتوياتها من 18.7% أكسجين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ملاحظات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Graw-Hill Education

الوحدة 2

الكيمياء الكهربائية

الفكرة **الرئيسة** يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

الأقسام

1 الخلايا الفولتية

2 البطاريات

3 التحليل الكهربائي

التجربة الاستهلالية

كيف يمكنك صنع بطارية من ليمونة؟

يمكنك شراء مصدرًا من الطاقة المحمولة من أي متجر من المتاجر – بطارية. كما يمكنك أيضا إضاءة مصباح بالليمونة. سوف تدرس، في هذا المختبر مدى تشابه مصادر الطاقة هذه.

مطوياتي®
منظم الدراسة

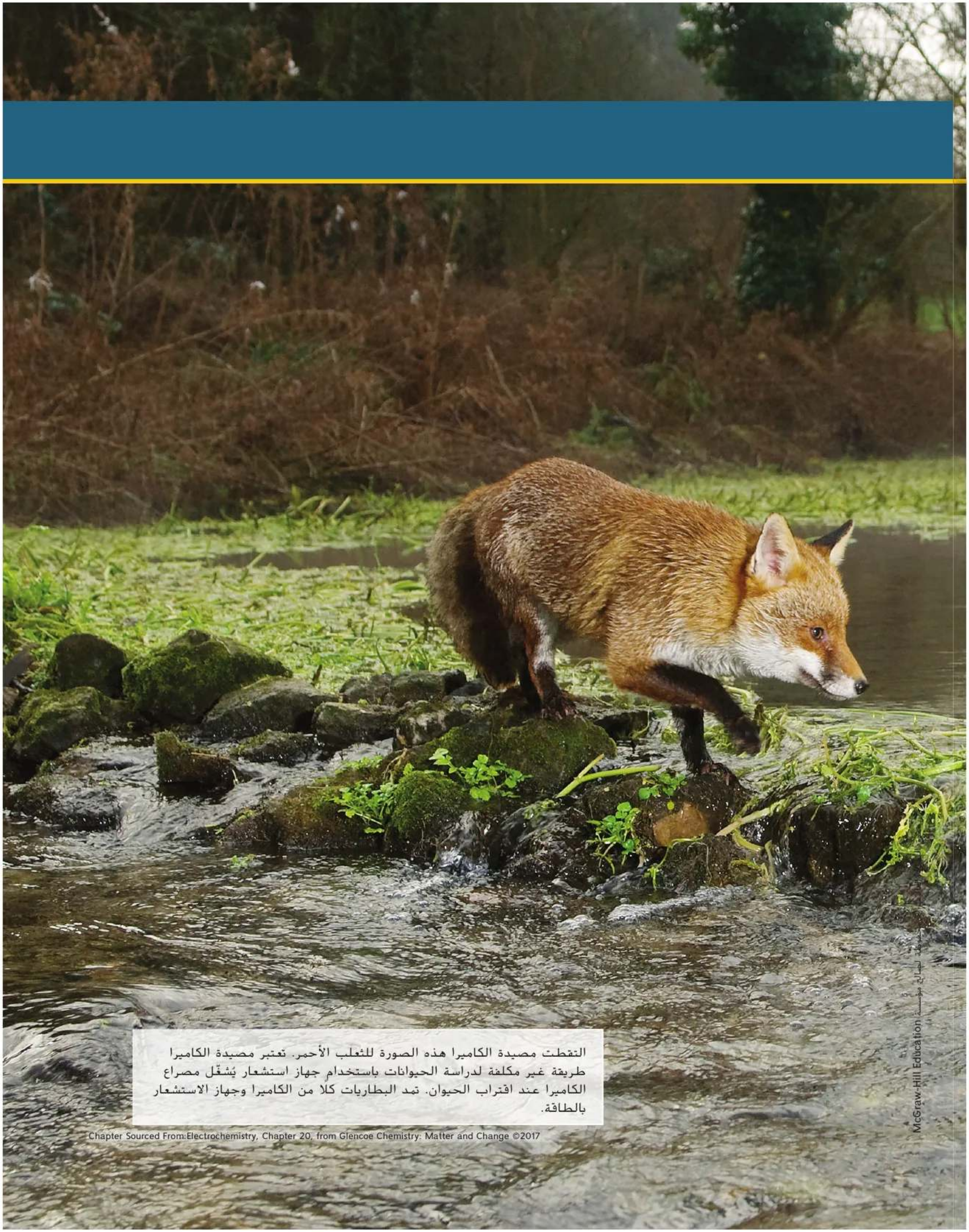
الخلايا الكهروكيميائية

اصنع مطوية. وضع عليها علامات كما هو موضح. استخدمها لمساعدتك في المقارنة بين الخلايا الفولتية والخلايا الكهربائية.





حقوق الطبع © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



التقطت مصيدة الكاميرا هذه الصورة للثعلب الأحمر. تعتبر مصيدة الكاميرا طريقة غير مكلفة لدراسة الحيوانات باستخدام جهاز استشعار يُشغّل مصراع الكاميرا عند اقتراب الحيوان. تمد البطاريات كلا من الكاميرا وجهاز الاستشعار بالطاقة.

Chapter Sourced From:Electrochemistry, Chapter 20, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

McGraw-Hill Education حقوق الصالح مؤسسة

القسم 1

الخلايا الفولتية

الفكرة **الرئيسة** تحدث الأكسدة في الخلايا الفولتية عند الأنود، مما يؤدي إلى إنتاج إلكترونات والتي تتدفق إلى الكاثود، حيث يحدث الاختزال.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يتم الحصول على الطاقة الكهربائية من تفاعل الأكسدة والاختزال؟
- ما أجزاء الخلايا الفولتية وكيف يعمل كل جزء من هذه الأجزاء؟
- كيف يتم حساب جهد الخلية وكيف يتم تحديد تلقائية حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال؟

مراجعة المفردات

الأكسدة oxidation: فقدان الذرات للإلكترونات وزيادة عدد الأكسدة.

الاختزال reduction: اكتساب الذرات للإلكترونات ونقص عدد الأكسدة.

المفردات الجديدة

القنطرة الملحية	salt bridge
الخلية الكهروكيميائية	electrochemical cell
الخلية الفولتية	voltaic cell
نصف الخلية	half-cell
الأنود	anode
الكاثود	cathode
جهد الاختزال	reduction potential
قطب الهيدروجين القياسي	standard hydrogen electrode

الكيمياء في حياتك

ماذا يمكنك أن تفعل بنصف ورقة نقدية بقيمة 10 دراهم؟ بدون النصف الآخر، لا يمكنك إنفاقها. الخلايا الفولتية هي خلايا تتكون من نصفين وينتج كلا النصفين الطاقة.

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

الكيمياء الكهربائية هي دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس. تعتبر العمليات الكهروكيميائية عمليات مفيدة في مجال الصناعة كما تعتبر ذات أهمية كبرى في الوظائف الأحيائية.

لقد تعلمت أن جميع تفاعلات الأكسدة والاختزال تتضمن عملية انتقال الإلكترونات من المواد التي تتأكسد إلى الأنواع التي تُختزل. يوضح **الشكلان 1** و **2** تفاعل أكسدة واختزال بسيط حيث تتأكسد ذرات الخارصين لتكوّن أيونات (Zn^{2+}). يتم قبول الإلكترونين الخارجين من كل ذرة خارصين من قبل أيون النحاس (Cu^{2+}) والذي يصبح ذرة فلز النحاس. توضح المعادلة الأيونية التالية عملية انتقال الإلكترونات التي تحدث.

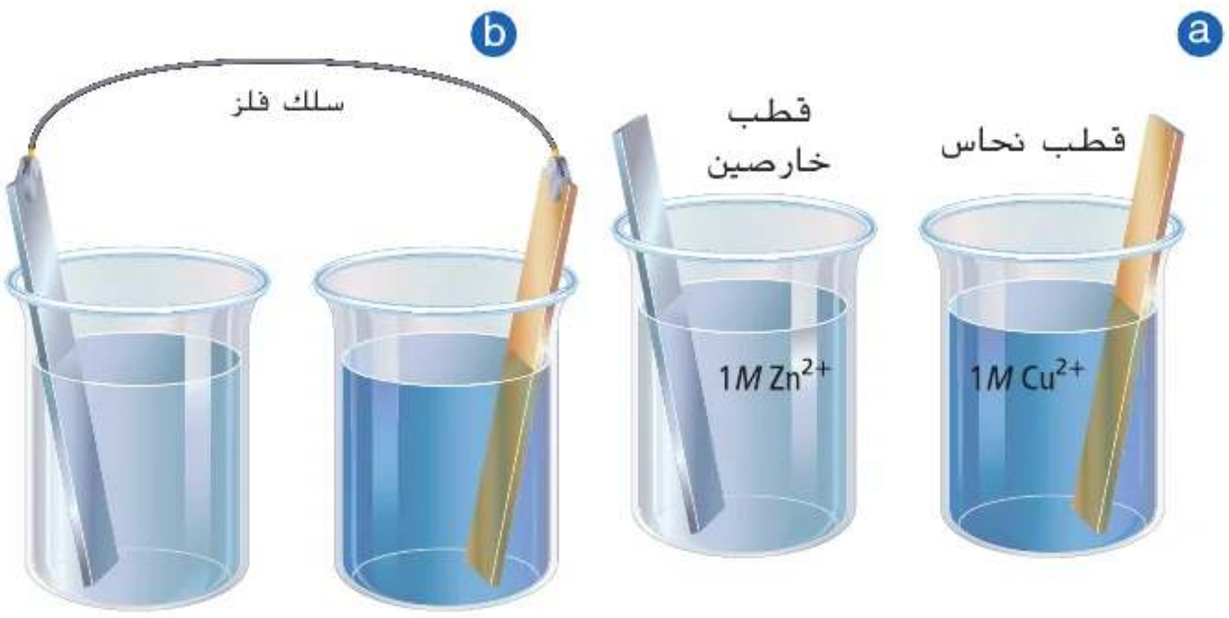
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \quad (2e^- \text{ transferred})$$

تفاعلات نصفية يتكون التفاعل السابق من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الاختزال التاليين:

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي: فقدان الإلكترونات)

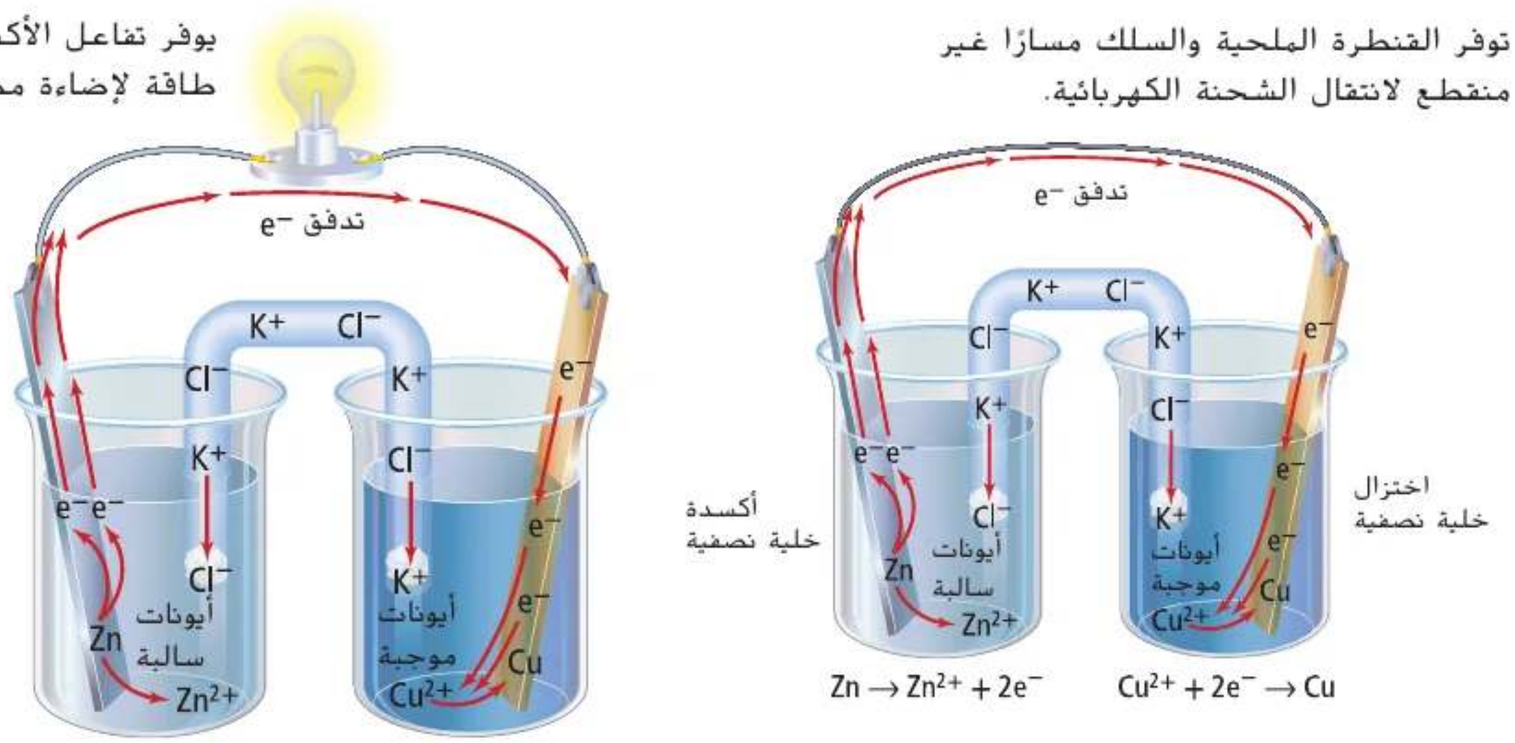
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (تفاعل الاختزال النصفي: اكتساب الإلكترونات)

ماذا تعتقد أنه سيحدث إذا فصلت التفاعل النصفي للأكسدة عن التفاعل النصفي للاختزال؟ هل يمكن حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال؟ انظر **الشكل 1a** حيث يتم غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين وحيث يتم غمر لوح من النحاس في محلول كبريتات النحاس (II).



■ **الشكل 1** تم وضع هذه الأوعية وترتيبها بحيث يتأكسد الخارصين في جانب واحد، بينما يتم اختزال أيونات النحاس في الجانب الآخر. في **a** تم غمس لوح الخارصين في 1 *M* محلول كبريتات الخارصين ولوح النحاس في 1 *M* كبريتات النحاس. في **b** يوفر السلك الفلزي الذي يربط بين لوحي الخارصين والنحاس مسارًا لانتقال الإلكترونات ولكن هذا المسار غير كامل. فلا يزال انتقال الإلكترونات غير ممكن.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 2** تؤدي إضافة القنطرة الملحية إلى إكمال المسار. تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة الخارصين. تتحرك الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة النحاس.

توجد مشكلتان تحول دون حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال. الأولى، لا توجد طريقة لنقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس (II). يمكن حل هذه المشكلة من خلال ربط لوحي الخارصين والنحاس بسلك فلزي. كما هو موضح في **الشكل 1b** حيث يعمل هذا السلك كمسار لانتقال الإلكترونات من لوح الخارصين إلى لوح النحاس.

الثانية، عند وضع الألواح الفلزية في المحاليل الخاصة بها، تبدأ عملية الأكسدة في لوح الخارصين ويبدأ الاختزال لأيونات النحاس – ولكن لا يمكن لهذه التفاعلات أن تستمر. يرجع السبب في هذا إلى أنه عند تأكسد الخارصين، تتراكم أيونات الخارصين الموجبة حول القطب الكهربائي للخارصين. وبينما يتم اختزال أيونات النحاس في محلول كبريتات النحاس، تتراكم أيونات الكبريتات السالبة حول القطب الكهربائي للنحاس. ويمنع تراكم الشحنات استمرار التفاعل. ولحل هذه المشكلة، تجب إضافة قنطرة ملحية للنظام.

القنطرة الملحية هي مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى الأخرى، كما هو موضح في **الشكل 2**. تتكون القنطرة الملحية من أنبوب يحتوي على محلول ملح قابل للذوبان وموصل للتيار الكهربائي مثل KCl والذي يحفظ في مكانه باستخدام هلام آجار أو أي مادة أخرى يمكن للأيونات الانتقال خلالها، بينما لا يسمح باختلاط المحلولين.

عندما يتم وضع السلك الفلزي الموصل والقنطرة الملحية في مكانهما، تبدأ عملية الأكسدة والاختزال في الحدوث تلقائيًا. تنتقل الإلكترونات عبر السلك من تفاعل الأكسدة النصفي إلى تفاعل الاختزال النصفي، بينما تتحرك الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحية. يُطلق على تدفق الجسيمات المشحونة تيار كهربائي في **الشكل 2**، تتدفق الإلكترونات عبر السلك وتتدفق الأيونات عبر القنطرة الملحية فيتكون ما يعرف بالتيار الكهربائي. يمكن استخدام طاقة الإلكترونات المتدفقة لإضاءة مصباح، كما هو موضح في **الشكل 2**.

الخلايا الكهروكيميائية يُعد الجهاز الموضح في **الشكل 2** نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية والتي تُدعى الخلايا الفولتية. **الخلية الكهروكيميائية** هي جهاز يستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. **الخلية الفولتية** هي نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تُسمى الخلية الفولتية، كما هو موضح في **الشكل 3** بذلك الاسم نسبة إلى عالم الفيزياء الإيطالي أليساندرو فولتا (1745-1827) الذي يرجع إليه الفضل في اختراعها عام 1800.

■ **الشكل 3** يتشابه هذا الشكل مع إحدى الخلايا الأولى لأليساندرو فولتا والتي تتكون من أقراص من الخارصين والنحاس مرتبة في طبقات متبادلة ويفصلها قطع من القماش أو الورق المقوى المغطس في محلول حمضي. يزداد التيار الكهربائي بزيادة عدد الأقراص الفلزية المستخدمة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كيمياء الخلايا الفولتية

تتكون الخلية الكهروكيميائية من جزأين يُطلق عليهما **نصفا الخلية** حيث يحدث كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال كل على حدة. يحتوي كل نصف على قطب ومحلول يحتوي على أيونات. القطب هو مادة موصلة للكهرباء، عادة ما تكون شريطًا فلزيًا أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات داخل وخارج المحلول في الخلية النصفية. في **الشكل 2**، نجد الكأس الذي يحتوي على قطب الخارصين حيث تحدث عملية الأكسدة والتي تعتبر نصف تفاعل الأكسدة والاختزال. كما نجد الكأس الذي يحتوي على قطب النحاس حيث تحدث عملية الاختزال والتي تعتبر النصف الثاني للتفاعل الذي يحدث. يُطلق على التفاعل الذي يحدث في كل نصف من الخلايا النصفية تفاعلاً لخلية نصفية. يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الأكسدة **الأنود.** يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الاختزال **الكاثود.**

التأكد من فهم النص **حدد** أي من الكأسين في **الشكل 2** يحتوي على الأنود.

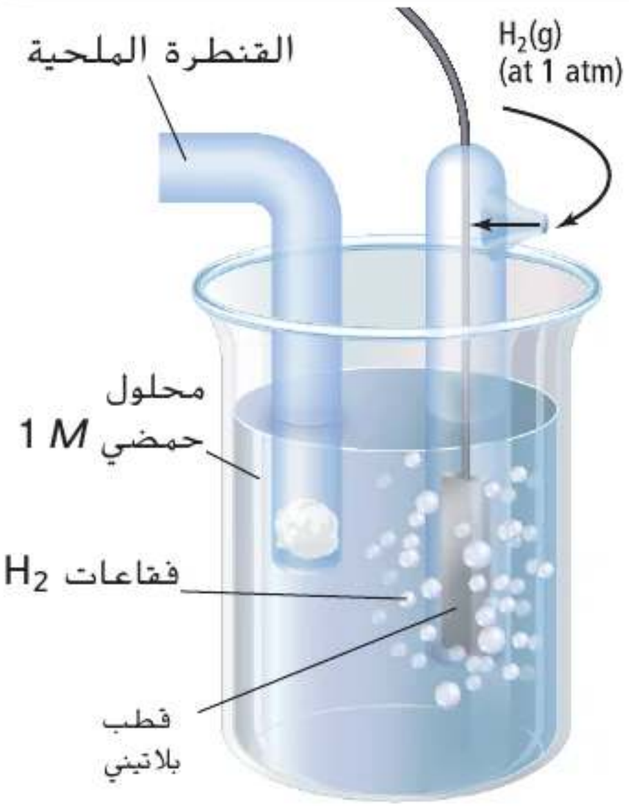
الخلايا الفولتية والطاقة تذكر أن الطاقة الكامنة للقطب ترجع إلى وضعه أو تكوينه. في الكيمياء الكهربائية، تعتبر الطاقة الكهربائية الكامنة مقياس لمقدار التيار الذي يمكن توليده من الخلية الفولتية للقيام بالشغل. يمكن للشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين فقط عندما يوجد اختلاف في الطاقة الكهربائية الكامنة بينهما. في الخلية الكهروكيميائية، هاتان النقطتان هما القطبان ويُعتقد أن الإلكترونات المتولدة عند الأنود، جانب التأكسد، يتم دفعها أو تحريكها نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية (EMF). تتولد هذه القوة نتيجة للفرق في الطاقة الكهربائية الكامنة بين القطبين ويُشار إليها بجهد الخلية. الفولت هو وحدة قياس جهد الخلية ويعتبر فرق الجهد الكهربائي للخلية الفولتية مؤشرًا للطاقة المتوفرة لتحريك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

راجع التشبيه الموضح في **الشكل 4.** يعتبر قطار الملاهي ثابتًا تقريبًا على قمة مساره. ثم يهوي من مكانه المرتفع نتيجة للفرق في طاقة الوضع الجذبية (PE) بين قمة المسار وأسفله. يتم تحديد الطاقة الحركية (KE) لقطار الملاهي بحساب الفرق في الارتفاع بين قمة الأجزاء العلوية والسفلية للمسار. وبالمثل، يتم تحديد طاقة الإلكترونات المتدفقة من الأنود إلى الكاثود في الخلية الفولتية من خلال فرق الطاقة الكامنة الكهربائية بين القطبين. وفيما يتعلق بالأكسدة والاختزال، يتم تحديد جهد الخلية بمقارنة الفرق بين ميل كلا القطبين لاكتساب الإلكترونات. كلما زاد الفرق، زاد فرق الطاقة الكامنة بين القطبين وزاد جهد الخلية.



■ **الشكل 4** يمتلك قطار الملاهي في قمة المسار طاقة وضع عالية مقارنة بأسفل المسار بسبب الفرق في الارتفاع. وبالمثل، فإن الخلية الكهروكيميائية لديها طاقة وضع لإنتاج تيار بسبب وجود فرق بين جهدي القطبين لنقل الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 5** يتكون قطب الهيدروجين القياسي من قطب بلاتين مغمور في محلول حمضي تركز أيونات الهيدروجين فيه 1 *M* ويضخ غاز هيدرجين تحت ضغط 1 atm في المحلول. جهد اختزال هذا القطب يساوي 0.000V.

اختزال

$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

أكسدة

$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

تتسبب قوة الجاذبية دائمًا في اتجاه الغواص إلى الأسفل حيث حالة الطاقة المنخفضة وليس صعودًا نحو حالة الطاقة الأعلى مطلقًا. عندما يخطو الغواص خارج لوحة الغوص، فإن أولى حركاته التلقائية تكون دائمًا إلى الأسفل. وبالمثل، ففي خلية الخارصين والنحاس وفي ظل الظروف القياسية، تكسب أيونات النحاس (II) عند الكاثود إلكترونات بسهولة أكبر مقارنة بأيونات الخارصين عند الأنود. لذلك، يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا فقط عند تدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس.

المفردات

المفردات الأكاديمية

يتوافق Correspond

يتفق أو يتناسب

اتجاهاتها تتوافق مع الخريطة.

حساب جهود الخلايا الكهروكيميائية

تذكر أن عملية اكتساب الإلكترونات تُسمى الاختزال. وبناءً على هذه الحقيقة، فإن ميل المادة لاكتساب إلكترونات هو **جهد الاختزال.** لا يمكن تحديد جهد الاختزال للقطب الكهربائي مباشرةً حيث يجب اقتران تفاعل الاختزال النصفي مع تفاعل الأكسدة النصفي. عند اقتران التفاعلين النصفيين مع بعضهما البعض، يتوافق الجهد المتولد مع الفرق في الجهد بين التفاعلين. يتم التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين بالفولت (V).

مطوياتي®

استخدم المعلومات الواردة في مطويتك.

قطب الهيدروجين القياسي قرر الكيميائيون منذ زمن بعيد قياس جهد الاختزال لجميع الأقطاب الكهربائية مقابل قطب واحد وهو قطب الهيدروجين القياسي. يتكون **قطب الهيدروجين القياسي** من لوح صغير من البلاتين المغمور في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين بتركيز 1 *M*. ويتم ضخ غاز الهيدروجين (H_2) في المحلول عند ضغط 1 atm وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند 25°C. كما هو موضح في **الشكل 5**. يُقدّر هذا الجهد والذي يُسمى أيضًا بجهد الاختزال القياسي (E^0) لقطب الهيدروجين القياسي بمقدار 0.000 V. يمكن لهذا القطب أن يكون بمثابة تفاعل الأكسدة النصفي أو تفاعل الاختزال النصفي، تبعًا للخلية النصفية المتصلة به. يتمثل التفاعلان المحتملان في قطب الهيدروجين القياسي فيما يلي:

$$2H^+(aq) + 2e^- \underset{\text{الأكسدة}}{\overset{\text{الاختزال}}{\rightleftharpoons}} H_2(g) \qquad E^0 = 0.000\ V$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

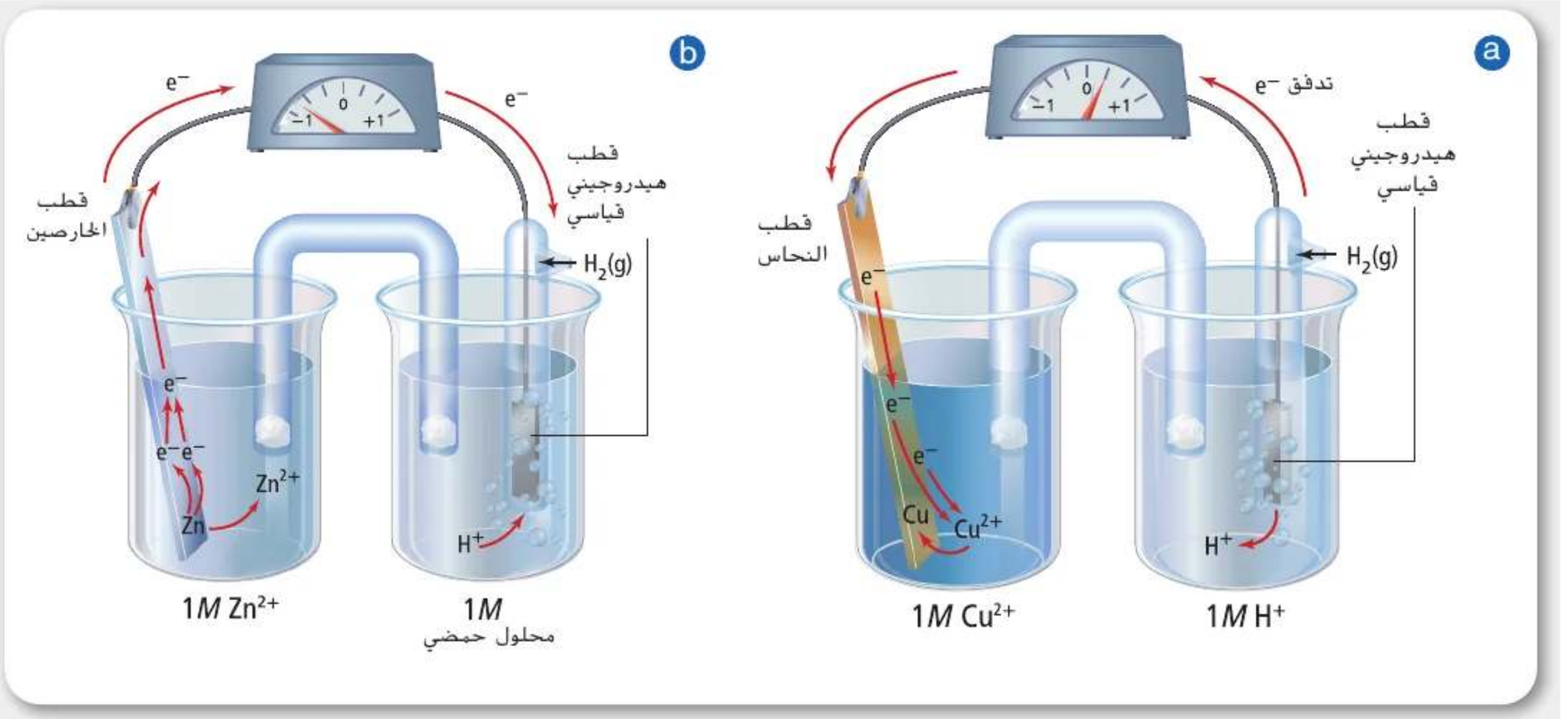
جهود أنصاف الخلايا لقد قاس الكيميائيون وسجلوا على مر السنين جهود الاختزال القياسية لأنصاف خلايا كثيرة ومختلفة. يسرد **الجدول 1** بعض التفاعلات لأنصاف الخلايا الشائعة مرتبة تصاعديًا تبعًا لجهود اختزالها. تم الحصول على القيم المُسجلة بالجدول عن طريق قياس الجهد عند توصيل كل نصف خلية بنصف خلية الهيدروجين القياسية. تم تسجيل التفاعلات النصفية في **الجدول 1** كتفاعلات اختزال. بالرغم من هذا، في الخلية الفولتية التي تشمل دائمًا على تفاعلين نصفيين تلقائيين، سوف يتجه التفاعل النصفي ذو الجهد الاختزالي الأقل في الاتجاه العكسي وسوف يكون تفاعل التأكسد. أي يعتبر التفاعل النصفي الأكثر في القيمة الموجبة اختزالًا والتفاعل النصفي الأكثر في القيمة السالبة تأكسدًا، أي القطب الذي جهد اختزاله أعلى يكون الكاثود والقطب الذي جهد اختزاله أقل يكون الأنود.

يجب أن يكون القطب الكهربائي الذي يتم قياسه خاضعًا للظروف القياسية، أي، يجب أن يكون مغموسًا في محلول يحتوي على $1\ M$ من الأيونات عند درجة حرارة $25°C$ وضغط $1\ atm$ يعتبر الصفر المكتوب فوق الحرف في الترميز E^0 وسيلة مختصرة للإشارة إلى "القياس تحت الظروف القياسية".

الجدول 1 جهود الاختزال القياسية

التفاعل النصفي	E^0 (V)	التفاعل النصفي	E^0 (V)
$Cu^{2+} + e^- \rightleftarrows Cu^+$	+0.153	$Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$	−3.0401
$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$	+0.3419	$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ca$	−2.868
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftarrows 4OH^-$	+0.401	$Na^+ + e^- \rightleftarrows Na$	−2.71
$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2I^-$	+0.5355	$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mg$	−2.372
$Fe^{3+} + e^- \rightleftarrows Fe^{2+}$	+0.771	$Be^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Be$	−1.847
$NO_3^- + 2H^+ + e^- \rightleftarrows NO_2 + H_2O$	+0.775	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Al$	−1.662
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftarrows 2Hg$	+0.7973	$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mn$	−1.185
$Ag^+ + e^- \rightleftarrows Ag$	+0.7996	$Cr^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cr$	−0.913
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg$	+0.851	$2H_2O + 2e^- \rightleftarrows H_2 + 2OH^-$	−0.8277
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg_2^{2+}$	+0.920	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Zn$	−0.7618
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftarrows NO + 2H_2O$	+0.957	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Cr$	−0.744
$Br_2(l) + 2e^- \rightleftarrows 2Br^-$	+1.066	$S + 2e^- \rightleftarrows S^{2-}$	−0.47627
$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pt$	+1.18	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Fe$	−0.447
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.229	$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cd$	−0.4030
$Cl_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^-$	+1.35827	$PbI_2 + 2e^- \rightleftarrows Pb + 2I^-$	−0.365
$Au^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Au$	+1.498	$PbSO_4 + 2e^- \rightleftarrows Pb + SO_4^{2-}$	−0.3588
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.507	$Co^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Co$	−0.28
$Au^+ + e^- \rightleftarrows Au$	+1.692	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ni$	−0.257
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.776	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Sn$	−0.1375
$Co^{3+} + e^- \rightleftarrows Co^{2+}$	+1.92	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pb$	−0.1262
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftarrows 2SO_4^{2-}$	+2.010	$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Fe$	−0.037
$F_2 + 2e^- \rightleftarrows 2F^-$	+2.866	$\mathbf{2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2}$	**0.0000**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

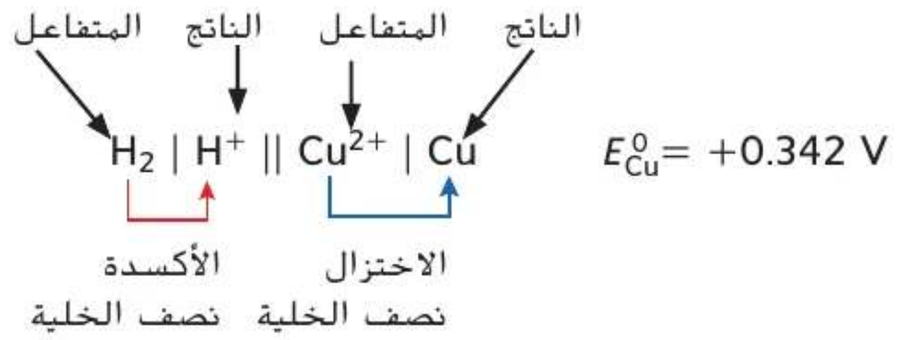


قياس جهد الخلية الكهروكيميائية يمكنك استخدام **الجدول 1** لحساب الجهد الكهربائي للخلية الفولتية التي تتكون من قطبي النحاس والخارصين تحت الظروف القياسية. الخطوة الأولى هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية للنحاس(E^0_{Cu}) عند توصيل قطب النحاس بالقطب القياسي للهيدروجين. كما في **الشكل 6a**، تتدفق الإلكترونات من القطب الهيدروجيني إلى قطب النحاس وتُختزل أيونات النحاس إلى ذرات النحاس. قيمة E^0، التي يتم قياسها بالفولتميتر 0.342 V+. يشير الجهد الموجب إلى أن أيونات Cu^{2+} في قطب النحاس تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات H^+ في القطب القياسي للهيدروجين. لذلك، فإن عملية الأكسدة تحدث عند قطب الهيدروجين وعملية الاختزال تحدث عند قطب النحاس. تتمثل التفاعلات النصفية لعمليتي الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي في:

$$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^- \quad \text{(تفاعل الأكسدة النصفي)}$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \quad \text{(تفاعل الاختزال النصفي)}$$

$$H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s) \quad \text{(تفاعل الأكسدة والاختزال الكلي)}$$

يمكن كتابة هذا التفاعل في صيغه تُسمى بترميز الخلية.



يتم كتابة طرفي تفاعل الأكسدة أولا ووفقًا لترتيبهما الوارد في تفاعل الأكسدة للخلية النصفية – المادة المتفاعلة / الناتج. ويتبعان بخط عمودي مزدوج (||) والذي يمثل السلك الفلزي والقنطرة الملحية اللذين يصلان بين نصفي الخلية. ثم تتم كتابة طرفي تفاعل الاختزال بالطريقة نفسها المادة المتفاعلة/الناتج. لاحظ أنه بالنسبة للقيم الموجبة الخاصة بـ E^0 من المعتاد أن يتم وضع إشارة موجب لناتج جمع قيم الفولتية.

■ **الشكل 6 a.** عند توصيل قطب $Cu^{2+}|Cu$ بالقطب الهيدروجيني، تنتقل الإلكترونات نحو شريط النحاس وتختزل Cu^{2+} إلى ذرات النحاس. يبلغ جهد هذا التفاعل 0.342V + b عند توصيل قطب $Zn \mid Zn^{2+}$ بالقطب الهيدروجيني، تتدفق الإلكترونات من شريط الخارصين وتتأكسد ذرات الخارصين إلى أيونات Zn^{2+} يبلغ جهد هذا التفاعل 0.762 V–.

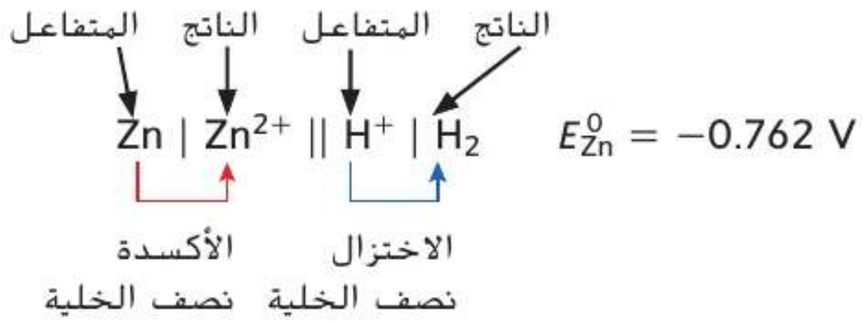
McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

الخطوة التالية هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين(E^0_{Zn}). عند قياس جهد اختزال الخارصين القياسي مقابل قطب الهيدروجين القياسي في ظل الظروف القياسية، كما هو موضح في **الشكل 6b**، تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروجين. قيمة E^0 للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين والذي يتم قياسه بالفولتميتر 0.762 V–. مما يعني أن أيونات الهيدروجين الموجبة في قطب الهيدروجين تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر عما تفعله أيونات الخارصين. لذلك، فإن أيونات الهيدروجين لديها جهد اختزال أعلى من أيونات الخارصين. تذكر أنه قد تم تعيين جهد صفر لقطب الهيدروجين، لذا يجب أن يكون جهد الاختزال لقطب الخارصين ذا قيمة سالبة. تتم كتابة تفاعلي نصفي الخلية والتفاعل الكلي على النحو التالي:

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \quad \text{(تفاعل الأكسدة)}$$
$$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g) \quad \text{(تفاعل الاختزال)}$$

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g) \quad \text{(تفاعل الأكسدة والاختزال الكامل للخلية)}$$

يمكن كتابة هذا التفاعل بترميز الخلية كالآتي:



تتمثل الخطوة الأخيرة في عملية حساب جهد الخلية الكهروكيميائية في جمع الخلايا النصفية للنحاس والخارصين باعتبارهما خلية فولتية. يعني هذا إمكانية

القانون الخاص بجهد الخلية

$$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

$E^0_{\text{الخلية}}$ تُمثل الجهد الكلي القياسي للخلية.
$E^0_{\text{كاثود}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بتفاعل الاختزال.
$E^0_{\text{أنود}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بتفاعل الأكسدة.

الجهد القياسي للخلية هو الجهد القياسي للخلية النصفية حيث يحدث الاختزال ناقص الجهد القياسي للخلية النصفية حيث تحدث الأكسدة.

حساب الجهد القياسي للخلية الفولتية باستخدام الصيغة التالية:

وحيث يحدث الاختزال عند قطب النحاس وتحدث الأكسدة عند قطب الخارصين يتم التعويض عن قيم E^0 على النحو التالي:

$$\begin{aligned} E^0_{\text{الخلية}} &= E^0_{Cu^{2+}|\,Cu} - E^0_{Zn^{2+}|\,Zn} \\ &= +0.342\ V - (-0.762\ V) \\ &= +1.104\ V \end{aligned}$$

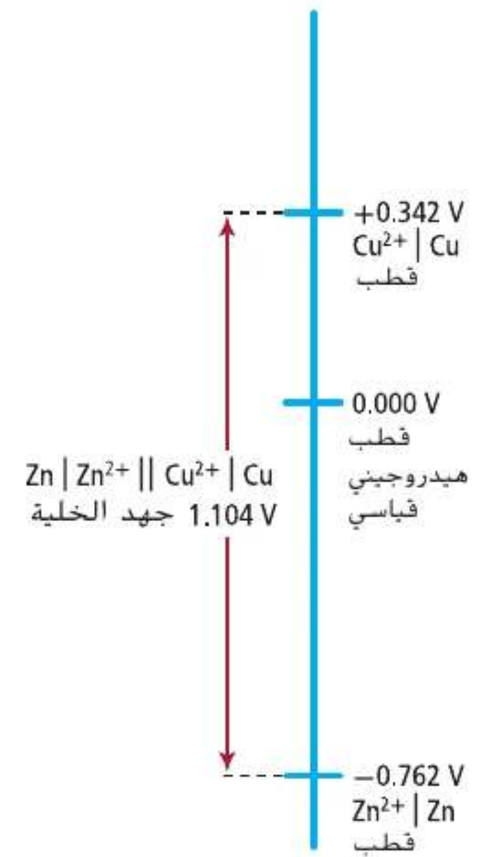
لاحظ أن علامة السالب في القانون تُغير تلقائيًا علامة تفاعل الأكسدة للخلية النصفية. لذا لا يجب عليك عكس علامة جهود الاختزال القياسي الواردة في **الجدول 1** عندما يتم استخدامها في تفاعل الأكسدة النصفي.

يعرض المخطط في **الشكل 7** كيفية ارتباط نصف الخلية التي يوجد بها الخارصين حيث جهد الاختزال منخفض ونصف الخلية التي يوجد بها النحاس حيث جهد الاختزال أعلى.

■ **الشكل 7** يوضح هذا المخطط البسيط كيفية الحصول على الجهد الكلي للخلية من الفرق بين جهدي اختزال كلا القطبين. قارن ذلك بخط الأعداد، فرق الجهد بين قطبي الخارصين والنحاس هو 1.104 V+.

التأكد من فهم المخطط التوضيحي

حدد أي الفلزين، النحاس أم الخارصين، أسهل في الأكسدة من الهيدروجين.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

حساب جهد الخلية تُمثل تفاعلات الاختزال النصفية التالية الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$$
$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية. صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

1 تحليل المسألة

تم توفير التفاعلات النصفية الحادثة في الخلية ويمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية في **الجدول 1.** سيصبح التفاعل النصفي ذو جهد الاختزال الأقل تفاعل أكسدة. في ظل هذه المعلومات، يمكنك كتابة تفاعل الخلية الكامل وحساب جهد الخلية القياسي ووصف الخلية باستخدام ترميز الخلية.

معلوم

جهود الاختزال القياسية للخلايا النصفية

$$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

مجهول

التفاعل الكلي للخلية = ؟

$$E^0_{\text{الخلية}} = ؟$$

ترميز الخلية = ؟

2 حساب المجهول

يمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية لكل تفاعل نصفي في **الجدول 1.**

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ $\quad E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $\quad E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$

يعتبر اختزال اليود أعلى جهد اختزالي، لذلك يسير هذا التفاعل النصفي في الاتجاه الأمامي باعتباره اختزالًا. يسير التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه العكسي باعتباره أكسدة.

(تفاعل اختزال نصف الخلية) $I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$

(تفاعل أكسدة نصف الخلية) $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

$I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$

أعد كتابة التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه الصحيح.

اجمع المعادلتين.

التفاعل الكلي للخلية: $I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$.

احسب الجهد القياسي للخلية.

اكتب قانون جهد الخلية.

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

عوّض عن $E^0_{Fe^{2+}|Fe}$ و $E^0_{I_2|I^-}$ في القانون

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{I_2|I^-} - E^0_{Fe^{2+}|Fe}$$

عوّض عن $E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$ و $E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$.

$$E^0_{\text{خلية}} = +0.536\ V - (-0.447\ V)$$

$$E^0_{\text{خلية}} = +0.983\ V$$

صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

أولا، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالأكسدة باستخدام ترميز الخلية: المادة المتفاعلة ثم الناتج.

$Fe \mid Fe^{2+}$

ثم، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالاختزال على الجانب الأيمن. افصل بين نصفي الخلية بوضع خط عمودي مزدوج.

$Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

ترميز الخلية: $Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

3 تقييم الإجابة

يعتبر الجهد المحسوب مقبولاً نظرًا لجهود الخلية النصفية.
يشير E^0 إلى الرقم الصحيح للأرقام المعنوية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيق

اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الكلي للخلية واحسب جهد الخلية القياسي، لكل زوج من هذه الأزواج للتفاعلات النصفية للخلية. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية. يمكنك الرجوع إلى الوحدة الخاصة بتفاعلات الأكسدة والاختزال لمراجعة كتابة وموازنة معادلات الأكسدة والاختزال.

1. $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ و $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$
2. $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$ و $Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$
3. $Cr^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cr(s)$ و $Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$
4. **تحدي.** اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية واحسب جهد الخلية القياسي للتفاعل الذي يحدث عند توصيل نصفي الخلية ببعضهما. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية.

$$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$$
$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$$

استخدام جهود الاختزال القياسية

وضح لك المثال كيفية استخدام البيانات في **جدول 1** لحساب الجهد القياسي (الجهد) للخلايا الفوليتة. توجد فائدة أخرى هامة لجهود الاختزال القياسية وهي تحديد مدى تلقائية حدوث تفاعل مقترح في ظل الظروف القياسية. كيف يمكن لجهود الاختزال القياسية تحديد التلقائية؟ تتدفق الإلكترونات في الخلية الفولتية دائمًا من نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المنخفض تجاه نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المرتفع، مما يسبب جهدًا موجبًا للخلية. للتنبؤ بتلقائية حدوث أي تفاعل مقترح للأكسدة والاختزال، يمكنك ببساطة كتابة العملية في صيغة تفاعلات نصفية والبحث عن جهد الاختزال لكل منهما. استخدم القيم لحساب جهد الخلية الفولتية التي تعمل بالتفاعلين النصف خلويين. إذا كان الجهد الذي تم حسابه موجبًا، فإن التفاعل تلقائي. إذا كان الجهد الذي تم حسابه سالبًا، فإن التفاعل غير تلقائيًا. ومع ذلك سوف يحدث تفاعل معاكس للتفاعل غير التلقائي حيث سيوجد جهد موجب للخلية مما يعني أن التفاعل العكسي تفاعل تلقائي.

☑ **التأكد من فهم النص حدد** إشارة جهد تفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث تلقائيًا.

تطبيقات

احسب جهد الخلية لتحديد إذا ما كان كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال الموزونة التالية تلقائية كما هو مكتوب أم لا. استخدم جدول 1 لمساعدتك على تحديد التفاعلات النصفية الصحيحة.

5. $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$
6. $Mg(s) + Pb^{2+}(aq) \rightarrow Pb(s) + Mg^{2+}(aq)$
7. $2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 10Hg^{2+}(aq) \rightarrow 2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Hg_2^{2+}(aq)$
8. $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$
9. **تحدي.** باستخدام **الجدول 1** اكتب المعادلة وحدد جهد الخلية (E^0) للخلية التالية. هل التفاعل تلقائي؟

$$Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg_2^{2+}$$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

حساب جهد الخلية

تُلخص الخطوات الخمسة التالية إجراء حساب جهد الخلية الفولتية حيث يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. افترض أنه يجب عليك كتابة تفاعل الخلية التي تتكون من التفاعلات النصفية التالية وحساب جهدها:

$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$ و $Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$

يُعد جدول جهود الاختزال، مثل **الجدول 1** كل ما نحتاج إليه.

1. يمكنك إيجاد التفاعلات النصفية في **الجدول 1**.
2. قارن بين جهدي التفاعلين النصف خلويين. الخلية النصفية ذات الجهد الاختزالي الأعلى هي النصف الذي سيحدث فيه الاختزال. سوف تحدث الأكسدة في الخلية النصفية ذات الجهد الاختزالي الأقل.

$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	$E^0 = -0.037\ V$ (الاختزال)
$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	$E^0 = -1.185\ V$ (الأكسدة)

3. اكتب معادلة الاختزال كما وردت في **الجدول 1**. اكتب معادلة الأكسدة في الاتجاه العكسي.

$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$ $\quad Mn \rightarrow Mn^{2+} + 2e^-$

4. زن إلكترونات معادلتي نصفي الخلية بضرب كلٍ منهما في المعامل المناسب. اجمع المعادلتين.

$2Fe^{3+} + 6e^- \rightarrow 2Fe$ × اضرب 2.

$3Mn \rightarrow 3Mn^{2+} + 6e^-$ × اضرب 3.

$2Fe^{3+} + 3Mn \rightarrow 2Fe + 3Mn^{2+}$ اجمع المعادلتين.

5. لا تؤثر مساواة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة على E^0 للتفاعل الكلي. التالية لحساب جهد الخلية:

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{Fe^{3+}|Fe} - E^0_{Mn^{2+}|Mn} = -0.037\ V - (-1.185\ V)$$

$$= +1.148\ V$$

تطبيق الاستراتيجية

حدد $E^0_{\text{خلية}}$ لتفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي الذي يحدث بين المغنيسيوم والنيكل.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تحدث عملية الأكسدة والاختزال في الخلية الفولتية عند الأقطاب منفصلة عن بعضها البعض.
- الجهد القياسي لتفاعل نصف الخلية هو الجهد الخاص بها عند اقترانه بالقطب القياسي للهيدروجين في ظل ظروف قياسية.
- يكون جهد الاختزال لنصف الخلية سالبًا إذا خضع للتأكسد عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي. يكون جهد الاختزال لنصف الخلية موجبًا إذا خضع للاختزال عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي.
- الجهد القياسي للخلية الفولتية هو الفرق بين جهود الاختزال القياسية لتفاعلات نصفي الخلية.

10. الفكرة **الرئيسة صف** الظروف التي بموجبها يُنتج تفاعل الأكسدة والاختزال تيارًا كهربائيًا يتدفق عبر السلك.
11. **حدد** مكونات الخلية الفولتية. اشرح دور كل مكون من المكونات ودوره في عمل الخلية.
12. **اكتب** المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية التلقائي الذي يحدث في الخلية مصاحبًا لتفاعلات الاختزال النصفية:
    a. $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ و $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$
    b. $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$ و $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$
    c. $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ و $Fe^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Fe(s)$
    d. $PbI_2(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + 2I^-(aq)$ و $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$
13. **حدد** الجهد القياسي للخلايا الكهروكيميائية الذي تعبر كل معادلة عن التفاعل الكلي للخلية. عرّف التفاعلات باعتبارها تلقائية أو غير تلقائية وفقًا لما هو مكتوب.
    a. $2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s) \rightarrow 3Cu^{2+}(aq) + 2Al(s)$
    b. $Hg^{2+}(aq) + 2Cu^+(aq) \rightarrow 2Cu^{2+}(aq) + Hg(l)$
    c. $Cd(s) + 2NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$
14. **صمم** خريطة مفاهيم للقسم 1 وابدأ من مصطلح الخلية الكهروكيميائية. أدرج جميع المصطلحات الجديدة في خريطتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

البطاريات

الفكرة **الرئيسة** البطاريات هي عبارة عن خلايا فولتية تستخدم التفاعلات التلقائية لتوفير الطاقة لعديد من الأغراض.

الأسئلة الرئيسة

- صف تركيب البطارية الجافة (الخارصين – الكربون) التقليدية ومكوناتها وطريقة عملها ؟
- ما الفرق بين البطاريات الأولية والثانوية واذكر مثالين لكل نوع؟
- ما بنية خلية الوقود الهيدروجين–الأكسجين؟
- ما هي عملية تآكل الحديد وما وسائل منع التآكل؟

مراجعة المفردات

التفاعل الانعكاسي reversible reaction: هو التفاعل الذي يمكن أن يحدث في كلا الاتجاهين الأمامي والعكسي.

المفردات الجديدة

بطارية	battery
الخلية الجافة	dry cell
البطارية الأولية	primary battery
البطارية الثانوية	secondary battery
خلية الوقود	fuel cell
التآكل	corrosion
الجلفنة	galvanization

الكيمياء في حياتك

خذ من وقتك دقيقة لعمل قائمة بالأشياء التي تعرف أن البطاريات تستخدم فيها. يمكن أن تتضمن قائمتك المصابيح اليدوية، السيارات، الهواتف الخلوية، أجهزة الراديو، الآلات الحاسبة، ساعات اليد والألعاب من بين أغراض أخرى. هل بطاريات كافة هذه الأجهزة متماثلة؟

الخلايا الجافة

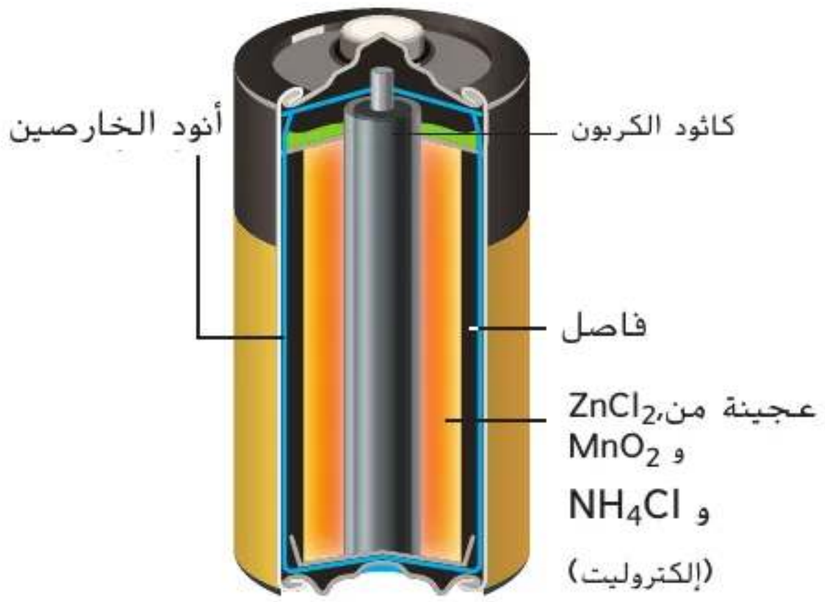
بعض التفاعلات التلقائية التي درستها توفر الطاقة للبطاريات التي تستخدمها يوميًا. **البطارية** هي خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي. منذ ابتكار البطاريات في ستينيات القرن التاسع عشر وحتى اليوم كان أكثر الخلايا الفولتية شيوعًا في الاستخدام هي خلية الخارصين– الكربون الجافة، الموضحة في **الشكل 8.**

خلايا الخارصين – الكربون الجافة تعرَّف **الخلية الجافة** بأنها خلية فولتية يكون فيها الإلكتروليت عبارة عن عجينة رطبة. تتكون العجينة الموجودة في خلية الخارصين–الكربون الجافة من كلوريد الخارصين وأكسيد المنجنيز (IV) وكلوريد الأمونيوم وكمية قليلة من الماء داخل عبوة الخارصين. غلاف الخارصين هو أنود الخلية حيث تحدث أكسدة لفلز الخارصين وفقًا للمعادلة التالية:

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

يعمل ساق الكربون (الجرافيت) في مركز الخلية الجافة ككاثود ولكن يحدث تفاعل الاختزال النصفي للخلية في العجينة. يسمى ساق الكربون في هذا النوع من الخلية الجافة كاثودًا غير نشط لأنه مصنوع من مادة لا تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال. ومع ذلك فهذا القطب غير النشط يتمتع بخاصية هامة حيث يعمل على توصيل الإلكترونات. ويكون تفاعل الاختزال النصفي لهذه الخلية الجافة كالتالي:

$$2NH_4^+(aq) + 2MnO_2(s) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$$

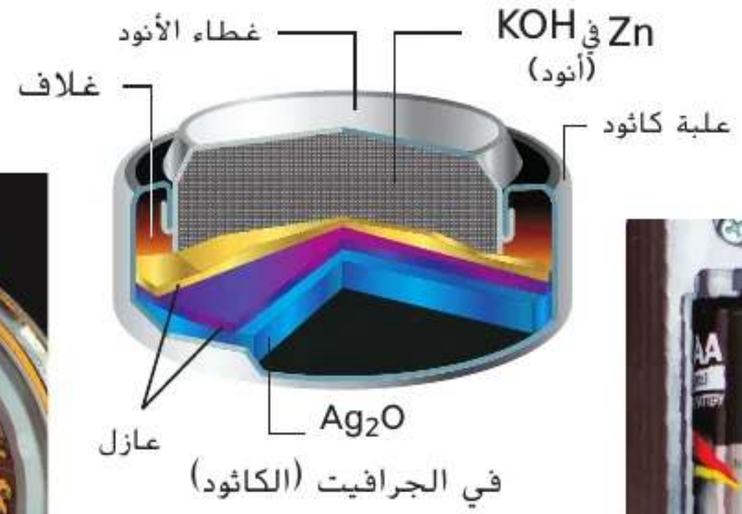


خلية الخارصين – الكربون الجافة

■ **الشكل 8** تحتوي الخلية الجافة على معجون رطب يحدث داخله التفاعل النصفي للكاثود. في خلية الخارصين–الكربون الجافة، يعمل غلاف الخارصين بمثابة الأنود.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

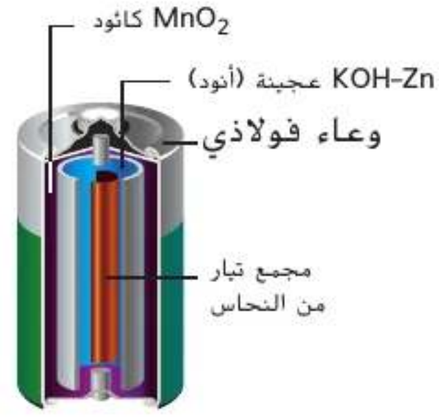




بطارية الفضة



تستخدم البطارية القلوية الخارصين المسحوق في العجينة القلوية ليكون الأنود.



البطارية القلوية

وعلى الرغم من أنها تبدو مختلفة إلا أن بطارية الفضة تشبه كثيرًا البطارية القلوية. تستخدم بطارية الفضة، أكسيد الفضة (Ag_2O) ككاثود بدلاً من أكسيد المنغنيز (IV) (MnO_2).

في خلية الخارصين – الكربون الجافة، يوجد فاصل مصنوع من مادة مسامية ورطبة بسبب السائل الموجود في العجينة حيث يفصل المعجون عن قطب الخارصين "الأنود". يعمل هذا الفاصل كقنطرة ملحية للسماح بنقل الأيونات مثل الخلية الفولتية النموذجية التي درسناها بالقسم 1. تنتج الخلية الجافة الخارصين – الكربون فولتية تقدر بـ 1.5 V حتى يبدأ ينتج ناتج الاختزال وهو الأمونيا الذي ينشأ عن المحلول المائي على هيئة غاز. عند هذه النقطة، تنخفض الفولتية إلى مستوى يجعل البطارية غير مفيدة.

البطاريات القلوية خلية جافة قلوية أكثر كفاءة، موضحة في **الشكل 9** حلت محل خلية الخارصين – الكربون القياسية الجافة في العديد من التطبيقات. في الخلية القلوية يكون الخارصين على شكل مسحوق يوفر مزيدًا من مساحة السطح للتفاعل. يخلط الخارصين مع هيدروكسيد البوتاسيوم مكونًا معجونًا قلويًا قويًا ويكون المعجون في وعاء فولاذي. مزيج الكاثود عبارة عن أكسيد منغنيز (IV) يخلط أيضًا بهيدروكسيد بوتاسيوم. تفاعل الأنود لنصف الخلية هو كالتالي:

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$$

تفاعل الكاثود لنصف الخلية هو كالتالي:

$$MnO_2(s) + 2H_2O(s) + 2e^- \rightarrow Mn(OH)_2(s) + 2OH^-(aq)$$

لا تحتاج البطاريات القلوية لكاثود ساق الكربون لذا من الممكن أن تكون أصغر وأكثر فائدةً للأجهزة الصغيرة.

بطاريات الفضة إن بطارية الفضة الموضحة في **الشكل 9** أصغر وتستخدم لتزويد الأجهزة بالطاقة مثل سماعات الأذن وساعات اليد والكاميرات. تستخدم بطارية الفضة نفس التفاعل النصفي للأنود للبطارية القلوية مع التفاعل النصفي التالي للكاثود.

$$Ag_2O(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$$

التأكد من فهم النص **حدد** التفاعل النصفي الذي يحدث في كلٍ من البطاريات القلوية وبطاريات الفضة.

■ **الشكل 9** البطاريات القلوية أكثر كفاءة من خلية الكربون–الخارصين الجافة وهي مفيدة حين تكون البطاريات الأصغر مطلوبة. بطاريات الفضة هي أصغر مما يجعلها مناسبة أكثر للأجهزة مثل ساعات اليد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 10** غالبًا ما تعمل الأدوات اللاسلكية والهواتف ببطاريات قابلة لإعادة الشحن مثل بطارية النيكل كادميوم "NiCad". تتم إعادة شحن البطارية عن طريق توصيلها بمصدر كهربائي يمد بالطاقة بحيث يحث على تفاعل إعادة الشحن غير التلقائي.

البطاريات الأولية والثانوية تنقسم البطاريات إلى نوعين وفقًا لعملياتها الكيميائية. تصنف خلايا الخارصين – كربون والقلوية والفضة بأنها بطاريات أولية.

البطاريات الأولية تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الاختزال والأكسدة التي لا يمكن عكسها بسهولة. هذه الخلايا تقوم بإنتاج الطاقة الكهربائية حتى تنتهي المواد المتفاعلة وحينئذ يجب التخلص من البطارية. أما البطاريات الأخرى والتي تعرف باسم **البطاريات الثانوية**، فتعتمد على تفاعلات الأكسدة والاختزال انعكاسية لذا فهي قابلة لإعادة الشحن. بطارية السيارة وبطاريات الحواسب المحمولة هي أمثلة على البطاريات الثانوية التي تعرف أحيانا باسم بطاريات التخزين.

عادة ما تكون بطاريات التخزين التي تعمل على تشغيل أجهزة مثل المثقاب والمفكات الكهربائية وآلات الحلاقة وكاميرات الفيديو الرقمية بطاريات نيكل–كادميوم قابلة لإعادة الشحن وتسمى أحيانا بطاريات NiCad كما يوضح **الشكل 10**. للحصول على أقصى كفاءة، يصنع كل من الأنود والكاثود من أشرطة رفيعة وطويلة من مادة يفصلها طبقة يمكن أن تمر عبرها الأيونات. تلف الأشرطة في ملف ضيق وتغلف في غلاف فولاذي. تفاعل الأنود الذي يحدث حين تستخدم البطارية لتوليد التيار الكهربائي هو أكسدة الكادميوم في وجود قاعدة.

$$Cd(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$$

تفاعل الكاثود هو اختزال النيكل من حالة الأكسدة 3+ إلى حالة الأكسدة 2+.

$$NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \rightarrow Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$$

عندما تتم إعادة شحن البطارية، يتم عكس التفاعلات.

بطارية التخزين رصاص–حمض

من بطاريات التخزين الشائعة الأخرى هي بطارية الرصاص– حمض التي تستخدم في السيارات. تحتوي معظم بطاريات السيارات على ست خلايا تنتج كل منها حوالي 2 V بناتج إجمالي 12 فولت. يتكون أنود كل خلية من شبكتين أو أكثر من الرصاص المسامي ويتكون الكاثود من شبكات من الرصاص المملوء بأكسيد الرصاص (IV). هذا النوع من البطاريات في الغالب يجب تسميته بطارية الرصاص – أكسيد الرصاص (IV) ولكن يستخدم المصطلح الرصاص–الحمض لأن إلكتروليت البطارية هو محلول من حمض الكبريتيك. بطارية الرصاص–الحمض ليست خلية جافة.

تمثل المعادلة التالية تفاعل الأكسدة لنصف الخلية عند الأنود حيث يتأكسد الرصاص من حالة الأكسدة صفر إلى حالة الأكسدة 2+ في $PbSO_4$.

$$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$$

اختزال الرصاص من 4+ إلى حالة الأكسدة 2+ يحدث في الكاثود. تفاعل الاختزال لنصف الخلية عند الكاثود هو:

$$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l).$$

التفاعل الكلي هو:

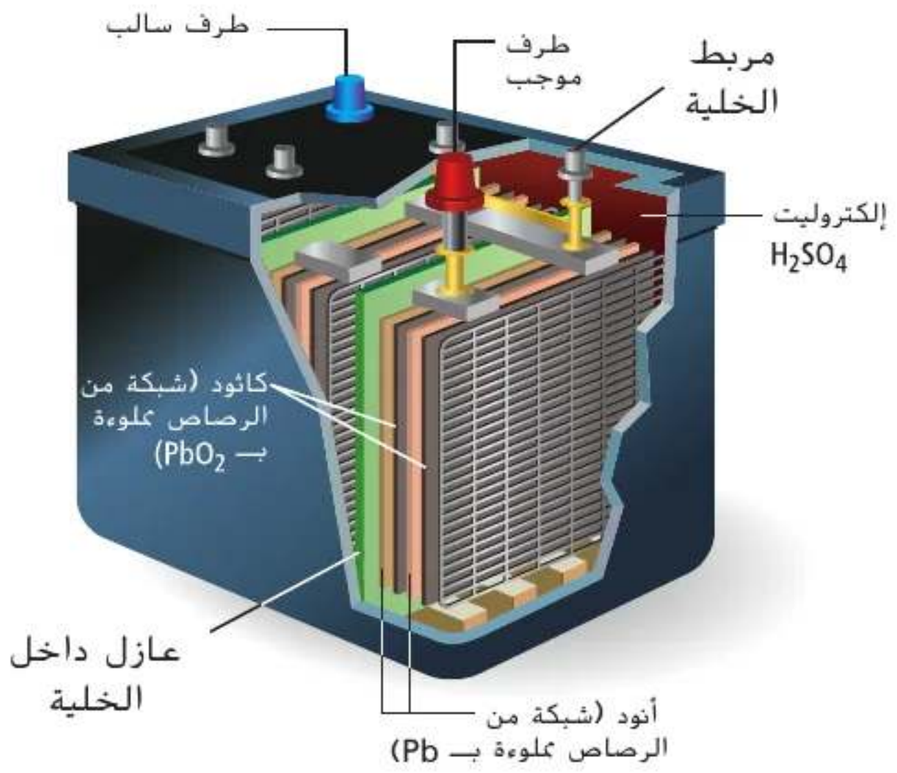
$$Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l).$$

بالنظر إلى تفاعلات نصفي الخلية، يمكنك أن ترى أن كبريتات الرصاص (II) ($PbSO_4$) هو ناتج التفاعل في كلٍ من الأكسدة والاختزال. كما أن $PbSO_4$ و PbO_2 و Pb مواد صلبة لذا تبقى في مكانها حيث تشكلت. ومن ثم سواء كانت البطارية في حالة تفريغ أو كانت في حالة شحن، تتوفر المواد المتفاعلة حيث تكون مطلوبة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



يمكن أن تتسبب مستويات الإلكتروليت المنخفضة في نفاد البطارية. تقوم أسلاك التوصيل بتوصيل التيار من سيارة بها بطارية جيدة لبدء تشغيل سيارة ببطارية مستنفذة.



تحتوي بطاريات الرصاص–الحمض على صفائح رصاص وصفائح أكسيد الرصاص (IV). الإلكتروليت هو عبارة عن محلول حمض الكبريتيك. حينما تكون البطارية قيد الاستخدام، يتم استنفاد حمض الكبريتيك ويصبح الإلكتروليت أقل كثافة.

يعمل حمض الكبريتيك بمثابة إلكتروليت في البطارية ولكن كما توضح المعادلة الكلية للخلية فهو يستنفذ بينما تولد البطارية تيارًا كهربائيًا. ماذا يحدث عند شحن البطارية؟ في هذه الحالة ينعكس التفاعل مكونًا الرصاص وأكسيد الرصاص (IV) ومحررًا حمض الكبريتيك، كما يظهر في هذا الجزء من المعادلة $4H^+(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$ من المعادلة الكلية.

تعد بطارية التخزين الواردة في **الشكل 11** خيارًا جيدًا للسيارات لأنها توفر إمدادًا مبدئيًا كبيرًا من الطاقة لبدء عمل المحرك كما أن فترة صلاحيتها للعمل طويلة ويمكن الاعتماد عليها في درجات الحرارة المنخفضة.

■ **الشكل 11** يفرغ شحن بطارية الرصاص–الحمض في السيارات حين تبدأ تشغيل السيارة ويتم شحنها حين يدور المحرك.

☑ **التحقق من فهم النص** **حدد** الأنواع التي تتأكسد والأنواع التي تختزل أثناء شحن بطارية الرصاص–الحمض.

بطاريات الليثيوم

على الرغم من أن بطاريات الرصاص–الحمض يمكن الاعتماد عليها وهي مناسبة للعديد من التطبيقات، ظل المهندسون يعملون لتطوير البطاريات لتصبح ذات كتلة أقل وسعة أكبر لتشغيل الأجهزة بدءًا من ساعات اليد وحتى السيارات الكهربائية. في التطبيقات التي تكون البطارية فيها هي المكون الرئيسي ويجب أن تنتج مقدارًا كبيرًا من الطاقة، كما في تشغيل السيارة الكهربائية، تكون بطاريات الرصاص– الحمض ثقيلة للغاية حتى أنها لا تكون ذات جدوى.

والحل هنا هو تطوير بطاريات خفيفة الوزن تعمل على تخزين كمية كبيرة من الطاقة تناسب حجمها. وقد ركز المهندسون اهتمامهم على عنصر الليثيوم لسببين هما أن الليثيوم أخف الفلزات المعروفة، كما أنه يتمتع بأقل جهد اختزال قياسي بين العناصر الفلزية V 3.04− كما يوضح **الجدول 1**. فالبطارية التي يتأكسد فيها الليثيوم عند الأنود يمكنها أن تنتج تقريبًا V 2.3 أكثر من أي بطارية مشابهة لها يتم فيها تأكسد الخارصين.

قارن بين تأكسد الخارصين وتأكسد الليثيوم في التفاعلات النصفية وجهد اختزالهما القياسي.

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^- \qquad (E^0_{Zn^{2+}|Zn} = -0.762\ V)$$
$$Li \rightarrow Li^+ + e^- \qquad (E^0_{Li^+|Li} = -3.04\ V)$$
$$E^0_{Zn^{2+}|Zn} - E^0_{Li^+|Li} = +2.28\ V$$

المفردات

أصل الكلمة

السعة Capacity

capac-, capax وهي كلمات لاتينية تعني يحتوي على أو يمكنه أن يحمل مقدارًا كبيرًا

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



غالبًا ما توفر بطاريات الليثيوم إما 3 V أو 9 V وتأتي في عدة أحجام لتناسب مختلف الأجهزة.



تعمل بطاريات الليثيوم على توفير الطاقة لهذه السيارة التجريبية لتجعلها تسير بسرعة قصوى تصل إلى 113 km/h. ومدى السيارة أكثر من 320 km.

■ **الشكل 12** إن خفة الوزن وطول العمر، والجهد الكبير لبطارية الليثيوم يجعلها خيارًا ممتازًا للعديد من الأغراض.

بطاريات الليثيوم قد تكون أولية أو ثانوية، بناء على أي تفاعلات الاختزال التي تقترن بتأكسد الليثيوم. على سبيل المثال، تستخدم بعض بطاريات الليثيوم نفس تفاعل الكاثود في خلايا الخارصين-كربون الجافة وهو اختزال أكسيد المنغنيز (IV) (MnO_2) إلى أكسيد المنغنيز (III) (Mn_2O_3). ينتج عن هذه البطاريات تيار كهربائي بجهد 3V تقريبًا مقارنة بـ 1.5 V لخلايا الخارصين-كربون. تدوم بطاريات الليثيوم لفترة أطول من أنواع البطاريات الأخرى ونتيجة لذلك فهي تستخدم غالبًا في ساعات اليد والحواسيب والكاميرات للحفاظ على الزمن والتاريخ والذاكرة والإعدادات الشخصية- حتى عند إطفاء الجهاز. **الشكل 12** يوضح أحجام بطاريات الليثيوم والتطبيق المستقبلي لاستخدامها.

☑ **التحقق من فهم النص** **اذكر** ثلاث ميزات لبطاريات الليثيوم.

خلايا الوقود

عند احتراق الهيدروجين في الهواء فهو يحترق بشكل انفجاري وينتج عنه ضوء وحرارة.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) + \text{طاقة}$$

هل يمكن لهذا التفاعل أن يحدث في ظل ظروف متحكم فيها داخل الخلية؟

الربط بعلم الفيزياء إن **خلية الوقود** هي خلية فولتية يستخدم فيها تأكسد الوقود لإنتاج طاقة كهربائية. تختلف خلايا الوقود عن البطاريات الأخرى لأنها تزود بإمداد مستمر من الوقود من مصدر خارجي. يعتقد كثير من الناس أن خلية الوقود هي ابتكار حديث ولكن أول خلية ظهرت عام 1839 وصنعها ويليام جروف (1811-1896) وهو عالم كيمياء كهربائية بريطاني وقد سمى خليته "بطارية الغاز". ولم يبدأ العلماء العمل بجد في برنامج الفضاء حتى خمسينيات القرن العشرين حين تم تصنيع خلايا وقود عملية وتتمتع بالكفاءة. إذا كان رواد الفضاء سيصعدون على متن مكوك فضائي، فسيكونون في حاجة لإمدادات من الماء لتساعدهم على الحياة فيه بالإضافة إلى مصدر كهرباء موثوق به لتشغيل الأنظمة المتعددة في المكوك. وقد تم استيفاء هذين المطلبين بعد صنع خلية الوقود الهيدروجيني التي تتحكم في تأكسد الهيدروجين وتوفر كلًا من الكهرباء والماء. لا ينتج عن الخلية أي نواتج ثانوية تحتاج للتخلص منها خلال رحلة إلى الفضاء.

الكيمياء في الحياة اليومية

خلايا الوقود



الحد من التلوث المَركبات هي أحد أكبر مصادر تلوث الهواء في الكثير من المدن. ففي بعض المدن الأوروبية، تشكل الحافلات التجريبية التي تعمل بخلايا وقود الهيدروجين فرقًا وتغيرًا كبيرًا؛ فالعادم الذي ينبعث من تلك الحافلات لا يحتوي على ثاني أكسيد الكربون ولا أكاسيد النيتروجين أو الكبريت. كل ما ينتج عن هذه الحافلات هو الماء النقي فقط.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كيف تعمل خلية الوقود كما هو الحال في الخلايا الفولتية الأخرى، تشتمل خلية الوقود على أنود وكاثود. وهي تحتاج إلى إلكتروليت حتى تستطيع الأيونات الانتقال بين الأقطاب. المحلول الإلكتروليتي الشائع في الخلايا الفولتية هو محلول قلوي من هيدروكسيد البوتاسيوم. كل قطب يكون عبارة عن غرفة خالية جدرانها من الكربون المسامي التي تسمح بالتلامس بين الغرفة الداخلية والإلكتروليت المحيط بها. يحدث التفاعل النصفي التالي للتأكسد عند الأنود.

$$2H_2(g) + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$$

يستعين هذا التفاعل بأيونات الهيدروكسيد المتوفرة بكثرة في محلول الإلكتروليت القلوي لتحرير الإلكترونات عند الأنود. تتدفق الإلكترونات الناتجة عن تأكسد الهيدروجين عبر الدائرة الخارجية نحو الكاثود حيث يحدث تفاعل الاختزال النصفي التالي.

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

تختزل الإلكترونات الأكسجين في وجود الماء لتشكل أربعة أيونات هيدروكسيد لتجدد مرة أخرى أيونات الهيدروكسيد التي استهلكت عند الأنود. عند جمع التفاعلين النصفيين، تصبح المعادلة نفس المعادلة التي استخدمت لحرق الهيدروجين في الأكسجين.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$$

نظرًا لأن وقود الخلية يأتي من مصدر خارجي لذلك لا تنفد خلايا الوقود كالبطاريات فهي تستمر في إنتاج الكهرباء طالما كان الوقود متاحًا.

بعض خلايا الوقود تستخدم أنواع وقود أخرى غير الهيدروجين. على سبيل المثال، يحل الميثان محل الهيدروجين في بعض الخلايا ولكن يكمن عيبه في إنتاج ثاني أكسيد الكربون كغاز عادم. تستعين خلايا الوقود كتلك الموضحة في **الشكل 13** بصفائح بلاستيكية تسمى غشاء تبادل البروتونات (PEM) والذي يلغي الحاجة لإلكتروليت سائل.

التأكد من فهم النص **قارن** بين خلايا الوقود وغيرها من الخلايا الفولتية.

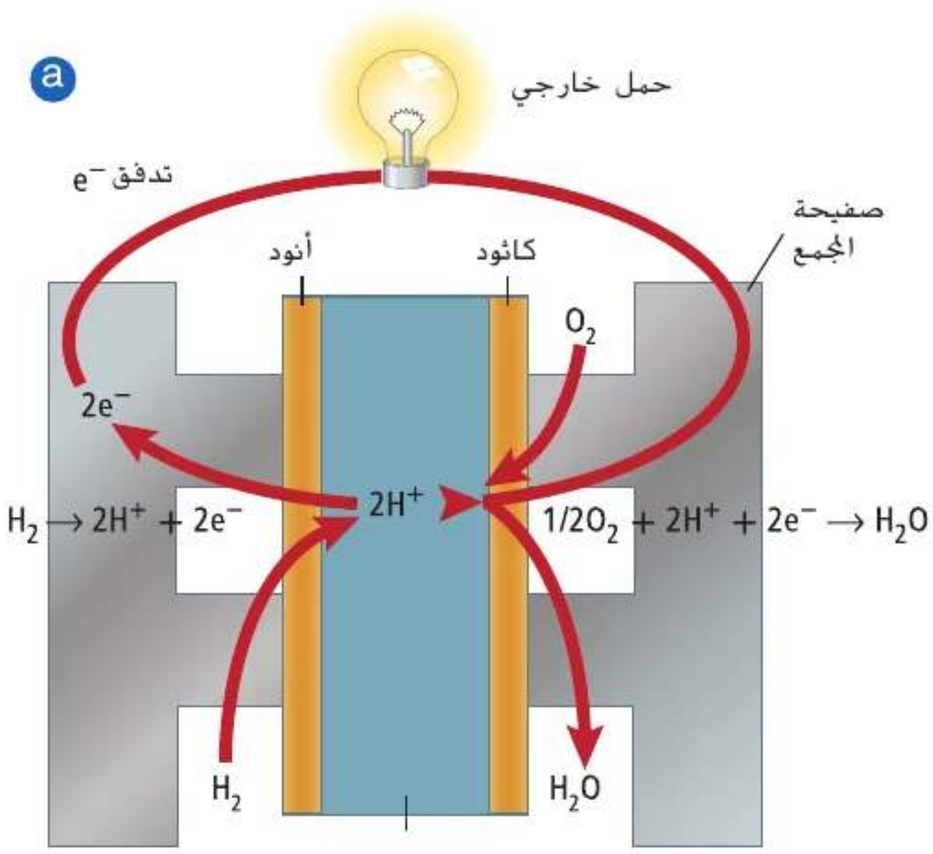
مهن في الكيمياء

أخصائي الطاقة البديلة

إذا أردت ابتكار أشياء جديدة وتجعلها تعمل، فقد تكون مهتمًا بالمساعدة على تطوير موارد طاقة جديدة لهذا العالم الذي يزداد اعتماده على الطاقة بصورة كبيرة. تشمل التقنيات طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية وتسخير الطاقة من المد والجزر واستخدام الاختلافات في درجة الحرارة في المسطحات المائية وغيرها الكثير.

■ **الشكل 13a** في خلية الوقود هذه يكون الوقود هو الهيدروجين. تنفصل التفاعلات النصفية عن بعضها عن طريق غشاء تبادل البروتونات حتى تتدفق الإلكترونات التي تفقد خلال الأكسدة عبر دائرة خارجية للوصول لموقع الاختزال. وبينما تنتقل الإلكترونات عبر الدائرة الخارجية يصبح بإمكانها القيام بشغل مفيد كتشغيل المحركات الكهربائية ويكون الناتج الثانوي لتفاعل الأكسدة والاختزال هذا هو الماء. **b.** يمكن لمجموعة من الخلايا التي تحتوي على غشاء لتبادل البروتونات أن تولد ما يكفي من الطاقة لتشغيل سيارة كهربائية.





غشاء تبادل البروتونات (PEM)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر تحليل البيانات

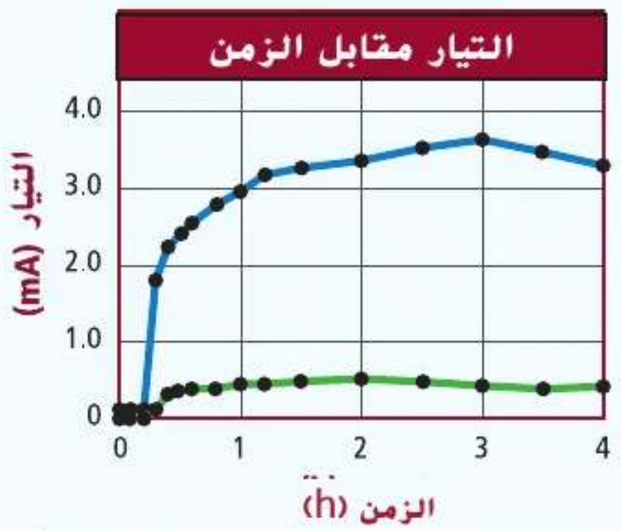
استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تفسير الرسوم البيانية

كيف يمكنك الحصول على تيار كهربائي من الميكروبات؟ درس العلماء إمكانية استخدام الميكروبات كخلايا وقود حيوي. خلية الوقود الحيوي تقوم بتحويل طاقة الأيض الميكروبية إلى تيار كهربائي. يسهل وسيط الإلكترونات نقل الإلكترونات إلى أي قطب. ووسيط الإلكترون هو مركب يدخل في سلسلة انتقال الإلكترونات بالخلية ويسرق الإلكترونات التي تنتج.

بيانات وملاحظات

يوضح الرسم البياني التيار الذي ينشأ عن خلية وقود حيوي مع وسيط الإلكترون (خط أزرق) وبدون (خط أخضر) استخدام وسيط الإلكترون.



* تم الحصول على البيانات من: هيون بارك، دو & جيه جريجوري زيكوس، أبريل 2000. توليد الكهرباء في خلايا وقود ميكروبية باستخدام الأحمر المتعادل كوسيط إلكترون. علم الأحياء الدقيقة التطبيقي والبيئي 66، رقم 1297-4:1292.

التفكير الناقد

1. **استدل على الزمن** التقريبي الذي تم فيه توفير وسيط الإلكترون.
2. **حدد** هل أحدث توفير وسيط الإلكترون فرقًا في إنتاج التيار؟ فسر إجابتك.
3. **حلل** ما أعلى تيار تم الحصول عليه بواسطة الخلية؟

التآكل

في هذا الفصل درست تفاعلات الأكسدة والاختزال التلقائية في الخلايا الفولتية. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال التلقائية أيضًا في الطبيعة. ومثال على ذلك صدأ الحديد المعروف عادة بالتآكل. **التآكل** هو خسارة الفلز التي تنشأ عن تفاعل أكسدة – واختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة. وعلى الرغم من أنه عادة ما يعتقد أن التآكل هو تفاعل بين الحديد والأكسجين، إلا أنه أكثر تعقيدًا من ذلك. يجب أن يوجد كل من الماء والأكسجين لكي يحدث التآكل؛ لهذا السبب يكون أي جسم من الحديد، كهذا الموضح في **الشكل 14** والذي تم تركه معرضًا للهواء والرطوبة عرضة للصدأ ويصدأ الجزء الملامس للأرض الرطبة أولًا.

عادة ما يبدأ التآكل حيث يكون هناك شق أو كسر صغير في سطح الحديد. تصبح هذه المنطقة هي الأنود للخلية حيث تبدأ ذرات الحديد في فقدان الإلكترونات كما يظهر في **الشكل 15**.

$$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$$

تصبح أيونات الحديد (II) جزءًا من المحلول المائي بينما تنتقل الإلكترونات عبر الحديد إلى منطقة الكاثود. عمليًا، تصبح قطعة الحديد هي الدائرة الخارجية وأيضًا هي الأنود. عادة ما يقع الكاثود عند حافة قطرات الماء حيث يتلامس الماء والحديد والهواء. وهنا، تختزل الإلكترونات الأكسجين من الهواء في التفاعل النصفي التالي:

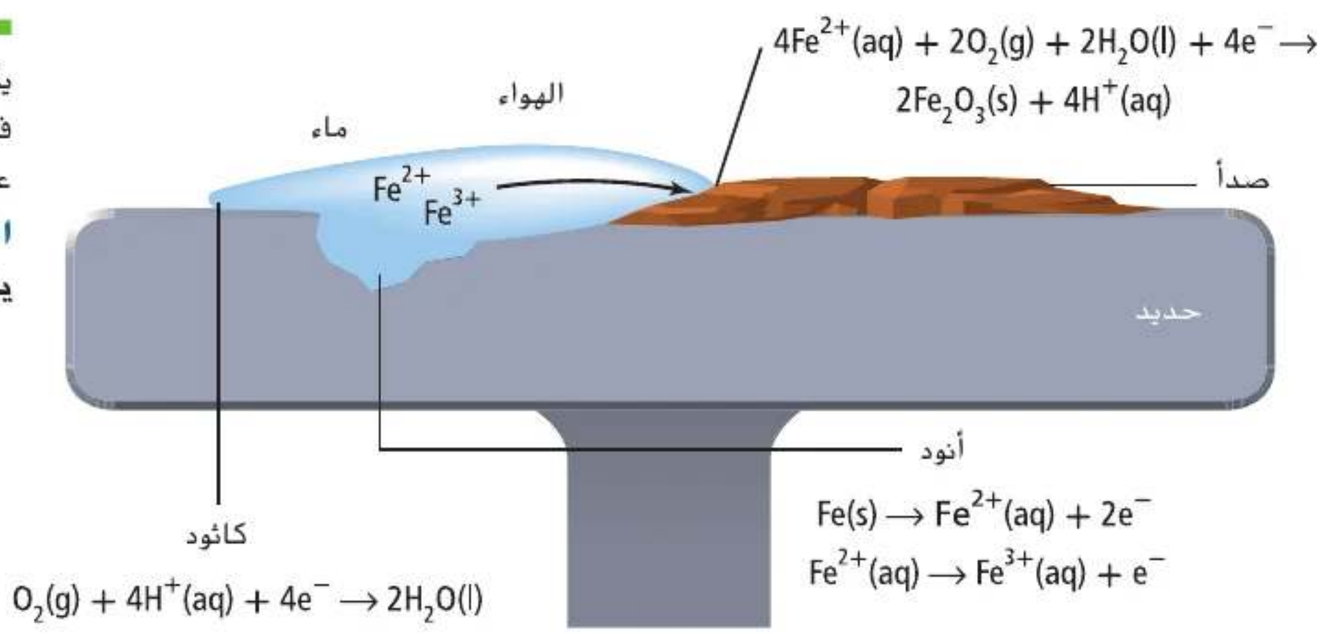
$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$

في الغالب يتم توفير أيونات H^+ بواسطة حمض الكربونيك الذي يتكون عندما يذوب CO_2 الموجود في الهواء في الماء.

■ **الشكل 14** هذا البرميل الحديدي الذي تُرك دون عناية في وجود الهواء والرطوبة، يتأكسد الحديد ببطء حتى يصدأ (Fe_2O_3).



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 15** يحدث التآكل حين يكوّن الهواء والماء والحديد خلية فولتية مشابهة للظروف الموضحة على سطح هذه العارضة الحديدية.
اذكر اسم النوعين اللذين يتأكسدان عند الأنود.

بعد ذلك، تتأكسد أيونات Fe^{2+} في المحلول إلى أيونات Fe^{3+} عن طريق التفاعل مع الأكسجين الذائب في الماء. تتحد أيونات Fe^{3+} مع الأكسجين لتكوين صدأ Fe_2O_3 غير القابل للذوبان.

$$4Fe^{2+}(aq) + 2O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 4H^+(aq)$$

وينتج عن جمع المعادلات الثلاثة التفاعل الكلي للخلية الذي يكوّن صدأ الحديد.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

التآكل هو عملية بطيئة لأن قطرات الماء تحتوي على أيونات قليلة لذلك فهي لا تعتبر إلكتروليتات جيدة. ومع ذلك، إذا احتوى الماء على أيونات وفيرة، كما في ماء البحر أو في المناطق التي ترش فيها الطرقات بالملح في فصل الشتاء فيحدث التآكل بصورة أسرع لأن هذه المحاليل هي إلكتروليتات ممتازة.

منع التآكل يتسبب صدأ السيارات والجسور والسفن وهياكل المباني والأجسام الفلزية الأخرى في حدوث أضرار كبيرة جدًا؛ لهذا السبب تم ابتكار عدة وسائل للتقليل من حدوث التآكل. من الطرائق إضافة طبقة من الطلاء لعزل كلٍ من الهواء والرطوبة ولكن نظرًا لأن الطلاء يتآكل مع مرور الزمن، تجب إعادة طلاء هذه الأجسام كالأنبوب الوارد في **الشكل 16** من حين لآخر.



■ **الشكل 16** لأن التآكل يمكن أن يسبب أضرارًا ملحوظة فمن الضروري اكتشاف وسائل لمنع التآكل والتدهور. الطلاء أو أي طبقة واقية أخرى هي إحدى وسائل حماية الهياكل الفولاذية من التآكل.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

تجربة مصغرة

ملاحظة التآكل

أي الفلزات سيتآكل؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. استخدم **ورق الصنفرة** لصقل أسطح أربعة **مسامير حديدية.** لف مسمارين **بشريط مغنيسيوم** ومسمارين **بالنحاس.** لف الفلزات بإحكام حتى لا تنزلق منها المسامير وتسقط.
3. ضع كل مسمار في **كأس منفصل.** أضف الماء المقطر لأحد الكؤوس الذي يحتوي على مسمار ملفوف بالنحاس وأحد الكؤوس الذي يحتوي على مسمار ملفوف بالمغنيسيوم. أضف ما يكفي من الماء المقطر بحيث يغطي المسامير الملفوفة. أضف **الماء المالح** إلى **الكأسين الآخرين.** سجل ملاحظاتك عن المسامير في كل كأس.



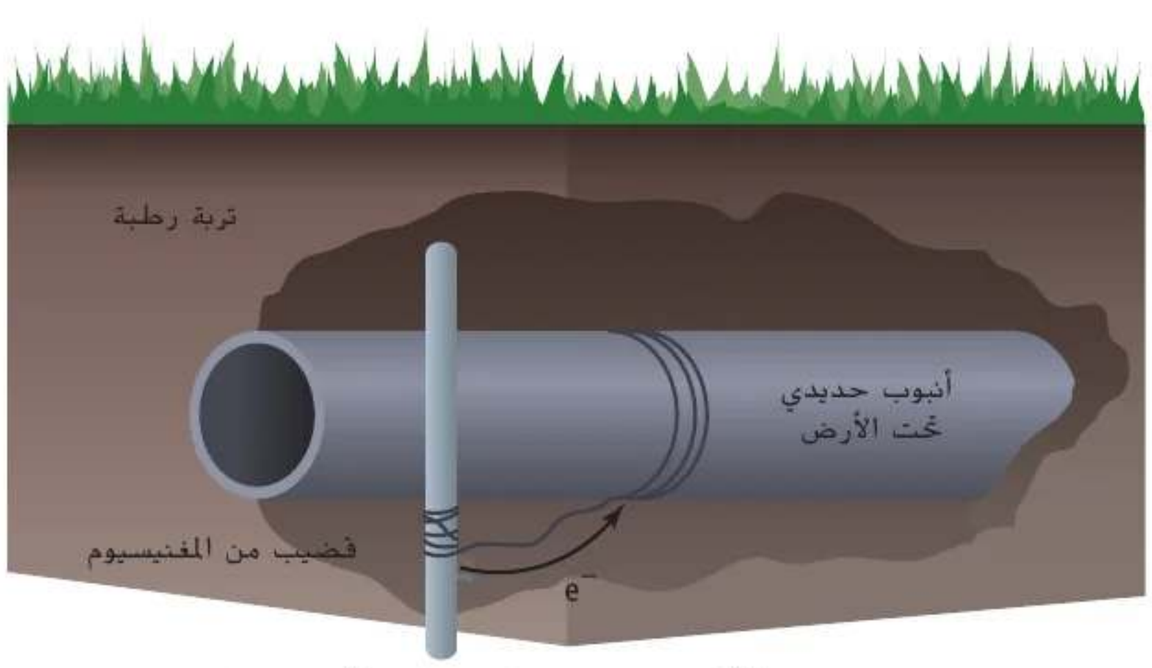
4. دع الكؤوس في مكانها طوال الليل في أكثر الأماكن المتوفرة دفئًا. افحص المسامير والمحاليل في اليوم التالي وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **صف** الفرق بين المسامير الملفوفة بالنحاس في الماء المقطر وفي الماء المالح بعد بقائها فيها لمدة ليلة.
2. **صف** الفرق بين المسامير الملفوفة بالمغنيسيوم في الماء المقطر وفي الماء المالح.
3. **حدد** الفرق في التآكل بين المسامير الملفوفة بالنحاس وتلك الملفوفة بالمغنيسيوم.

يلامس الهيكل الفولاذي للسفن الماء المالح بشكل دائم لذلك فإن حمايتها من التآكل أمر ضروري. وعلى الرغم من أنه من الممكن طلاء الهيكل، يتم استخدام طريقة أخرى للتقليل من التآكل. توضع كتل من الفلزات كالمغنيسيوم والألمنيوم والتيتانيوم بشكل يلامس الهيكل الفولاذي. تتأكسد هذه الكتل بسهولة أكثر من الحديد وتصبح الأنود في خلية التآكل. وهي تسمى أقطاب أو أنود متآكل لأنها تصدأ بينما يتم الحفاظ على الحديد في هيكل السفينة. وتستخدم الطريقة نفسها لحماية أنابيب الحديد تحت الأرض. يتم ربط قضبان المغنيسيوم بالأنبوب عن طريق أسلاك فتصدأ تلك القضبان بدلاً من الأنبوب، كما يتضح في **الشكل 17.**

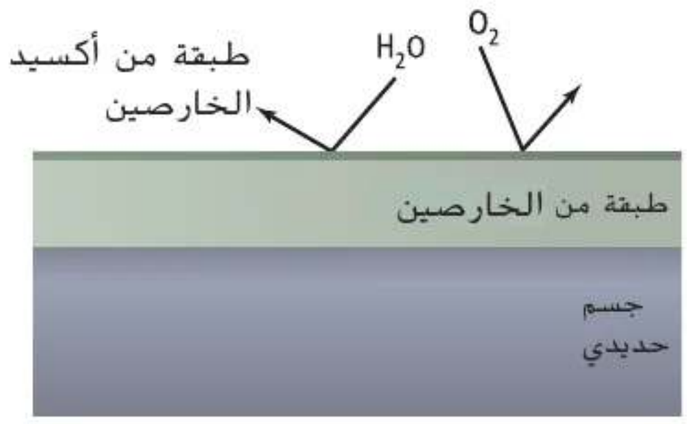
■ **الشكل 17** القطب "الأنود" المتآكل من المغنيسيوم أو من فلزات نشطة أخرى يستخدم في منع التآكل. يساعد قضيب المغنيسيوم المتصل بالحديد تحت الأرض على منع التآكل عن طريق أنه يتأكسد بنفسه.



الأكسدة: $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

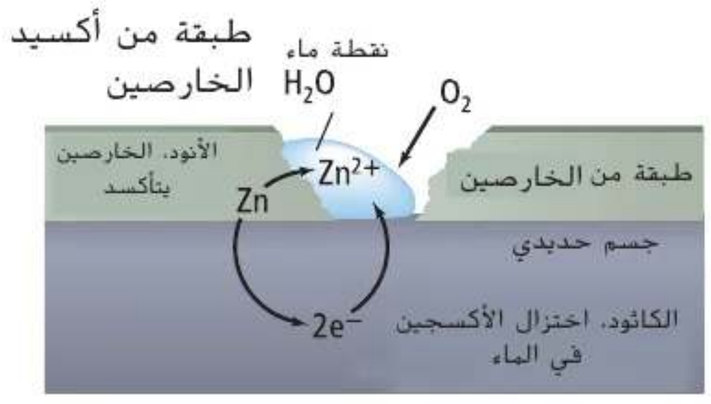
الاختزال: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



جسم مجلفن عليه طبقة من الخارصين

تحجب طبقة من الخارصين الحديد عن الهواء والماء عن طريق تكوين حاجز من أكسيد الخارصين الذي يفصل الماء والأكسجين.



جسم مجلفن عليه طبقة متشققة من الخارصين

إذا تشققت طبقة الخارصين، يعمل الخارصين كأنود متآكل. فقد تأكسدت طبقة الخارصين وليس عنصر الحديد.

■ **الشكل 18** تساعد الجلفنة على منع التآكل بطريقتين.

من الطرائق الأخرى لمنع التآكل تغطية الحديد بفلز آخر أكثر مقاومة للصدأ. في عملية **الجلفنة** ،يتم تغطية الحديد بطبقة من الخارصين إما عن طريق غمر الحديد في مصهور الخارصين أو عن طريق طلائه بالخارصين كهربائيًا. بالرغم من أن الخارصين يتأكسد بصورة أكثر سهولة إلا أنه أحد الفلزات التي تحمي ذاتها، من مجموعة تتضمن أيضا الألمنيوم والكروم. عندما تتعرض هذه الفلزات للهواء فإن سطحها يتأكسد مكونة طبقة رقيقة من أكسيد الفلز تمنع مزيدًا من التأكسد للفلز.

تحمي الجلفنة الحديد بطريقتين. طالما بقيت طبقة الخارصين سليمة لن يصل الماء أو الأكسجين إلى سطح الحديد. وحتمًا ستتشقق طبقة الخارصين. وحين يحدث ذلك، يحمي الخارصين الحديد من التآكل السريع عن طريق أنه يصبح أنودًا للخلية الفولتية حين يلامس الماء والأكسجين الحديد والخارصين في نفس الوقت. **الشكل 18** يوضح كيف تعمل هاتين الطريقتين للحماية من التآكل.

☑ **التأكد من فهم النص: لخّص** طرق منع التآكل.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يمكن استخدام البطاريات الأولية مرة واحدة فقط. بينما البطاريات الثانوية قابلة لإعادة الشحن.
- عند إعادة شحن بطارية، تقوم الطاقة الكهربية الواردة للبطارية بعكس اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- خلايا الوقود هي عبارة عن بطاريات تكون المادة المتأكسدة فيها وقود من مصدر خارجي.
- من وسائل منع التآكل الطلاء والتغليف بفلز آخر أو استخدام أنود متآكل.

15. الفكرة **الرئيسة حدد** ما الذي يُختزل وما الذي يتأكسد في بطارية الخلية الجافة الخارصين – الكربون. ما السمات التي تجعل الخلية الجافة القلوية أفضل من أنواع البطاريات الجافة الأقدم؟
16. **اشرح** ماذا يحدث حين تتم إعادة شحن البطارية.
17. **صف** التفاعلات النصفية التي تحدث في خلية وقود الهيدروجين واكتب معادلة التفاعل الكلي.
18. **صف** وظيفة الأنود المتآكل. كيف تتشابه وظيفة الأنود المتآكل مع الجلفنة؟
19. **اشرح** سبب اعتبار الليثيوم خيارًا جيدًا كأنود بطارية.
20. **احسب** مستخدمًا البيانات من **الجدول 1** جهد خلية وقود هيدروجين–أكسجين.
21. **صمم تجربة** استعن بمعرفتك بالأحماض لابتكار طريقة تحدد بها ما إذا كانت بطارية الرصاص–الحمض مشحونة شحنًا كاملاً أو بدأت تفرغ.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

التحليل الكهربائي

الفكرة **الرئيسة** في التحليل الكهربائي، يسبب مصدر طاقة حدوث تفاعلات غير تلقائية في الخلايا الكهروكيميائية.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن عكس تفاعل أكسدة واختزال تلقائي في خلية كهروكيميائية؟
- قارن بين تفاعل التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور بتفاعل التحليل الكهربائي للمحلول الملحي؟
- ما أهمية التحليل الكهربائي في صهر الفلزات وتنقيتها؟

مراجعة المفردات

تفاعل أكسدة واختزال redox reaction: التفاعل الذي يتم فيه انتقال للإلكترونات بين المواد المتفاعلة.

المفردات الجديدة

التحليل الكهربائي electrolysis

الخلية الإلكتروليتية electrolytic cell

الكيمياء في حياتك

حين تركب دراجة وتسير بها لأسفل التل، لا يتوجب عليك القيام بأي جهد – فأنت قد تهبط بفعل الجاذبية. ما الفرق حين تقودها وأنت تصعد التل؟ يتوجب عليك توفير الكثير من الطاقة عن طريق التبديل.

عكس تفاعلات الأكسدة والاختزال

حين تولد بطارية معينة تيارًا كهربائيًا، تتدفق الإلكترونات الموجودة عند الأنود عبر دائرة خارجية إلى الكاثود حيث يتم استخدامها في تفاعل اختزال. البطارية الثانوية هي البطارية التي يمكن إعادة شحنها عن طريق تمرير تيار كهربائي من خلالها في الاتجاه المعاكس. لمساعدتك على فهم العملية، قم بدراسة الخلايا الكهروكيميائية في **الشكل 19** تحتوي الكؤوس الموجودة على اليسار على شريط من الخارصين في محلول أيونات خارصين. تحتوي الكؤوس الموجودة على اليمين على شريط من النحاس في محلول أيونات النحاس. إحدى الخلايا الكهروكيميائية يقوم بتزويد الطاقة لمصباح كهربائي عن طريق تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تتدفق الإلكترونات بشكل تلقائي من جهة الخارصين بحيث ينشأ تيار كهربائي. يستمر التفاعل حتى يستهلك قطب الخارصين ثم يتوقف التفاعل. ومع ذلك يمكن تجديد الخلية إذا ما تم وضع تيار في الاتجاه المعاكس باستخدام مصدر طاقة (جهد) خارجي. مصدر الجهد الكهربائي أو الفولتية ضروري لأن التفاعل العكسي لا يكون تلقائيًا. إذا ما تم ترك مصدر الجهد الكهربائي فترة طويلة كافية، ستعود الخلية إلى قوتها الأصلية تقريبًا.

يسمى استخدام الطاقة الكهربائية للحصول تفاعل كيميائي **التحليل الكهربائي.** الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي تسمى **الخلية الإلكتروليتية.** على سبيل المثال، عند إعادة شحن بطارية ثانوية فهي تعمل كخلية تحليل كهربائي.

■ **الشكل 19** يمكن لخلية الخارصين – نحاس الكهروكيميائية أن تكون خلية فولتية أو خلية تحليل كهربائي.

استدل في كل خلية كهروكيميائية ما الفلز الذي يتأكسد؟ وما الفلز الذي يُختزل؟



خلية كهربائية

عند استخدام مصدر طاقة خارجي، يتم عكس تدفق الإلكترونات ويحدث التفاعل غير التلقائي الذي يستعيد الوضع الأصلي للخلية.

خلية فولتية

في هذه الخلية الفولتية، يعمل تأكسد الخارصين على توفير الإلكترونات للمصباح الكهربائي واختزال أيونات النحاس. يستمر التفاعل التلقائي حتى يستهلك الخارصين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيقات على التحليل الكهربائي

تذكر أن الخلايا الفولتية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. أما خلايا التحليل الكهربائي فهي تقوم بالعكس. فهي تستخدم الطاقة الكهربائية للحث على تفاعل غير تلقائي. من الأمثلة الشائعة هو التحليل الكهربائي للماء. والتفاعل هو عكس التفاعل الخاص باستهلاك الهيدروجين والأكسجين في خلية وقود.

$$2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$

التحليل الكهربائي للماء هو أحد الطرق التي يمكن عن طريقها توليد غاز الهيدروجين من أجل الاستخدام التجاري.

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم كما أن التحليل الكهربائي يمكنه تحليل الماء إلى عناصره، فبإمكانه أيضًا أن يفصل كلوريد الصوديوم المصهور إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور. ويتم تنفيذ هذه العملية في خلية تسمى بخلية داون كما يوضح **الشكل 20**. الإلكتروليت في الخلية هو كلوريد الصوديوم المصهور نفسه. تذكر أن المركبات الأيونية يمكنها توصيل الكهرباء فقط إذا كانت أيوناتها حرة الحركة مثلما حين تذوب في الماء أو حين تكون في حالة مصهورة.

عند الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز كلور (Cl_2).

$$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

وعند الكاثود، تختزل أيونات الصوديوم لتتحول إلى فلز الصوديوم.

$$Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$$

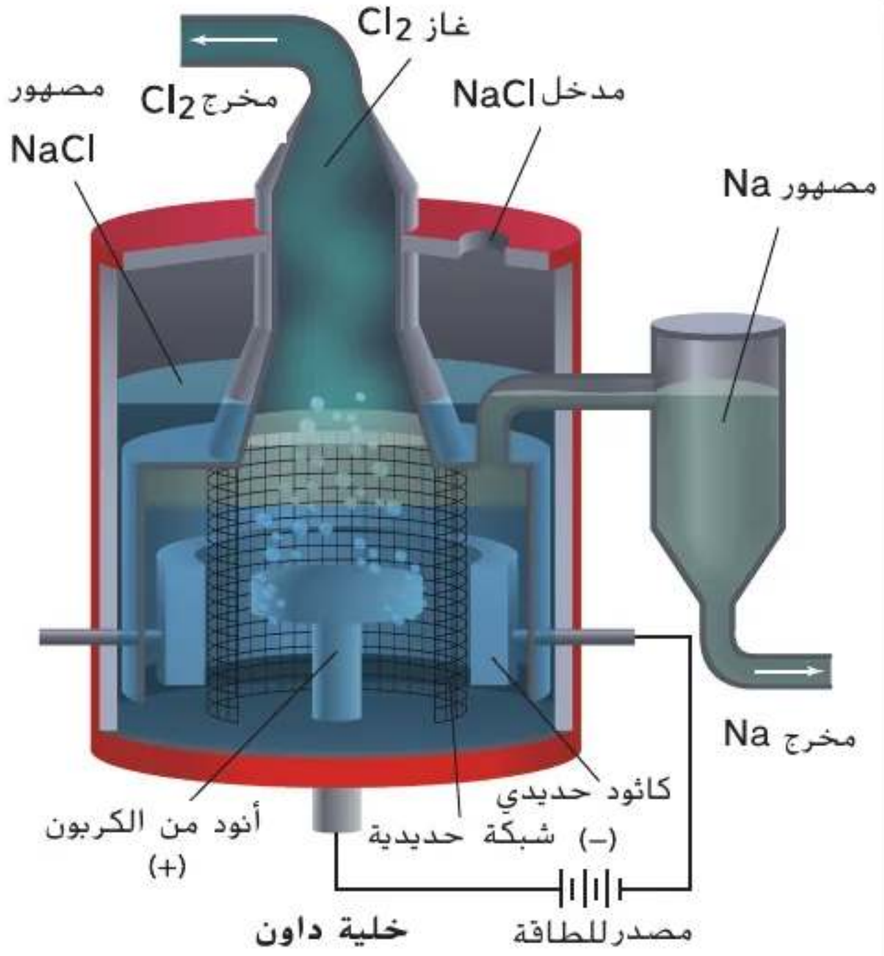
ويكون تفاعل الخلية الكلي هو كالتالي:

$$2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$$

إن أهمية وجود خلية داون يتمثل فيما يتعلق بالأدوار الهامة التي يلعبها كل من الصوديوم والكلور في حياتك. فالكلور يستخدم في جميع أنحاء العالم لتنقية المياه من أجل الشرب والسباحة. العديد من منتجات التنظيف التي قد تستخدمها ومن بينها المنظفات المنزلية، تحتوي على مركبات الكلور. كما أنك تعتمد على مجموعة من المنتجات الأخرى كالورق والبلاستيك ومبيدات الحشرات والأنسجة والأصباغ والدهانات والتي تحتوي إما على الكلور أو يُستخدم الكلور في إنتاجها.

يستخدم الصوديوم في صورته النقية كمبرد في المفاعلات النووية وفي مصابيح بخار الصوديوم التي تستخدم في الإضاءة الخارجية. وفي مركباته الأيونية تحتاج فقط للنظر في قائمة المكونات للمنتجات الاستهلاكية لتجد مجموعة متنوعة من أملاح الصوديوم في المنتجات التي تستخدمها والأطعمة التي تأكلها.

التأكد من فهم النص **فسر** لم يجب أن يكون كلوريد الصوديوم مصهورًا في خلية داون.

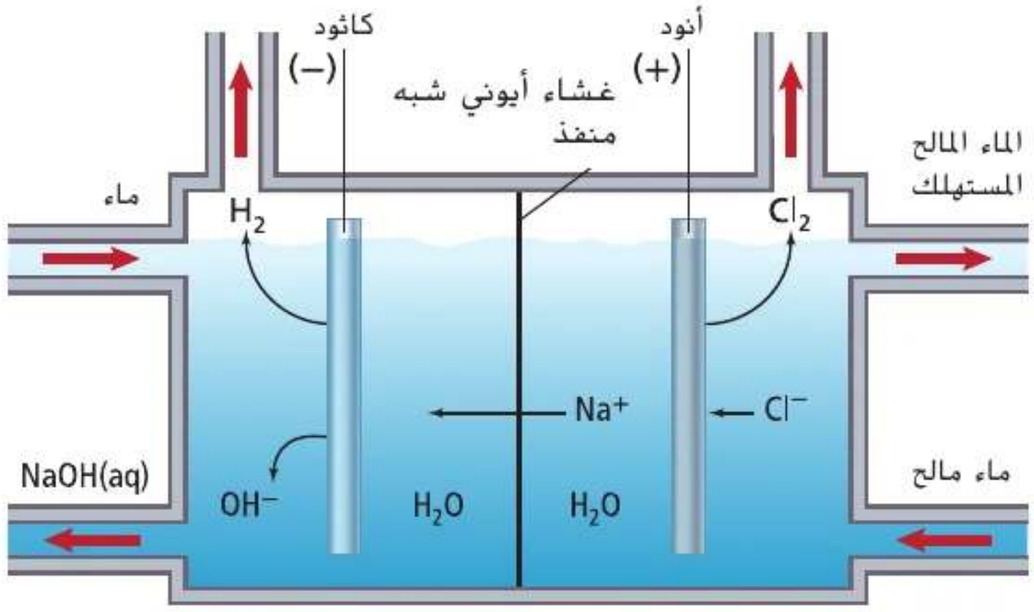


■ **الشكل 20** في خلية داون، تُستخدم الإلكترونات التي يوفرها المصدر الكهربائي لاختزال أيونات الصوديوم عند الكاثود. ومع فقد الإلكترونات من الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد عند الأنود لتتحول إلى غاز الكلور.

مطوياتي®

أدخل المعلومات الواردة في هذا القسم في مطويتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



تستخدم المنشآت التجارية عملية التحليل الكهربائي للحصول على غاز الهيدروجين وغاز الكلور وهيدروكسيد الصوديوم من محلول ملحي.

■ **الشكل 21** في التحليل الكهربائي لمحلول ملح كلوريد الصوديوم، لا ينتج الصوديوم لأن الماء يسهل اختزاله بصورة أكبر.



يُستخدم غاز الكلور في تصنيع منتجات بولي كلوريد الفينيل كتلك الأنابيب من أجل توزيع المياه.

التحليل الكهربائي للمحلول الملحي يتم تحليل المحلول الملحي وهو محلول مائي من كلوريد الصوديوم، أيضا عن طريق التحليل الكهربائي. **الشكل 21** يوضح خلية تحليل كهربائي نموذجية ونواتج التحليل الكهربائي. من الممكن حدوث تفاعلين عند الكاثود: اختزال أيونات الصوديوم أو اختزال الهيدروجين في جزيئات الماء.

$$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$$

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

ومع ذلك، فإن اختزال الصوديوم (Na^+) لا يحدث لأن الماء أسهل في اختزاله وبالتالي يتم اختزاله بشكل تفضيلي.

من الممكن حدوث تفاعلين عند الأنود: تتأكسد أيونات الكلور أو يتأكسد الأكسجين في جزيئات الماء.

$$2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

ولأن الناتج المرغوب فيه هو الكلور (Cl_2) يتم الحفاظ على تركيز أيونات الكلوريد عاليًا من أجل تفضيل هذا التفاعل النصفي. تفاعل الخلية الكلي يكون كما يلي:

$$2H_2O(l) + 2NaCl(aq) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) + 2NaOH(aq)$$

النواتج الثلاثة جميعها هي مواد هامة تجاريًا.

☑ **التأكد من فهم النص** **حدد** الأنواع التي تتأكسد والأنواع التي تختزل في التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم.

إنتاج الألمنيوم حتى نهاية القرن التاسع عشر، لم يكن فلز الألمنيوم من الفلزات القيمة لأنه لم يكن أحد يعلم كيف تتم تنقيته بكميات كبيرة. عام 1886 طور شارل مارتن هول (1914-1863) الذي كان يبلغ من العمر 22 عامًا طريقة لإنتاج الألمنيوم عن طريق التحليل الكهربائي. وقد استخدم الحرارة الناتجة من آلة الحداد (الكير) والكهرباء الناتجة من بطاريات مصنوعة منزليًا والمقالي الحديدية الخاصة بوالدته كأقطاب. وفي الوقت نفسه تقريبًا، اكتشف أحد طلاب لو شاتيليه وهو بول هيرولت (1914-1863) الذي كان يبلغ أيضًا 22 عامًا، العملية نفسها. ويُطلق عليها اليوم اسم عملية هول-هيرولت وتم توضيحها في **الشكل 22.**

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

اختزال (reduce)

الاستخدام العلمي: هو تقليل عدد تأكسد الذرة عن طريق إضافة إلكترونات فالخارصين يختزل أيونات النحاس *(II)* إلى ذرات نحاس عن طريق فقد إلكترونين.

الاستخدام العام: تصغير الحجم، أو الكم، أو المدى، أو العدد
اضطررنا لتقليل عدد الممثلين لأن المسرح كان صغيرًا جدًا.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

في النموذج الحديث من عملية هول–هيرولت، يتم الحصول على فلز الألمنيوم عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألمنيوم الذي يتم استخلاصه من خام البوكسيت ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$). يذوب أكسيد الألمنيوم عند دجة حرارة 1000°C في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) تكون الخلية مبطنة بالجرافيت الذي يشكل الكاثود للتفاعل كما يوضح **الشكل 22**. يتم غمر مجموعة أخرى من قضبان الجرافيت في المحلول المصهور لتكوين الأنود. يحدث التفاعل الآتي عند الكاثود.

$$Al^{3+}(l) + 3e^- \rightarrow Al(l)$$

يستقر الألمنيوم المنصهر في قاع الخلية ويتم سحبه بصفة دورية. تتأكسد أيونات الأكسيد عند الأنود في هذا التفاعل:

$$2O^{2-}(aq) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$$

ونظرًا لارتفاع درجات الحرارة، يتفاعل الأكسجين المتحرر مع كربون الأنود مكونًا ثاني أكسيد الكربون.

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

تُستخدم في عملية هول–هيرولت كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية لهذا السبب يتم عادة إنتاج الألمنيوم في مصانع تُبنى بالقرب من محطات طاقة كهربائية ضخمة حيث تكون الطاقة الكهربائية أقل سعرًا. المقدار الكبير من الكهرباء المطلوب لإنتاج الألمنيوم من الخام هو السبب الرئيس لإعادة تدوير الألمنيوم. فقد خضع الألمنيوم المعاد تدويره بالفعل إلى التحليل الكهربائي؛ لذا فالطاقة الوحيدة المطلوبة لجعله قابل للاستخدام مرة أخرى هي الحرارة المطلوبة لصهره في فرن.

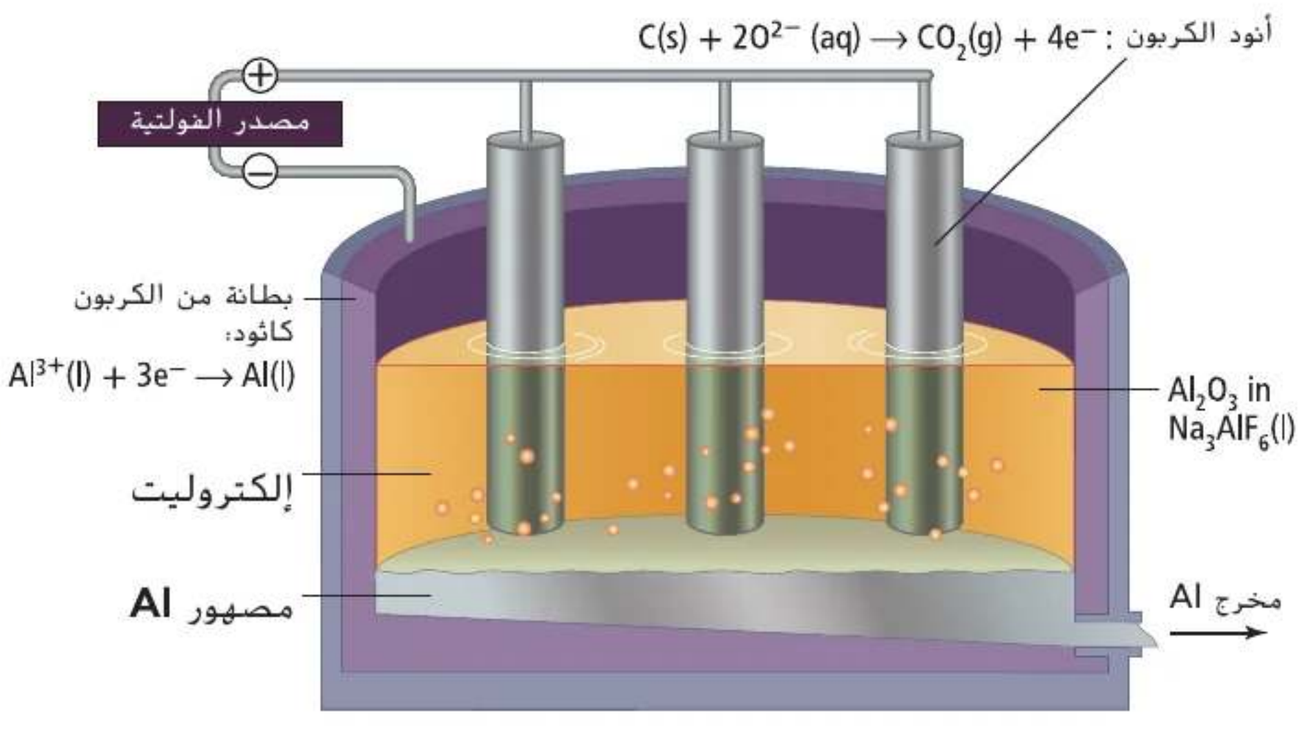
تنقية الخامات يُستخدم التحليل الكهربائي أيضًا في تنقية الفلزات مثل النحاس. يستخرج معظم النحاس على شكل خامات مثل: الكالكوبايرايت ($CuFeS_2$)، الكالكوسيت (Cu_2S) والمالاكيت ($Cu_2CO_3(OH)_2$). والكبريتيدات أكثر وفرة وتنتج فلز النحاس عند تسخينها بقوة في وجود الأكسجين.

$$Cu_2S(s) + O_2(g) \rightarrow 2Cu(l) + SO_2(g)$$



يوفر الألمنيوم الذي تتم إعادة تدويره كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية التي يتم استخدامها لإنتاج ألمنيوم من الخام.

■ **الشكل 22** تتم عملية هول– هيرولت في درجة حرارة 900°C في مصاهر مشابهة لهذا. لاحظ أن الكربون (الجرافيت) يعمل بمثابة أنود وكاثود. غالبًا ما يتم وضع الألمنيوم المعاد تدويره كتغذية بداخل خلية مع الألمنيوم الجديد.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 23** يجب توفير طاقة لتأكسد الفضة عند الأنود واختزال الفضة عند الكاثود. في خلية التحليل الكهربائي التي تستخدم للطلاء بالفضة، يكون الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود حيث تختزل أيونات الفضة في محلول الإلكتروليت إلى فلز الفضة ويطلى بها الجسم المراد طلاؤه.

يحتوى النحاس الذي يتم الحصول عليه من هذه العملية على العديد من الشوائب ولذا تجب تنقيته، لذا يتم صب النحاس المصهور في قوالب سميكة وكبيرة. تستخدم هذه القوالب بعد ذلك كأنود في خلية التحليل الكهربائي التي تحتوي على محلول من كبريتات النحاس (II). كاثود الخلية هو عبارة عن صفيحة رقيقة من النحاس النقي. ومع مرور التيار عبر الخلية، تتأكسد ذرات النحاس في الأنود غير النقي إلى أيونات نحاس (II). تنتقل أيونات النحاس عبر المحلول لتصل إلى الكاثود حيث يتم اختزالها إلى ذرات نحاس. تصبح هذه الذرات جزءًا من الكاثود بينما تسقط الشوائب إلى قاع الخلية.

الطلاء بالكهرباء يتم طلاء الأشياء كهربائيًا حين توضع طبقة رقيقة وموحدة عادة لتكون طبقة واقية أو جمالية. عادة ما تكون المادة المستخدمة في ذلك فلز. الطلاء الكهربائي بفلز مثل الفضة يتم بواسطة طريقة تشبه تلك المستخدمة لتنقية النحاس. الجسم الذي يُراد طلاؤه بالفضة هو الكاثود في خلية التحليل الكهربائي، أما الأنود فهو عبارة عن قضيب أو صفيحة من الفضة. كما يوضح **الشكل 23** عند الأنود، تتأكسد الفضة إلى أيونات فضة بفقد الإلكترونات عن طريق مصدر كهربائي عند الكاثود، تختزل أيونات الفضة إلى فلز الفضة عن طريق الإلكترونات الواردة من مصدر كهرباء خارجي. تشكل الفضة طبقة رقيقة على الجسم الذي تتم تغطيته. يجب التحكم في التيار الذي يمر عبر الخلية بعناية من أجل الحصول على طبقة فلز ناعمة ومتساوية.

تستخدم فلزات أخرى أيضًا في الطلاء بالكهرباء. قد يكون لديك بعض الحلي المطلية كهربائيًا بالذهب. أو قد تعجبك سيارة بعض أجزاؤها الفولاذية كواق الصدمات وقد تكون أصبحت أكثر مقاومة للصدأ عن طريق طلائها كهربائيًا أولًا بالنيكل ثم بالكروم.



القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- في الخلية الإلكتروليتية، يتسبب مصدر الطاقة الخارجي في تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي.
- ينتج عن التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور فلز الصوديوم وغاز الكلور. ينتج عن التحليل الكهربائي لمحلول ملحي (كلوريد الصوديوم) غاز الهيدروجين وهيدروكسيد صوديوم وغاز الكلور.
- يتم تنقية بعض الفلزات مثل النحاس في خلية إلكتروليتية.
- يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء الأجسام كهربائيًا وإنتاج ألمنيوم نقي من الخام الخاص به.

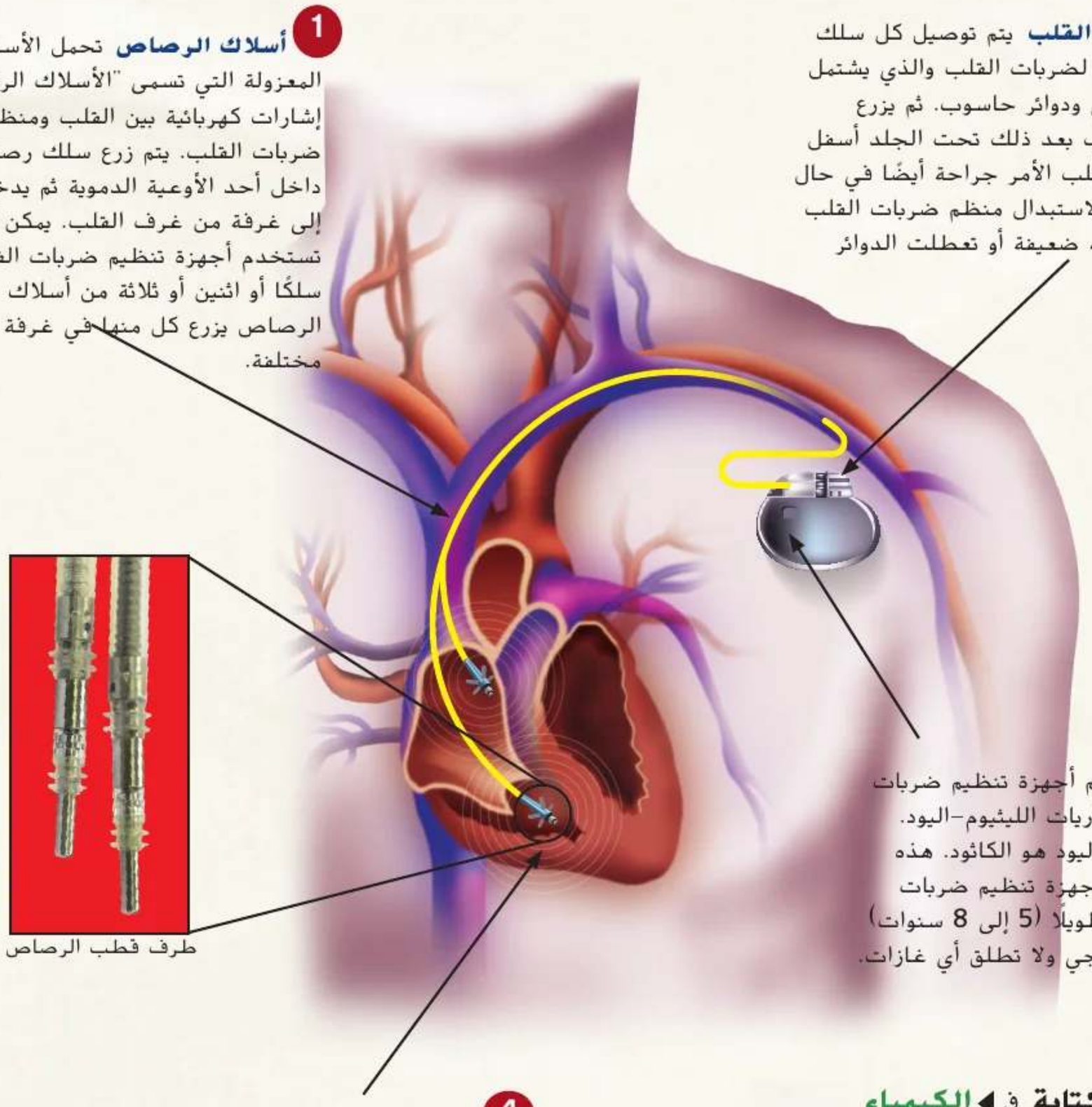
22. الفكرة **الرئيسة عرف** التحليل الكهربائي واربط التعريف بتلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال.
23. **فسر** سبب اختلاف نواتج التحليل الكهربائي لكل من محلول كلوريد الصوديوم(الملحي) ومصهور كلوريد الصوديوم.
24. **صِف** كيف يتم تنقية النحاس غير النقي الذي تم الحصول عليه من صهر الخام عن طريق التحليل الكهربائي.
25. **فسر** بالإشارة إلى عملية هول- هيرولت سبب أهمية إعادة تدوير الألمنيوم.
26. **صف** الأنود والكاثود بخلية تحليل كهربائي يتم فيها طلاء جسم ما بالذهب.
27. **فسر** لماذا إنتاج كيلو جرام واحد من الفضة من أيوناتها عن طريق التحليل الكهربائي يحتاج إلى طاقة كهربائية قليلة جدًا مقارنة مع الطاقة المطلوبة لإنتاج كيلوجرام واحد من الألمنيوم من أيوناته.
28. **احسب** استخدم **الجدول 1** لحساب جهد خلية داون. هل سيكون الجهد موجبًا أم سالبًا؟
29. **لخص** اكتب فقرة قصيرة للإجابة عن كل سؤال من الأسئلة الرئيسة الثلاثة بالقسم 3 بكلمات من عندك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كيف تعمل؟

منظم ضربات القلب: مساعدة قلب مريض

قلبك يتكون من نسيج قلبي وهو ينقبض وينبسط بشكل مستمر. ينشأ النبض بسبب نبضات كهربائية تتحرك عبر المسارات الموجودة في قلبك. تنتج مجموعة من الخلايا المتخصصة في الجدار العلوي للأذين الأيمن للقلب–الغرفة العلوية – نبضات كهربائية. إذا فشلت الخلايا في أداء وظيفتها أو تمت مقاطعة مسارات النبض الكهربائي فلن ينبض القلب بطريقة اعتيادية. منظم ضربات القلب هو جهاز كهربائي يمكنه رصد وتصحيح ضربات القلب غير المنتظمة. كيف يعمل هذا الجهاز؟



1 أسلاك الرصاص تحمل الأسلاك المعزولة التي تسمى "الأسلاك الرئيسة" إشارات كهربائية بين القلب ومنظم ضربات القلب. يتم زرع سلك رصاص داخل أحد الأوعية الدموية ثم يدخل إلى غرفة من غرف القلب. يمكن أن تستخدم أجهزة تنظيم ضربات القلب سلكًا أو اثنين أو ثلاثة من أسلاك الرصاص يزرع كل منها في غرفة مختلفة.

2 منظم ضربات القلب يتم توصيل كل سلك من الأسلاك بمنظم لضربات القلب والذي يشتمل على بطارية وهوائي ودوائر حاسوب. ثم يزرع منظم ضربات القلب بعد ذلك تحت الجلد أسفل عظمة الترقوة. يتطلب الأمر جراحة أيضًا في حال كانت هناك حاجة لاستبدال منظم ضربات القلب إذا أصبحت بطاريته ضعيفة أو تعطلت الدوائر الكهربائية.

3 البطارية معظم أجهزة تنظيم ضربات القلب تستعين ببطاريات الليثيوم–اليود. الليثيوم هو الأنود واليود هو الكاثود. هذه البطاريات مثالية لأجهزة تنظيم ضربات القلب لأنها تعيش طويلاً (5 إلى 8 سنوات) وتتضرر بشكل تدريجي ولا تطلق أي غازات.

طرف قطب الرصاص

4 الوظيفة يرتبط طرف سلك الرصاص بنسيج القلب فينقل النبضات الكهربائية ويشعر بضربات القلب. يمكن لأجهزة تنظيم ضربات القلب أن تحفز ضربات القلب البطيئة أو تنظم الضربات غير المنتظمة أو تنشط ضربات قلب متوقف.

الكتابة في ◀ الكيمياء

لخص منظم ضربات القلب هو مثال على التقدم في التكنولوجيا الطبية. اكتب فقرة عن طرائق تغير حياتك أو حياة شخص تعرفه بسبب تقنية طبية وكيف يمكن أن تتغير هذه التقنية في المستقبل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

قياس جهد الخلية الفولتية

خلفية: عند توصيل نصفي خلية ينتج فرق جهد، يمكن قياسه باستخدام الفولتميتر.

سؤال: كيف يمكن مقارنة جهود الخلايا الفولتية المقيسة بالجهود المحسوبة؟

المواد

أشرطة فلزية من النحاس والألمنيوم والخارصين والمغنيسيوم قياسها (حوالي 1.3 cm × 0.6 cm)
1 *M* نيترات نحاس (II)
1 *M* نيترات ألمنيوم
1 *M* نيترات الخارصين
1 *M* نيترات مغنيسيوم
صحن متعدد الحفر
ماصات عدد (5)
فولتميتر
ورق ترشيح (6 قطع 2.5 cm × 0.6 cm)
1 *M* نيترات بوتاسيوم
ملقط
صوف فولاذي أو ورق صنفرة
جدول جهود الاختزال القياسية

احتياطات السلامة



تحذير: قد يكون للصوف الفولاذي نقاط مدببة حادة يمكن أن تخترق الجلد. تعامل معها بعناية.

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. خطط كيف ستقوم بترتيب الخلايا الفولتية مستخدمًا الأربعة فلزات في الصحن متعدد الحفر. اجعل معلمك يعتمد خطتك.
3. اغمر أشرطة ورق الترشيح في 2 mL من محلول نيترات البوتاسيوم. ستكون هذه الأشرطة هي القنطرة الملحية للخلايا. استخدم الملقط للتعامل مع القناطر الملحية.
4. أنشئ خلايا فولتية مستخدمًا الفلزات الأربعة و 1 mL من كل محلول. ضع الفلزات في الحفر التي تحتوي على المحلول المناسب. ضع فلز الخارصين في محلول نيترات الخارصين. استخدم قنطرة ملحية مختلفة لكل خلية فولتية. صل أسلاك الفولتميتر بالفلزات. إذا حصلت على قيمة سالبة لفرق الجهد، فبدّل الأسلاك على الفلزات.

بيانات جهد الخلية الفولتية			
فلز الأنود			
فلز الكاثود			
جهد الخلية المُقاس (V)			
التفاعل النصفي للأنود والجهد القياسي			
التفاعل النصفي للكاثود والجهد القياسي			
الجهد النظري للخلية			
النسبة المئوية للخطأ			

5. سجل في جدول البيانات ما الفلزات التي تعمل كأنود والفلزات التي تعمل ككاثود في كل خلية. سيتم توصيل السلك الأسود من الفولتميتر بالأنود. ويتم توصيل السلك الأحمر بالكاثود.
6. سجل جهد كل خلية.
7. **التنظيف والتخلص** استخدم الملقط لإزالة أشرطة الفلزات من الصحن متعدد الحفر. ثم اشطفها بالماء ثم نظفها بالصوف الفولاذي أو الصنفرة. اشطف الشريحة الرقيقة

التحليل والنتائج

1. **التطبيق** في جدول البيانات اكتب معادلات التفاعلات النصفية عند الأنود والكاثود بكل من الخلايا الفولتية. ابحث عن جهد التفاعل النصفي في **الجدول 1** وسجله في الجدول.
2. **احسب** وسجل الجهد النظري لكل خلية فولتية.
3. **تنبأ** مستخدمًا بياناتك، حدد ترتيب الفلزات بدءًا من أكثرها نشاطًا إلى أقلها نشاطًا.
4. **تحليل الخطأ** احسب النسبة المئوية للخطأ لجهد الخلية الفولتية. لماذا تكون النسبة المئوية للخطأ في بعض الخلايا الفولتية أكبر من البعض الآخر؟

توسيع الاستقصاء

صمم تجربة تقلل من النسبة المئوية للخطأ الذي تمت مناقشته في السؤال رقم 4.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة

يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

القسم 1 الخلايا الفولتية

الفكرة **الرئيسة** تحدث الأكسدة في الخلايا الفولتية عند الأنود، مما يؤدي إلى إنتاج إلكترونات والتي تتدفق إلى الكاثود، حيث يحدث الاختزال.

- تحدث عملية الأكسدة والاختزال،في الخلية الفولتية، عند الأقطاب منفصلة عن بعضها البعض.
- الجهد القياسي لتفاعل نصف الخلية هو الجهد الخاص بها عند اقترانه بقطب الهيدروجين القياسي في ظل ظروف قياسية.
- يكون جهد الاختزال لنصف الخلية سالبًا إذا خضع للتأكسد عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي. يكون جهد الاختزال لنصف الخلية موجبًا إذا خضع للاختزال عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي.
- الجهد القياسي للخلية الفولتية هي الفرق بين جهود الاختزال القياسية لتفاعلات نصفي الخلية.

$$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

المفردات

- القنطرة الملحية
- الخلية الكهروكيميائية
- الخلية الفولتية
- نصف الخلية
- الأنود
- الكاثود
- جهد الاختزال
- قطب الهيدروجين القياسي

القسم 2 البطاريات

الفكرة **الرئيسة** تعتبر البطاريات خلايا فولتية تقوم بتفاعلات تلقائية لتوفير الطاقة لأغراض متنوعة.

- يمكن استخدام البطاريات الأولية مرة واحدة فقط؛ بينما يمكن إعادة شحن البطاريات الثانوية.
- عندما تتم إعادة شحن البطارية، تُغير الطاقة الكهربائية التي تزود بها البطارية اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- تعتبر خلايا الوقود بطاريات حيث أن المواد المتؤكسدة بداخلها هي وقود من مصدر خارجي.
- تتمثل طرق منع التآكل أو الصدأ في الطلاء أو التغليف بفلز آخر أو استخدام أنود متآكل.

المفردات

- البطارية
- الخلية الجافة
- البطارية الأولية
- البطارية الثانوية
- خلية الوقود
- التآكل
- الجلفنة

القسم 3 التحليل الكهربائي

الفكرة **الرئيسة** يسبب مصدر الطاقة حدوث تفاعلات غير تلقائية داخل الخلايا الكهروكيميائية أثناء عملية التحليل الكهربائي.

- يُحدث مصدر الطاقة الخارجي تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي في الخلية الكهروكيميائية.
- ينتج عن التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المنصهر فلز الصوديوم وغاز الكلور. ينتج عن التحليل الكهربائي للمحلول الملحي هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور وغاز الهيدروجين.
- تتم تنقية الفلزات كالنحاس في خلايا التحليل الكهربائي.
- يتم استخدام التحليل الكهربائي لطلاء الأجسام كهربائيًا ولإنتاج ألمنيوم نقي من مادته الخام.

المفردات

- التحليل الكهربائي
- الخلية الإلكتروليتية

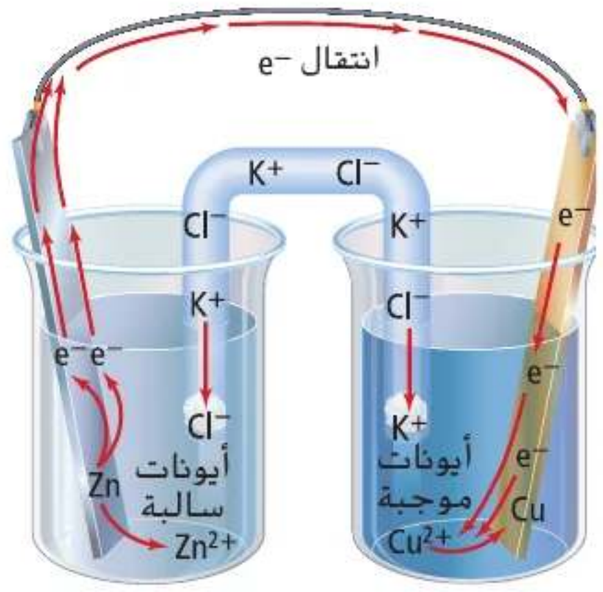
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 2 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

30. ما الخاصية التي يتميز بها تفاعل الأكسدة والاختزال والتي تسمح باستخدامه لتوليد تيار كهربائي؟
31. صف العملية التي يتحرر منها إلكترونات في خلية الخارصين والنحاس الفولتية.
32. ما وظيفة القنطرة الملحية في الخلية الفولتية؟
33. ما المعلومة التي تحتاج إليها لتحديد الجهد القياسي للخلية الفولتية؟
34. في الخلية الفولتية الممثلة بـ $Al|Al^{3+} \parallel Cu^{2+}|Cu$. ما العنصر الذي يتأكسد وما الذي يُختزل عند إصدار الخلية للتيار؟
35. ما الظروف التي يتم بموجبها قياس جهود الاختزال القياسية؟

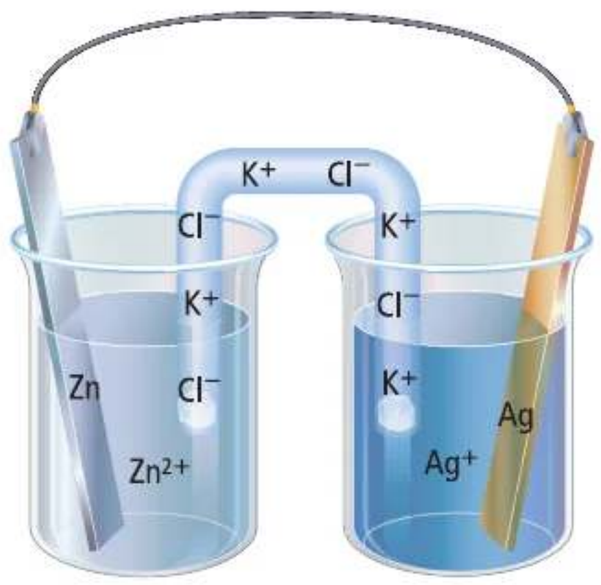


■ الشكل 24

36. في **الشكل 24**، حدد الفلز الذي يتأكسد وحدد الكاثود.
37. القنطرة الملحية مملوءة بمحلول KNO_3. فسر سبب ضرورة انتقال أيونات البوتاسيوم عبر القنطرة الملحية إلى الكاثود.
38. تذكر أن العامل المختزل هو المادة التي يتم تأكسدها وأن العامل المؤكسد هو المادة التي يتم اختزالها.
استخدم **جدول 1** لاختيار العامل الذي سيحول Au إلى Au^{3+} لكن لن يحول Co^{2+} إلى Co^{3+}.

إتقان حل المسائل

39. استخدم **الجدول 1**، اكتب ترميز الخلية لكل من أنصاف الخلايا التالية عند وصلة بقطب الهيدروجين القياسي؛ وذلك لكل خلية على حدة حيث يتم توصيل كل نصف من الخلية النصفية التالية بالقطب القياسي للهيدروجين.
   a. $Zn^{2+} \mid Zn$
   b. $Hg^{2+} \mid Hg$
   c. $Cu^{2+} \mid Cu$
   d. $Al^{3+} \mid Al$
40. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكل من الخلايا القياسية التالية:
   a. $I^- \mid I_2 \parallel Fe^{3+} \mid Fe^{2+}$
   b. $Sn \mid Sn^{2+} \parallel Ag^+ \mid Ag$
   c. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cd^{2+} \mid Cd$
41. احسب جهود الخلايا التي تحدث فيها التفاعلات التالية:
   a. $2Ag^+(aq) + Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2Ag(s)$
   b. $Mn(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Ni$
   c. $I_2(aq) + Sn(s) \rightarrow 2I^-(aq) + Sn^{2+}(aq)$



■ الشكل 25

42. يوضح **الشكل 25** خلية فولتية التي تتكون من شريط من الخارصين في محلول نيترات الخارصين 1.0 *M* وشريط من الفضة في محلول نيترات الفضة 1.0 *M*. استعن بالرسم **وجدول 1** للإجابة على الأسئلة الآتية:
   a. حدد الأنود.
   b. حدد الكاثود.
   c. أين تحدث الأكسدة؟
   d. أين يحدث الاختزال؟
   e. في أي اتجاه تنتقل الإلكترونات عبر السلك الموصل؟
   f. في أي اتجاه تنتقل الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية؟
   g. ما جهد الخلية عند درجة حرارة 25°C وضغط 1 atm؟

القسم 2

إتقان المفاهيم

43. أي جزء من أجزاء خلية الخارصين – الكربون الجافة هو الأنود؟ اكتب التفاعل الذي يحدث هناك.
44. ما وجه الاختلاف بين البطاريات الأولية والثانوية؟
45. **بطارية الرصاص الحمضية** ما المادة التي يتم اختزالها في بطارية تخزين الرصاص الحمضي؟ ما المادة التي تتأكسد؟ ما المواد التي تنتج عن كل تفاعل؟
46. **خلية للوقود الحيوي** في كاثود خلية للوقود الحيوي، Fe^{3+} في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد (III) ($K_3[Fe(CN)_6]$) تم اختزالها إلى Fe^{2+} في **بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد (II)** ($K_4[Fe(CN)_6]$). يتأكسد نيكوتيناميد آلأدنين ثنائي النوكليوتيد، عند الأنود إلى NAD^+. استخدم جهود الاختزال القياسية التالية لتحديد جهد الخلية.

$$NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow NADH \quad E^0 = -0.320\ V$$
$$[Fe(CN)_6]^{3-} + 1e^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-} \quad E^0 = +0.36\ V$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

47. **خلايا الوقود** اذكر اختلافين بين خلية الوقود والبطارية العادية.

48. **الجلفنة** ما الجلفنة؟ كيف تحمي عملية الجلفنة الحديد من التآكل؟

49. **البطاريات** فسر سبب عدم إنتاج بطارية تخزين الرصاص الحمضية تيار عندما يكون تركيز H_2SO_4 منخفضًا.

50. **الصوف الفولاذي** عبارة عن مجموعة من الخيوط المصنوعة من الفولاذ (سبيكة من الحديد والكربون). ما الطريقة المثلى لتخزين الصوف الفولاذي؟
   a. التخزين في الماء.
   b. التخزين في الهواء الطلق.
   c. التخزين مع عامل مجفف.

51. **الحماية من التآكل** اذكر ثلاث طرق لحماية الفلزات من التآكل.

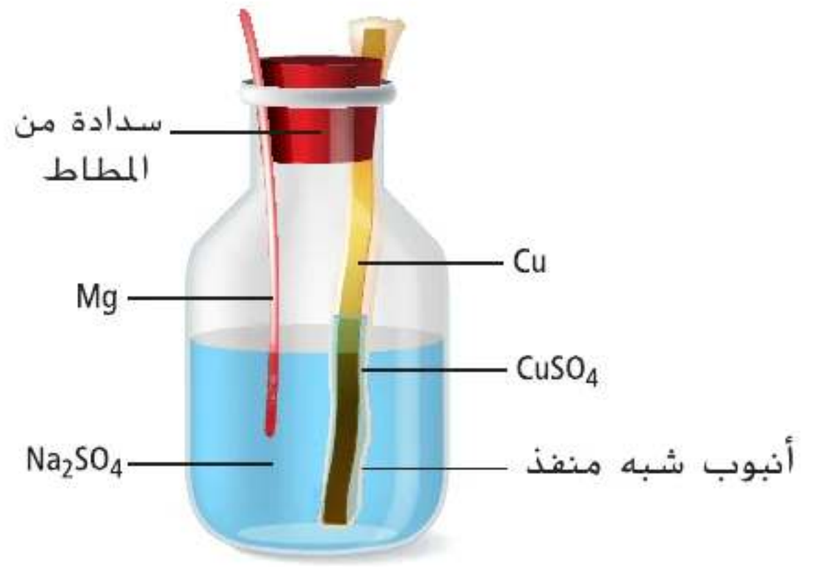
إتقان حل المسائل

52. التفاعلات النصفية لبطارية الرصاص الحمضية هي:

$$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \quad E^0 = +1.685V$$

$$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \quad E^0 = -0.3588V$$

ما الجهد القياسي للخلية الواحدة في بطارية السيارة؟



■ **الشكل 26**

53. يعمل التركيب في **الشكل 26** كبطارية.
   a. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط النحاس.
   b. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط المغنيسيوم.
   c. حدد الأنود.
   d. حدد الكاثود.
   e. احسب الجهد القياسي للخلية في هذه البطارية.

54. صمم بطارية تستخدم نصف خلية تحتوي على Sn و Sn^{2+} والنصف الآخر للخلية يحتوي على Cu و Cu^{2+}. قطب النحاس هو الكاثود وقطب القصدير هو الأنود. ارسم البطارية واكتب التفاعلين النصفيين اللذين يحدثان في كل نصف من الخلية. ما الحد الأقصى للجهد الذي يمكن أن تولده هذه البطارية؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

55. كيف يمكن عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي للخلية الفولتية؟

56. أين تحدث الأكسدة في التحليل الكهربائي؟

57. **خلية داون** ما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود عند التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المنصهر؟

58. **الصناعة** فسر سبب استعمال التحليل الكهربائي للمحلول الملحي على نطاق واسع في عدة مواقع حول العالم.

59. **إعادة التدوير** فسر كيفية محافظة عملية إعادة تدوير الألمنيوم على الطاقة.

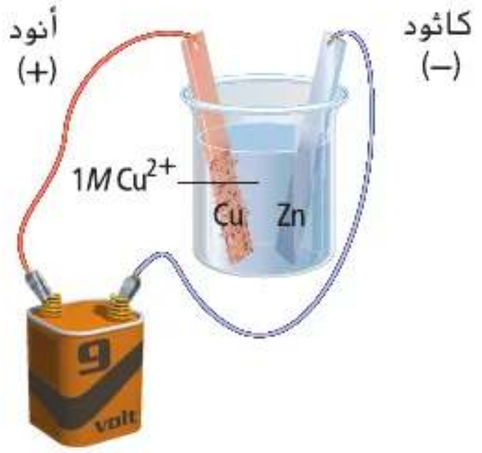
60. صف ما يحدث عند الأنود والكاثود عند التحليل الكهربائي لـ KI(aq).

إتقان حل المسائل



■ **الشكل 27**

61. **الطلاء الكهربائي** يوضح **الشكل 27** صورة مفتاح يتم طلاؤه كهربائيًا بالنحاس في خلية تحليل كهربائي. أين تحدث الأكسدة؟ فسر إجابتك.



■ **الشكل 28**

62. أجب على الأسئلة التالية استنادًا على **الشكل 28**.
   a. ما القطب الذي تزداد كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.
   b. ما القطب الذي تقل كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.

63. باستخدام **الشكل 28** وضح ما يحدث لأيونات النحاس في المحلول.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

مراجعة عامة

64. لماذا تنتقل الإلكترونات من قطب إلى آخر في الخلية الفولتية؟

65. **إنتاج الألمنيوم** ما المادة التي تتحلل كهربائيًا خلال العملية الصناعية لإنتاج فلز الألمنيوم؟

66. اكتب التفاعل النصفي للأكسدة والاختزال لخلية الفضة والكروم الفولتية. حدد الأنود والكاثود واتجاه تدفق الإلكترونات.

67. حدد إذا ما كان تفاعل الاختزال والأكسدة تلقائيًا أم غير تلقائي لكل مما يلي:

a. $Mn^{2+}(aq) + 2Br^{-}(aq) \rightarrow Br_2(l) + Mn(s)$

b. $2Fe^{2+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow 2Fe^{3+}(aq) + Sn(s)$

c. $Ni^{2+}(aq) + Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Ni(s)$

d. $Pb^{2+}(aq) + 2Cu^{+}(aq) \rightarrow Pb(s) + 2Cu^{2+}(aq)$

68. حدد جهد الخلية التي يتصل نصفها بنصف الخلية $Ag \mid Ag^{+}$.

a. $Be^{2+} \mid Be$ **c.** $Au^{+} \mid Au$

b. $S \mid S^{2-}$ **d.** $I_2 \mid I$

69. **التآكل** فسّر لماذا يعتبر الماء ضروريًا لحدوث صدأ الحديد.

70. **السفر إلى الفضاء** يستخدم المكوك الفضائي خلية وقود H_2/O_2 لإنتاج الكهرباء.

a. ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود والكاثود؟

b. ما الجهد القياسي لخلية الوقود؟

71. **خلايا الوقود** فسر كيفية اختلاف أكسدة الهيدروجين في خلية الوقود عن أكسدته عند احتراقه في الهواء.

72. **تنقية النحاس** ما العامل الذي يحدد الأنود والكاثود في النحاس عند استخدام التحليل الكهربائي لتنقية النحاس من الشوائب؟

73. **بطاريات التخزين** يُطلق على بطاريات الرصاص الحمضية وغيرها من البطاريات القابلة لإعادة الشحن أحيانًا بطاريات التخزين. ما الذي يتم تخزينه في هذه البطاريات؟



■ **الشكل 29**

74. **منع الصدأ** يوضح **الشكل 29** كيفية حماية أنابيب الحديد المدفونة من الصدأ. يتم توصيل أنابيب الحديد بفلز آخر أكثر نشاطًا والذي يصدأ بدلاً من الحديد.

a. ما هو الكاثود وما هو الأنود؟

b. صف كيف يحمي فلز المغنيسيوم أنابيب الحديد.

التفكير الناقد

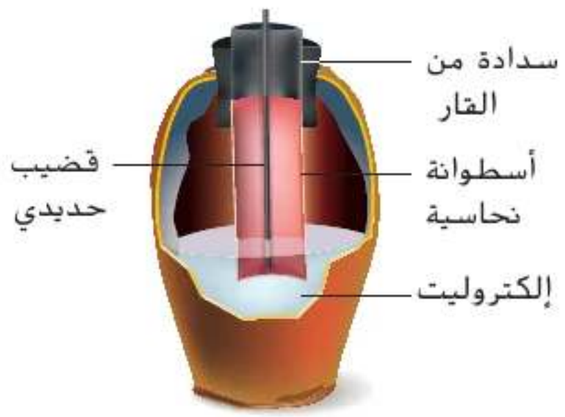
75. **تنبأ** افترض أن العلماء قد اختارو نصف خلية $Cu \mid Cu^{2+}$ بدلاً من $H_2 \mid H^{+}$ كخلية قياسية. كم سيصبح جهد قطب الهيدروجين إذا كان قطب النحاس هو القطب القياسي؟ كيف ستتغير العلاقات بين جهود الاختزال القياسية؟

76. **التطبيق** افترض أن لديك خلية فولتية يتكون نصفها من شريط من القصدير المغموس في محلول من أيونات القصدير (II).

a. هل يمكنك تحديد إذا ما كان شريط القصدير هو الأنود أم الكاثود في هذه الخلية عن طريق قياس الجهد؟

b. هل يمكنك تحديد إذا ما كان شريط القصدير هو الأنود أم الكاثود في هذه الخلية بمجرد الملاحظة البسيطة؟

77. **ضع فرضية** يختلف جهد الخلية النصفية تبعًا لتركيز المواد المتفاعلة والناتجة؛ لهذا السبب، يتم قياس الجهود القياسية عند تركيز 1 *M*. يعتبر الحفاظ على الضغط عند مستوى 1 atm أمرًا هامًا في الخلايا النصفية التي تحتوي على غازات سواء كانت مواد متفاعلة أو ناتج. اقترح سببًا لأهمية ضغط الغاز في هذه الخلايا.



■ **الشكل 30**

78. **حلّل** تم اكتشاف إناءٍ خزفي عام 1938 بالقرب من بغداد. كان هذا الإناء القديم يحتوي على قضيب حديدي محاط بأسطوانة نحاسية، كما هو موضح في **الشكل 30**. عندما تم ملء الإناء بمحلول إلكتروليتي كالخل، عمِل هذا الإناء كبطارية.

a. حدد الكاثود.

b. حدد الأنود.

c. احسب الجهد القياسي للخلية في هذه البطارية.

79. **طبّق** تُطلق خلية إلكتروليتية بخار البروم وغاز الهيدروجين خلال عملية التحليل الكهربائي. بعد التحليل الكهربائي وجدنا أن الخلية تحتوي على محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المركز. ما محتوى الخلية قبل بدء التحليل الكهربائي؟

80. **ضع فرضية** افترض أن الحديد طلي بالنحاس بدلاً من الخارصين أثناء عملية الجلفنة. هل كان النحاس سيستمر في حماية الحديد من الصدأ، كما يفعل الخارصين. إذا تصدع طلاء النحاس أو تشقق؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تحدَّ

81. تم تركيب بطارية باستخدام القصدير والزئبق اللذين لهما تفاعلات الاختزال النصفية التالية:

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(aq)$

$Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$

a. اكتب معادلة موزونة لتفاعل الخلية.

b. ما الذي يتأكسد وما الذي يُختَزل؟ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

c. ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود؟ وما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود؟

d. ما هو جهد الخلية؟ استخدم **جدول 1**.

e. إذا كان هناك محلول كبريتات الصوديوم في القنطرة الملحية، ففي أي اتجاه ستتحرك أيونات الكبريتات؟

مراجعة تراكمية

82. ما المقصود بالذوبانية؟ اشرح مدى أهمية هذه العملية لذوبان الأملاح الأيونية في الماء.

83. اشرح مدى اختلاف التركيز المولاري للمحلول عن تركيزه المولالي.

84. إذا كان لديك محلول لحمض قوي، هل يعتبر هذا مماثلاً للمحلول المركز للحمض؟ فسر إجابتك.

85. ما هي أرقام الأكسدة للعناصر في الأيون PO_4^{3-}؟

الكتابة في ◀ الكيمياء

86. السفينة الغارقة لقد فتحت الدراسة التي أجريت على عابرة المحيطات الغارقة تيتانيك الباب لإمكانية إرجاع تلف جسم السفينة الصلب يعود بشكل جزئي إلى وجود بيئات مناسبة لتكون الصدأ. ابحث عن كيفية تأثير النشاط البيولوجي لهذه البيئات في أكسدة الحديد. اكتب مقالة تصف دور هذه البيئات المناسبة لتكون الصدأ في تدمير سفينة تيتانيك.

DBQ

أسئلة حول مستند

التفاعلات البيولوجية الكهروكيميائية تم عرض جهود الاختزال القياسية لبعض التفاعلات البيولوجية الهامة في **جدول 2** بشكل عام، يعتبر الأكسجين عامل الأكسدة الأقوى المتوفر في النظم البيولوجية. لاحظ أكسدة نيكوتين أميد – ثنائي نيوكليوتيد – الأدينين *(NADH)* بالأكسجين. التفاعل كما يلي:

$2NADH + 2H^+ + O_2 \rightarrow 2NAD^+ + 2H_2O.$

* تم الحصول على البيانات من: فروم، جيمس ريتشارد. 1997. "الكيمياء الكهربائية الحيوية الكيميائية". آخر تعديل 1997. تم الدخول على البيانات 1 سبتمبر 2010. الموقع الإلكتروني http://www.3rd1000.com/chem301/chem302z.htm.

جدول 2 جهود الاختزال القياسية للمحاليل عند درجة حرارة 25°C و pH 7.00

تفاعل الاختزال	E^0 (V)
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	−0.4141
$NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow NADH$	−0.320
$HOOCCOCH_3$* + $2H^+ + 2e^- \rightarrow$ $HOOCCHOHCH_3$**	+0.19
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0.769
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+0.8147

* حمض بيروفيك $HOOCCOCH_3$
** حمض لاكتيك $HOOCCHOHCH_3$

87. اكتب التفاعلين النصفيين اللذين يحدثان في هذا التفاعل.

88. احسب جهد الخلية في هذا التفاعل مستعينًا **بالجدول 2**

89. هل NAD^+ يؤكسد Fe^{3+} to Fe^{2+}؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الاختيار من متعدد

استخدم الجدول أدناه للإجابة على الأسئلة من *1* إلى *4*.

جهود اختزال قياسية مختارة عند درجة حرارة 25°C و 1 atm وتركيز 1*M*	
التفاعل النصفي	E^0(V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.1262
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	0.851

1. ما الأيون الأكثر سهولة من حيث اختزاله؟

A. Mg^{2+}
B. Hg^{2+}
C. Ag^+
D. Al^{3+}

2. استنادًا إلى جهود الاختزال القياسية الموضحة أعلاه، ما الترميز الذي يمثل خلية فولتية بالشكل الصحيح؟

A. $Ag \mid Ag^+ \parallel Al^{3+} \mid Al$
B. $Mg \mid Mg^{2+} \parallel H^+ \mid H_2$
C. $H_2 \mid H^+ \parallel Pb^{2+} \mid Pb$
D. $Pb \mid Pb^{2+} \parallel Al^{3+} \mid Al$

3. تتكون خلية فولتية من لوح مغنيسيوم مغمور في محلول $1\ M\ Mg^{2+}$ ولوح فضة مغمور في محلول $1\ M$ Ag^+. ما الجهد القياسي لهذه الخلية؟

A. 1.572 V
B. 3.172 V
C. 0.773 V
D. 3.971 V

4. بافتراض توفر الظروف القياسية، ما الخلية التي ستنتج جهدًا يصل إلى 2.513 فولت؟

A. $Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg$
B. $H_2 \mid H^+ \parallel Hg^{2+} \mid Hg$
C. $Mg \mid Mg^{2+} \parallel Al^{3+} \mid Al$
D. $Pb \mid Pb^{2+} \parallel Ag^+ \mid Ag$

5. ما العبارة غير الصحيحة بين هذه العبارات الخاصة بالبطاريات؟

A. البطاريات هي أشكال مضغوطة للخلايا الفولتية.
B. البطاريات الثانوية هي بطاريات تخزين.
C. يمكن أن تتكون البطارية من خلية واحدة.
D. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطارية القابلة لإعادة الشحن غير انعكاسي.

6. ما الذي لا يعتبر من خصائص المحلول القاعدي؟

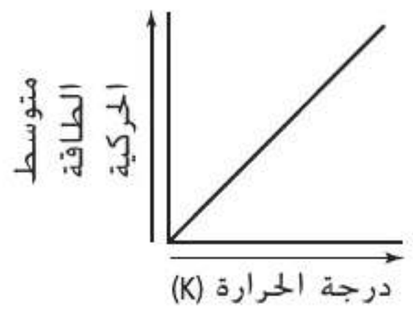
A. له مذاق مر
B. يوصل الكهرباء
C. تركيز أيونات H^+ أكبر من تركيز أيونات OH^-
D. زلق الملمس

7. الرقم الهيدروجيني للمشروبات الغازية 2.5. ما تركيز أيونات H^+ في المشروبات الغازية؟

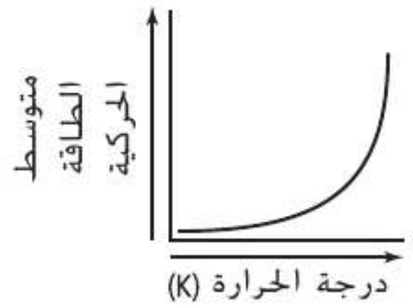
A. 3×10^{-12}
B. $3 \times 10^{-3}\ M$
C. $4 \times 10^{-1}\ M$
D. $1 \times 10^{1}\ M$

8. ما الرسم البياني الذي يُوضح بشكل صحيح العلاقة بين متوسط الطاقة الحركية للجزيئات ودرجة حرارة العينة؟

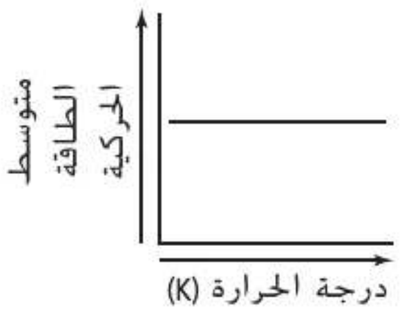
A.



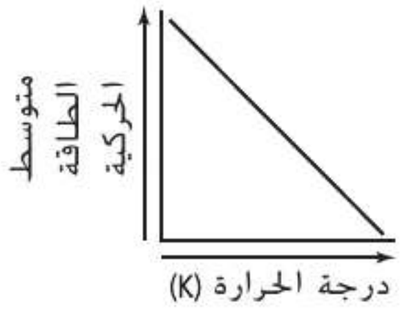
B.



C.



D.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على الأسئلة من *9* إلى *11*.

عند الإعداد للتجربة، يكون غاز الكلور وغاز النيتروجين في أوعية منفصلة مفصولة بمحبس مغلق. بعد مرور ساعة واحدة من فتح المحبس، يتم خلط الغازات تمامًا.

9. بعد خمس دقائق من فتح المحبس، أي غاز من الغازين ينتقل إلى مكان أبعد، غاز النيتروجين أم الكلور؟

10. اذكر نسبة سرعة غاز النيتروجين بالنسبة لسرعة غاز الكلور.

11. قيّم هذه العبارة: بعد مرور ساعة واحدة، تتوقف جزيئات الغاز عن الحركة لأنها قد اختلطت تمامًا.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال *12*.

جهود اختزال قياسية مختارة عند درجة حرارة 25°C و 1atm وتركيز 1*M* للمحلول	
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.744

12. استنادًا على جهود الاختزال القياسية المذكورة أعلاه، إذا تم توصيل قطب الفضة بقطب الكروم في خلية فولتية، فأي القطبين سيتأكسد؟ وأيهما سيختزل؟ فسر إجابتك. وضح رؤيتك.

13. استخدم مبدأ لوشاتيلية، لتفسير لماذا في تعليمات تجربة كيميائية في بعض الأحيان يطلب تبريد التفاعل في حمام ثلجي.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

14. ينتج كبريتيد الهيدروجين كناتج ثانوي في عملية تكرير البترول ،ويستخدم لإنتاج عنصر الكبريت:

$$2H_2S(g) + SO_2(g) \rightarrow 3S(l) + 2H_2O(g)$$

ما هو تعبير ثابت الاتزان لهذا التفاعل؟

A. $K_{eq}=\frac{[H_2O]}{[H_2S][SO_2]}$

B. $K_{eq}=\frac{[H_2S]^2[SO_2]}{[H_2O]^2}$

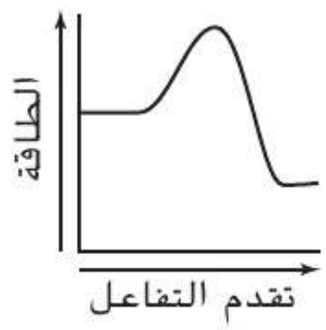
C. $K_{eq}=\frac{[H_2O]^2}{[H_2S]^2[SO_2]}$

D. $K_{eq}=\frac{[S]^3\,[H_2O]^2}{[H_2S]^2[SO_2]}$

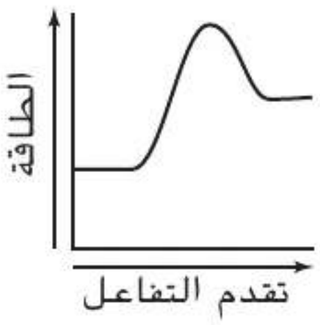
E. $K_{eq}=\frac{[2H_2O]^2}{[2H_2S]^2[SO_2]}$

15. أي من هذه الأشكال يُمثل الرسم البياني الصحيح لطاقة التنشيط اللازمة للتفاعل الماص للحرارة؟

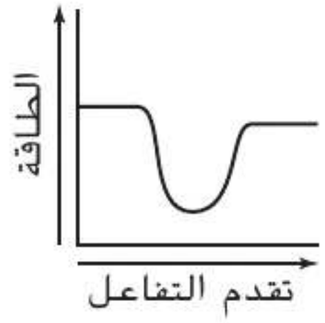
A.



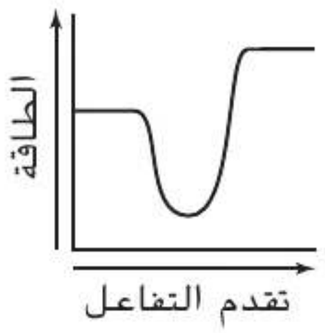
B.



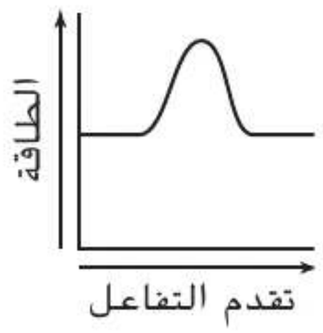
C.



D.



E.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 3

الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة تختلف المركبات العضوية التي يُطلق عليها اسم مواد هيدركربونية باختلاف أنواع الروابط بها.

الأقسام

1 مقدمة للهيدروكربونات

2 الألكانات

3 الألكينات والألكاينات

4 أيزومرات الهيدروكربونات

5 الهيدروكربونات الأروماتية

التجربة الاستهلالية

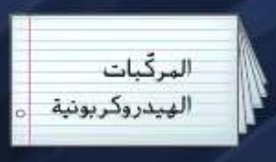
كيف يمكنك إنشاء نموذج بسيط للهيدروكربونات؟

إنّ الهيدروكربونات مكوّنة من ذرات الهيدروجين وذرات الكربون. تذكر أن الكربون لديه أربعة إلكترونات تكافؤ، ويمكنه تشكيل أربع روابط تساهمية. في هذه التجربة، ستقوم بإنشاء نماذج من الهيدروكربونات التي لها ذرّتان، وثلاث وأربع وخمس ذرات كربون.

مطويات® منظم الدراسة

المركبات الهيدروكربونية

أنشِء مطوية. سمِّه كما هو مبيّن. استخدمها لمساعدتك على تنظيم المعلومات حول المركّبات الهيدروكربونية.

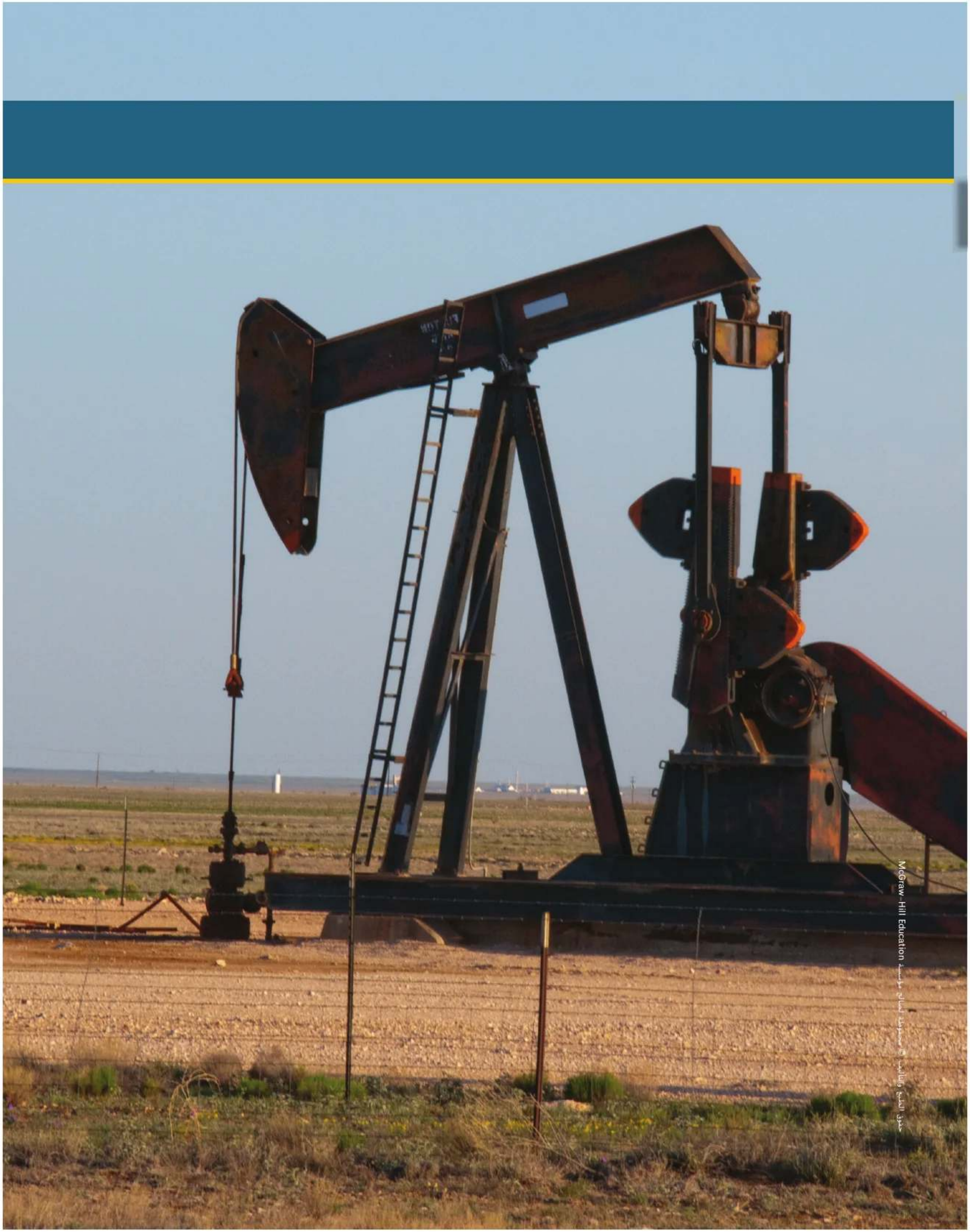




إنّ النفط هو المصدر الرئيس للمواد الهيدروكربونية. تستخدم الهيدروكربونات كوقود وهي المواد الخام لمنتجات مثل المواد البلاستيكية والألياف الصناعية والمذيبات والمواد الكيميائية الصناعية.

Hydrocarbons, Chapter 21, from Glencoe Chemistry: Matter and Change © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education


حقوق الطبع والنشر © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

مقدمة حول الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة إنّ الهيدروكربونات هي مركبات عضوية تحتوي على الكربون الذي يوفر مصدرًا للطاقة وللمواد الخام.

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بالمصطلحين: مركب عضوي و كيمياء عضوية؟
- كيف يتم تحديد الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة في تمثيلها؟
- كيف يتم التمييز بين الهيدروكربونات المشبعة والهيدروكربونات غير المشبعة؟
- ما مصادر الحصول على الهيدروكربونات وكيف يتم فصلها؟

مفردات للمراجعة

الكائنات الحية الدقيقة microorganism: هي الكائنات الصغيرة، مثل البكتريا أو الأوليات، والتي لا يمكن رؤيتها من دون المجهر

مفردات جديدة

مركب عضوي organic compound
هيدروكربون hydrocarbon
هيدروكربون مشبع saturated hydrocarbon
هيدروكربون غير مشبع unsaturated hydrocarbon
تقطير التجزيئي fractional distillation
تكسير cracking

الكيمياء في حياتك

إذا كنت قد ركبت في سيارة أو حافلة، تكون قد استخدمت الهيدروكربونات. إنّ الجازولين والديزل المستخدمان في السيارات والشاحنات والحافلات هما من الهيدروكربونات.

المركبات العضوية

أيقن علماء الكيمياء في بدايات القرن التاسع عشر أن الكائنات الحية، مثل النباتات والباندا الظاهرة في **الشكل 1**، تقوم بإنتاج مجموعة متنوعة هائلة من مركبات الكربون. أطلق علماء الكيمياء على هذه المركبات اسم المركبات العضوية لأن الكائنات الحية هي التي أنتجتها.

النظرية الحيوية بعد قبول النظرية الذرية لدالتون في أوائل القرن التاسع عشر، أدرك علماء الكيمياء أن المركبات، بما في ذلك تلك التي أنتجتها الكائنات الحية، تكونت من ترتيبات الذرات التي ارتبطت معًا لتكوّن تركيبات معينة. وتمكنوا بهذا من تركيب العديد من المواد الجديدة والمفيدة. مع ذلك، لم يكن العلماء قادرين على تركيب المركبات العضوية. توصّل العديد من العلماء إلى استنتاج غير صحيح من أنهم لم يتمكنوا من تركيب المركبات العضوية بسبب طبيعتها الحيوية. ووفقًا للنظرية الحيوية، تمتلك الكائنات الحية "قوة حيوية" غامضة تمكنها من تركيب مركبات الكربون.

دحض النظرية الحيوية لقد كان الكيميائي الألماني فريدريك فولر (1800-1882) أول عالم يدرك أنه قام بإنتاج مركب عضوي، يسمى يوريا، عن طريق التركيب في المختبر. لم تقم تجربة فولر بدحض فكرة النظرية الحيوية على الفور، لكنّها دفعت بسلسلة من تجارب مماثلة قام بها علماء كيمياء آخرون في أوروبا. في نهاية المطاف، تم دحض فكرة أن تركيب المركبات العضوية يتطلب قوة حيوية وأدرك العلماء أنه يمكن تركيب المركبات العضوية في المختبر.



■ **الشكل 1** تحتوي الكائنات الحية على مجموعة متنوعة من المركبات العضوية كما أنها تتكون من هذه المركبات العضوية وتقوم بإنتاجها.

حدِّد اثنين من المركبات العضوية التي قمت بدراستها في مادة العلوم سابقًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الكيمياء العضوية يتم استخدام عبارة **مركب عضوي** لكافّة المركبات التي تحتوي على الكربون، مع استثناء أساسي لمركبات أكاسيد الكربون، والكربيد، والكربونات، لكونها تعتبر غير عضوية. ولأن هناك الكثير من المركبات العضوية، فقد تم تخصيص فرع كامل من الكيمياء، يسمى الكيمياء العضوية، مخصص لدراستها. تذكر أن الكربون هو عنصر في مجموعة 14 من الجدول الدوري، كما هو مبين في **الشكل 2**. يقوم الكربون ذو الترتيب الالكتروني $1s^2 2s^2 2p^2$، بشكل شبه دائم بمشاركة إلكتروناته، مكونًا اربع روابط تساهمية. في المركبات العضوية، ترتبط ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين أو مع ذرات العناصر الأخرى القريبة من الكربون في الجدول الدوري، خاصةً النيتروجين، والأكسجين والكبريت والفوسفور، والهالوجينات.

إنّ الأمر الأكثر اهميّة، هو أن ذرات الكربون ترتبط أيضًا مع ذرات الكربون الأخرى مكونة سلاسل من ذرتي كربون الى ملايين الذرات. أيضًا، نظرًا لكون الكربون يكوّن أربعة روابط، فإنه بذلك يكوّن تركيبات مستقيمة، وتركيبات ذات سلاسل متفرعة، وتركيبات حلقية، وحتى تركيبات شبيهة بالأقفاص. ومع كل احتمالات الربط هذه، فقد حدد علماء الكيمياء الملايين من المركبات العضوية المختلفة ويقومون بتركيب المزيد كل يوم.

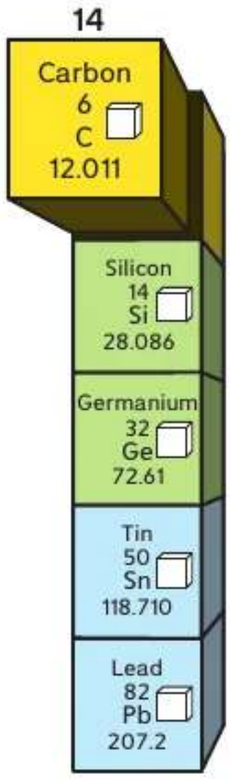
التأكد من فهم النص **اشرح** السبب في تكوين الكربون للعديد من المركبات.

الهيدروكربونات

إنّ أبسط المركبات العضوية هي **الهيدروكربونات**، مركبات تحتوي فقط على العنصرين الكربون والهيدروجين. كم عدد المركبات المختلفة التي يمكن أن يكوّنها عنصرين برأيك؟ قد يتبادر إلى ذهنك أنه لا يمكن تكوين إلا عدد قليل من المركبات. إلا أنه، يوجد الآلاف من الهيدروكربونات، التي يحتوي كل منها على العنصرين الكربون والهيدروجين فقط. يتكوّن أبسط هيدروكربون، CH_4، من ذرة كربون مرتبطة مع أربع ذرات هيدروجين. تسمّى هذه المادة الميثان، وهي وقود ممتاز ويعتبر المكون الرئيس للغاز الطبيعي، كما هو مبين في **الشكل 3**.

التأكد من فهم النص **اذكر** استخدامين لغاز الميثان أو الغاز الطبيعي في منزلك أو في مجتمعك.

■ **الشكل 2** يقع الكربون في المجموعة 14 من الجدول الدوري. ويمكنه أن يرتبط مع أربعة عناصر أخرى ويكوّن الآلاف من المركبات المختلفة.



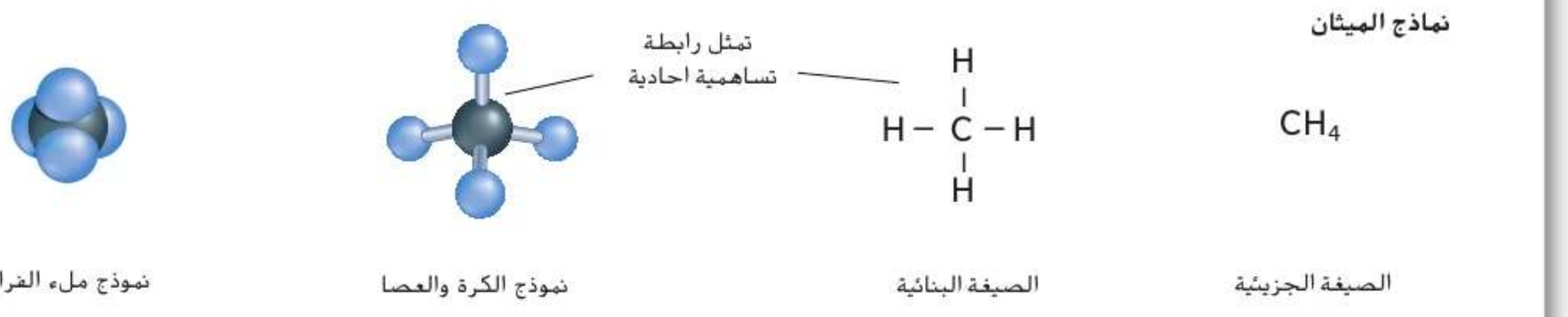


■ **الشكل 3** الميثان—مادة هيدروكربونية موجودة في الغاز الطبيعي—إنّه الهيدروكربون ذو التركيب الأبسط.

حدّد بالإضافة إلى الهيدروجين، ما العناصر الأخرى التي ترتبط بسهولة مع الكربون؟



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 4** يستخدم علماء الكيمياء أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH_4).
انظر إلى الجداول المرجعية في موارد الطالب للحصول على رمز لون الذرة.

النماذج والهيدروكربونات يمثّل علماء الكيمياء الجزيئات العضوية بأساليب متنوعة. يظهر **الشكل 4** أربع طرق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان. يتم تمثيل الروابط التساهمية بخط مستقيم أحادي يدل على اثنين من الإلكترونات المشتركة. في معظم الأحيان، يستخدم علماء الكيمياء نوع النموذج الذي يظهر بشكل أفضل المعلومات التي يرغبون في تسليط الضوء عليها. يبيّن **الشكل 4**، أنّ الصيَغ الجزيئية لا تعطي أي معلومات حول هندسة الجزيء. وتظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء لكنها لا تظهر التشكيل ثلاثي الأبعاد بدقة. يظهر نموذج الكرة والعصا هندسة الجزيء بشكل واضح، لكنّ نموذج ملء الفراغ يعطي صورة أكثر واقعية لما قد يبدو عليه الجزيء عند رؤيته. أثناء النظر إلى النماذج، ضع في الاعتبار أن الذرات تظل متقاربة بسبب روابط مشاركة الإلكترونات.

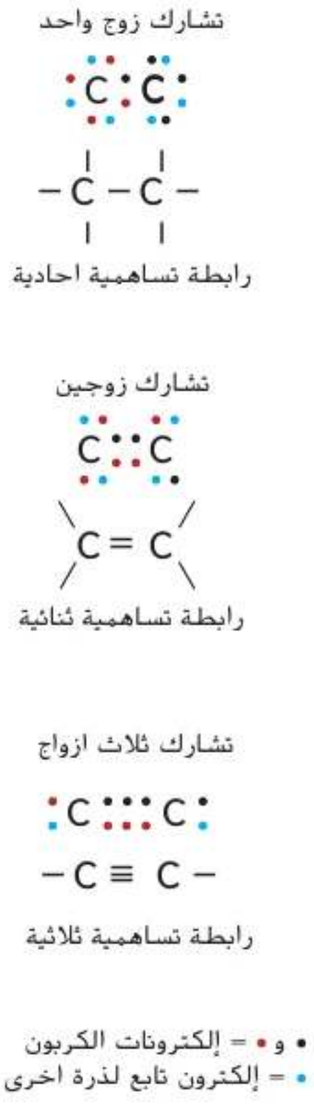
روابط الكربون-الكربون المتعددة يمكن لذرات الكربون أن يرتبط بعضها مع بعض، ليس فقط عن طريق روابط تساهمية أحادية ولكن أيضًا عن طريق الروابط التساهمية الثنائية والثلاثية، كما هو مبين في **الشكل 5**. تذكر أنه في الرابطة الثنائية، تقوم الذرات بمشاركة اثنين من أزواج الإلكترونات؛ في الرابطة الثلاثية، تقوم الذرات بمشاركة ثلاثة أزواج من الإلكترونات.

في القرن التاسع عشر، قبل أن يفهم علماء الكيمياء الروابط وتركيب المواد العضوية، قاموا بالتجربة على الهيدروكربونات التي تم الحصول عليها من تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية. وقاموا بتصنيف هذه الهيدروكربونات وفقًا لاختبار كيميائي قاموا فيه بخلط كل هيدروكربون مع البروم ثم قاموا بقياس كمية البروم التي تفاعلت مع الهيدروكربونات. قد تتفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية صغيرة من البروم، والبعض الآخر قد يتفاعل مع كمية أكبر، مع احتمال عدم تفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. قام علماء الكيمياء بتسمية الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم بالهيدروكربونات غير المشبعة بطريقة مماثلة لقدرة محلول مائي غير مشبع لإذابة مقدارٍ أكبر من المذاب. واعتبرت الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم بأنها هيدروكربونات مشبعة.

يمكن لعلماء الكيمياء في يومنا هذا أن يشرحوا النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها قبل 170 عامًا. فالهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم لها روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما المركبات التي لم تتفاعل مع البروم فإنّ لها روابط تساهمية أحادية فقط. إنّ الهيدروكربون الذي لديه روابط أحادية فقط، يعرف اليوم باسم **الهيدروكربون المشبع**. أمّا الهيدروكربون الذي يكون له على الأقل رابطة ثنائية أو رابطة ثلاثية بين ذرات الكربون، فهو يعرف باسم **الهيدروكربون غير المشبع** سوف تتعلم المزيد عن هذه الأنواع المختلفة من الهيدروكربونات في وقت لاحق في هذه الوحدة.

☑ **التأكد من فهم النص اشرح** أصل المصطلحين: الهيدروكربونات المشبعة و الهيدروكربونات غير المشبعة.

■ **الشكل 5** يمكن للكربون أن يرتبط مع ذرات كربون أخرى في روابط ثنائية وثلاثية. توضح كل من بنية لويس والصيغ البنائية هذه طريقتين للدلالة على الروابط الثنائية والثلاثية.



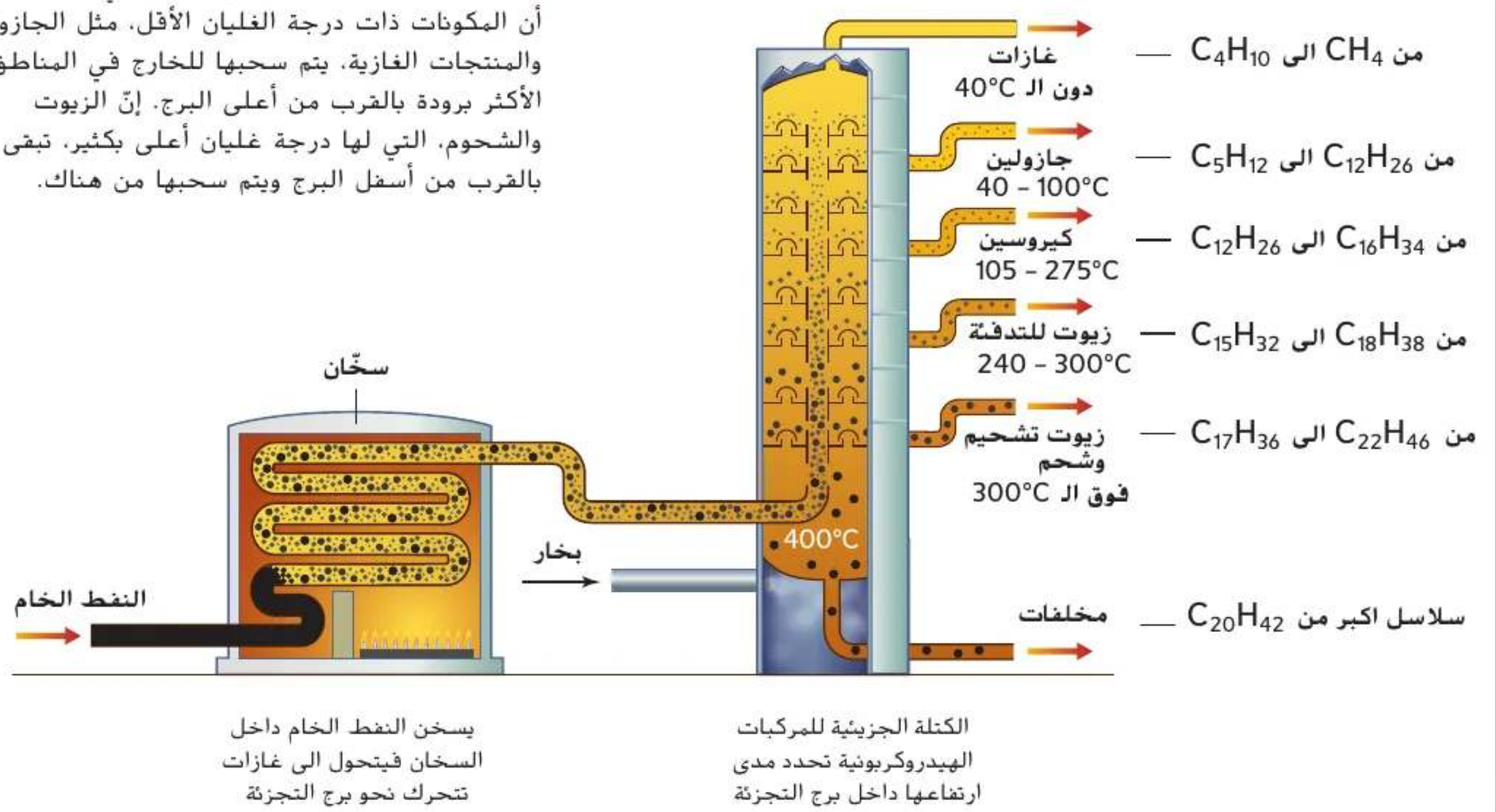
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

فصل الهيدروكربونات

اليوم، يتم الحصول على العديد من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المسمى نفط. تكوّن النفط من بقايا الكائنات الحية الدقيقة التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. بمرور الزمن، كوّنت هذه البقايا طبقات سميكة من الرواسب تشبه الطين في قاع المحيط. تحوّل هذا الطين بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغوط الهائلة للرواسب المغمورة، إلى صخور طينية غنية بالنفط والغاز الطبيعي. في أنواع معينة من التكوينات الجيولوجية، يتسرب النفط من الصخر الزيتي ويتجمّع في برك عميقة في القشرة الأرضية. إنّ الغاز الطبيعي، الذي تشكّل في نفس الوقت وبنفس الطريقة التي تكوّن بها النفط، يكون متوافرًا عادةً في مواضع تجمّع النفط. يتكوّن الغاز الطبيعي أساسًا من غاز الميثان، لكنه يحتوي أيضا على كميات صغيرة من الهيدروكربونات الأخرى التي لديها ذرّتين إلى أربع ذرات كربون.

التقطير التجزيئي إنّ النفط خليط معقد يحتوي على أكثر من ألف من المركبات المختلفة، ولهذا السبب، فإنّ النفط الخام، الذي يسمى أحيانا الزيت الخام، ليس له استخدام عملي يذكر. فالنفط يكون أكثر فائدة للإنسان عندما يتم فصله إلى مكونات أو أجزاء أبسط. يتمّ الفصل من خلال عملية تسمى **التقطير التجزيئي**، وتسمى أيضا التجزئة. وهي تتضمن عملية غلي النفط وجمع المكونات أو الأجزاء أثناء تكثفها عند درجات حرارة مختلفة. يتم التقطير التجزيئي في برج تجزئة مماثل للبرج المبيّن في **الشكل 6**.

يتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة بحيث تبقى قريبة من 400 درجة سيليزية في الجزء السفلي، حيث يغلي النفط. وتقل الحرارة تدريجيًا كلما اتجهنا نحو الأعلى. تنخفض درجات حرارة التكثيف (درجة الغليان) بشكل عام بانخفاض الكتلة الجزيئية. كلما تصاعد بخار الهيدروكربونات الى اعلى برج التجزئة تتكثّف ويتمّ سحبها إلى الخارج، كما هو مبين في **الشكل 6**.



■ **الشكل 6** يظهر هذا الرسم التوضيحي لبرج التجزئة أن المكونات ذات درجة الغليان الأقل، مثل الجازولين والمنتجات الغازية، يتم سحبها للخارج في المناطق الأكثر برودة بالقرب من أعلى البرج. إنّ الزيوت والشحوم، التي لها درجة غليان أعلى بكثير، تبقى بالقرب من أسفل البرج ويتم سحبها من هناك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 7** تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات قابلة للاستخدام. إنّ الآلاف من المنتجات التي نستخدمها في منازلنا، وفي النقل، وفي الصناعة هي من نواتج تكرير النفط.

استدلّ ما هي أنواع الانبعاثات التي يجب أن تتحكم فيها المصافي لحماية البيئة؟

الشكل 6 يعطي أيضًا أسماء المشتقات الأخرى التي يتم فصلها من النفط، بالإضافة إلى درجات غليانها، ونطاق حجم المادة الهيدروكربونية، استخداماتها الشائعة. قد تتعرف على بعض المشتقات لأنك تستخدمها كل يوم. لسوء الحظ، فإنّ أبراج التقطير التجزيئي، المبيّنة في **الشكل 7**، لا تنتج اجزاء الكسور المختلفة بنفس النسب المطلوبة. فعلى سبيل المثال، نادرًا ما ينتج التقطير كمية الجازولين المطلوبة. مع ذلك، فإنه ينتج كمياتٍ من الزيوت الثقيلة أكثر من متطلبات السوق.

قبل عدة سنوات، طوّر علماء كيمياء النفط والمهندسون عملية للمواءمة بين العرض والطلب. إنّ العملية التي يتم فيها تحويل المشتقات الأثقل إلى جازولين عن طريق كسر الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر تسمّى **التكسير**. يتم التكسير في غياب الأكسجين وفي وجود الحفاز. بالإضافة إلى تكسير الجزيئات الهيدروكربونية الثقيلة إلى جزيئات في نطاق الحجم المطلوب للجازولين، فإنّ التكسير ينتج أيضًا مواد لصنع العديد من المنتجات المختلفة، بما في ذلك المنتجات البلاستيكية والأشرطة، والألياف الصناعية.

التأكد من فهم النص **صِف** العملية التي يتم فيها تكسير الهيدروكربونات ذات السلسلة الكبيرة إلى هيدروكربونات ذات سلسلة اصغر ومطلوبة بشكل اوسع.

تصنيف الجازولين لا يكون أي من المشتقات النفط مادة نقية. كما يظهر في **الشكل 6**، فالجازولين ليس مادة نقية، بل خليط من الهيدروكربونات. إنّ جزيئات الجازولين، تحتوي على روابط تساهمية احادية وعدد ذرات الكربون في جزيئاتها تتراوح من 5–12 ذرة. مع ذلك، فإن الجازولين الذي يتم ضخه في السيارات اليوم يختلف عن الجازولين المستخدم في السيارات في أوائل القرن التاسع عشر. لقد تم تعديل الجازولين الذي يقطر من النفط عن طريق تعديل تركيبته وإضافة مواد لتحسين أدائه في محركات السيارات الحديثة وللحد من التلوث الناتج من عوادم السيارات.

إنّ من الأهمية بمكان، أن يشتعل خليط الجازولين والهواء في اسطوانة محرك السيارة تمامًا في اللحظة المناسبة ويحترق بالتساوي. إذا ما تمّ الاشتعال في وقت مبكر جدًا أو متأخر جدًا، فسوف يتبدّد الكثير من الطاقة، وستنخفض فعاليّة الوقود، وسوف يتلف المحرك قبل أوانه. إنّ معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة تحترق بشكل غير متساو، وتميل إلى الإشتعال بفعل الحرارة والضغط، قبل أن يصل المكبس إلى الموضع الصحيح وقبل احتراق شمعة الاحتراق. يؤدي هذا الاحتراق المبكر إلى أزيز تردد أو ضوضاء تسمى الخبط.

مِهَنٌ في الكيمياء

فني النفط يستخدم فني العلوم هذا أدوات لقياس وتسجيل المعلومات الفيزيائية والجيولوجية حول آبار النفط أو الغاز. فعلى سبيل المثال، يمكن لفني النفط أن يختبر عينة جيولوجية لتحديد محتويات النفط ومعادنه او عناصر مكوناته.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 8** يتم استخدام رقم الأوكتان لإعطاء تقييم لمقاومة خبط الوقود. إنّ رقم الأوكتان في الجازولين متوسط الدرجة المستخدم للسيارات هو 89 تقريبًا. أمّا رقم الأوكتان لوقود الطائرات فهو 100 تقريبًا، ورقم الأوكتان لوقود سيارات السباق هو 110 تقريبًا.

في أواخر عام 1920، تم إعداد نظام للجازولين لتحديد مقاومة الخبط، أو رقم أوكتان، مما أدى إلى انتشار رقم الأوكتان على مضخات الجازولين مثل تلك التي تظهر في **الشكل 8**. إن الجازولين متوسط الدرجة المستخدم اليوم له تصنيف بحوالي 89، في حين أن أرقام الجازولين الممتاز تصل إلى 91 أو أعلى. هناك عدة عوامل تحدد رقم الأوكتان الذي تحتاجه السيارة، بما في ذلك مستوى ضغط المكبس على خليط الهواء والجازولين ومستوى ارتفاع مكان قيادة السيارة.

الربط بعلم الأرض منذ العصور القديمة، وجد الناس النفط يتسرب من الشقوق في الصخور. تظهر السجلات التاريخية أن النفط قد استخدم على مدى أكثر من خمسة آلاف سنة. خلال القرن التاسع عشر، منذ دخلت الولايات المتحدة عصر الآلة وازداد عدد سكانها، ازداد أيضًا الطلب على المنتجات النفطية، الكيروسين بشكلٍ خاص، للإضاءة ومواد تشحيم الآلات. في محاولة منه للعثور على إمدادات مضمونة للنفط، حفر إدوين دريك أول بئر للنفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا، في العام 1859. ازدهرت صناعة النفط لبعض الوقت، لكن عندما اخترع توماس إديسون الكهرباء في العام 1882، خشي المستثمرون أن تكون صناعة النفط الى الزوال. إلا أن اختراع السيارات في العام 1890 أنعش هذه الصناعة على نطاق واسع.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون، وهو قادر على تشكيل سلاسل مستقيمة وسلاسل متفرعة.
- إنّ الهيدروكربونات مواد عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين.
- إنّ المصادر الرئيسة للهيدروكربونات هي النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1. الفكرة **الرئيسة حدِّد** ثلاثة استخدامات للهيدروكربونات كمصدر للطاقة والمواد الخام.
2. **اذكر اسم** مركب عضوي واشرح ما الذي يدرسه عالم الكيمياء.
3. **حدِّد** ما الذي يبرزه كل من نماذج الجزيئات الأربعة حول الجزيء.
4. **قارن وقابل** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صِف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استدلّ** توصف بعض منتجات الزيت بـ "الزيوت النباتية المهدرجة"، هي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين في وجود حفاز. أنشِء فرضية لتفسير السبب في تفاعل الهيدروجين مع الزيوت.
7. **فسِّر البيانات** ارجع إلى **الشكل 6**. أيَ من خصائص الجزيئات الهيدروكربونية ترتبط بلزوجة جزيء معين عندما يتم تبريده لتوازي درجة حرارته درجة حرارة الغرفة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 2

الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُسمى الألكانات من خلال صيغها البنائية؟
- كيف تُرسم الصيغ البنائية للألكانات إذا أعطيت أسماءها؟
- ما خصائص الألكانات؟

مفردات للمراجعة

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC: هو مجموعة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير في مجالات مثل التسمية والمصطلحات والأساليب المعياريّة الكيميائية

مفردات جديدة

الألكان alkane
سلسلة متجانسة homologous series
السلسلة الأم parent chain
المجموعة البديلة substituent group
الهيدروكربون الحلقي cyclic hydrocarbon
الألكان الحلقي cycloalkane

الكيمياء في حياتك

هل سبق لك ان استخدمت لهب بنزن أو موقد غاز في الخارج؟ إذا كنت قد استخدمتها، فهذا يعني أنك قد استخدمت الألكان. الغاز الطبيعي والبروبان هما النوعان الأكثر شيوعًا من الغازات في هذه التطبيقات، وكلاهما من الألكانات.

الألكانات ذات السلسلة المستقيمة

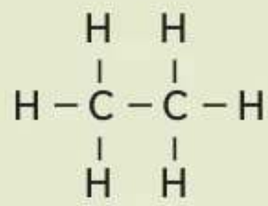
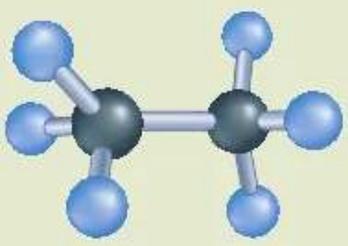
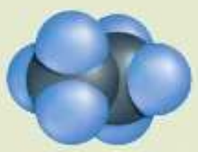
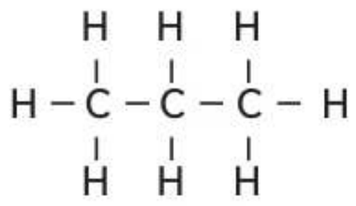
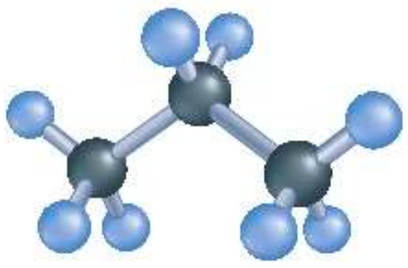
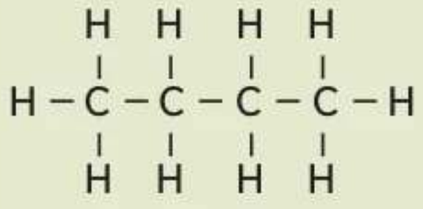
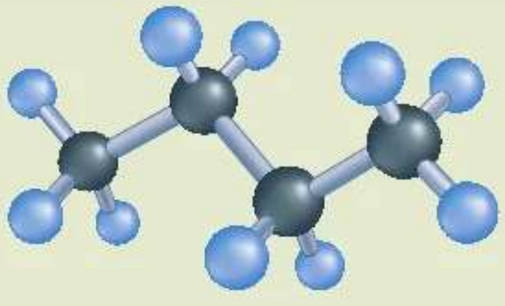
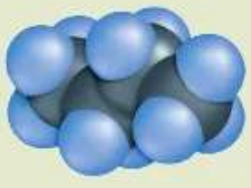
الميثان هو أصغر مركّب في سلسلة هيدروكربونات معروفة باسم الألكانات. وهو يُستخدَم كوقود في المنازل ومختبرات العلوم ويتكون نتيجة لحدوث العديد من العمليات الحيوية. **الألكانات** هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط بين الذرات. ابحث في القسم 1 لاستعراض النماذج المختلفة لغاز الميثان. يُبيّن **الجدول 1** نماذج الإيثان (C_2H_6)، وهو المركب الثاني في سلسلة الألكانات. يتكون الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معًا برابطة أحادية وست ذرات هيدروجين تتشارك إلكترونات التكافؤ المتبقية في ذرّتي الكربون.

اما المركب الثالث من سلسلة الألكانات، وهو غاز البروبان، ثلاث ذرات كربون وثمان ذرات هيدروجين، لتكون صيغته الجزيئية هي C_3H_8. أمّا المركب التالي في السلسلة فهو البيوتان،ولديه أربع ذرات كربون وصيغته الكيميائية هي C_4H_{10}.

قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان والبروبان والبيوتان المُبيّنة في **الجدول 1**.

يُباع البروبان، المعروف أيضا بالرمز LP (وهو يعني البروبان المسال) كوقود للطهي والتدفئة. ويُستخدَم البيوتان كوقود للقداحات الصغيرة وفي بعض المشاعل. كما أنه يُستخدَم في صناعة المطاط الصناعي.

الجدول 1 الألكانات البسيطة

الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	نموذج الكرة والعصا	نموذج ملء الفراغ
الإيثان (C_2H_6)			
البروبان (C_3H_8)			
البيوتان (C_4H_{10})			

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 2 الألكانات العشر الأولى من سلسلة الألكانات

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	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$



تسمية الألكانات ذات السلسلة المستقيمة من المرجح أنك لاحظت حتّى الآن، أن أسماء الألكانات تنتهي باللاحقة ان. كما أن الألكانات التي تحتوي على خمس ذرات كربون أو أكثر في السلسلة تُسمى بأسماء تستخدم بادئة مشتقة من الكلمة اليونانية أو اللاتينية التي تشير إلى عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. على سبيل المثال، يحتوي البنتان على خمس ذرات كربون مثلما يحتوي الشكل الخماسي على خمسة أضلاع. ويحتوي الأوكتان على ثمان ذرات كربون مثلما يتميز الأخطبوط في الإنكليزية Octopus بثمانية مجسات. ونظرًا لأنه تمت تسمية غازات الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان قبل اكتشاف بنية الألكانات، فإن أسماءهم لا تحتوي على بادئات عددية. يوضح **الجدول 2** أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها البنائية. لاحظ أن البادئة التي تحتها خط تمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

في **الجدول 2** يمكنك أن تلاحظ أن الصيغ البنائية مكتوبة بطريقة مختلفة عن الصيغ الموجودة في **الجدول 1**. فهذه الصيغ، التي تُسمى الصيغ البنائية المختصرة، توفر المساحة من خلال عدم إظهار كيفية تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المختصرة بعدة طرق. في **الجدول 2**، تم حذف الخطوط الفاصلة بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

في **الجدول 2** يمكنك أن ترى أن $-CH_2-$ تمثل وحدة متكررة في سلسلة ذرات الكربون. لاحظ، على سبيل المثال، أن البنتان يحتوي على $-CH_2-$ واحدة زيادة عن غاز البيوتان. يمكنك كذلك اختصار الصيغ البنائية أكثر عن طريق كتابة الوحدة $-CH_2-$ بين قوسين تليها لاحقة سفلية توضح عدد الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان والنونان والديكان.

ويطلق على سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض بوحدة مكررة اسم **سلسلة متجانسة**. تحتوي السلسلة المتجانسة على علاقة عددية ثابتة بين عدد الذرات. بالنسبة للألكانات، يمكن التعبير عن العلاقة بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين بالصيغة C_nH_{2n+2} حيث يساوي n عدد ذرات الكربون في الألكان. ومع معرفة عدد ذرات الكربون في الألكان، يمكنك كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان. على سبيل المثال، الهبتان يحتوي على سبع ذرات كربون، لذلك فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$، أو C_7H_{16}.

التأكد من فهم النص **اكتب** الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في بنيته الجزيئية.

المفردات

أصل الكلمة

متجانس

في الإنكليزية homologous وهو مشتقّ من الكلمة اليونانية *homologos* وهي تعني الاتفاق

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

سلسلة الألكانات المتفرعة

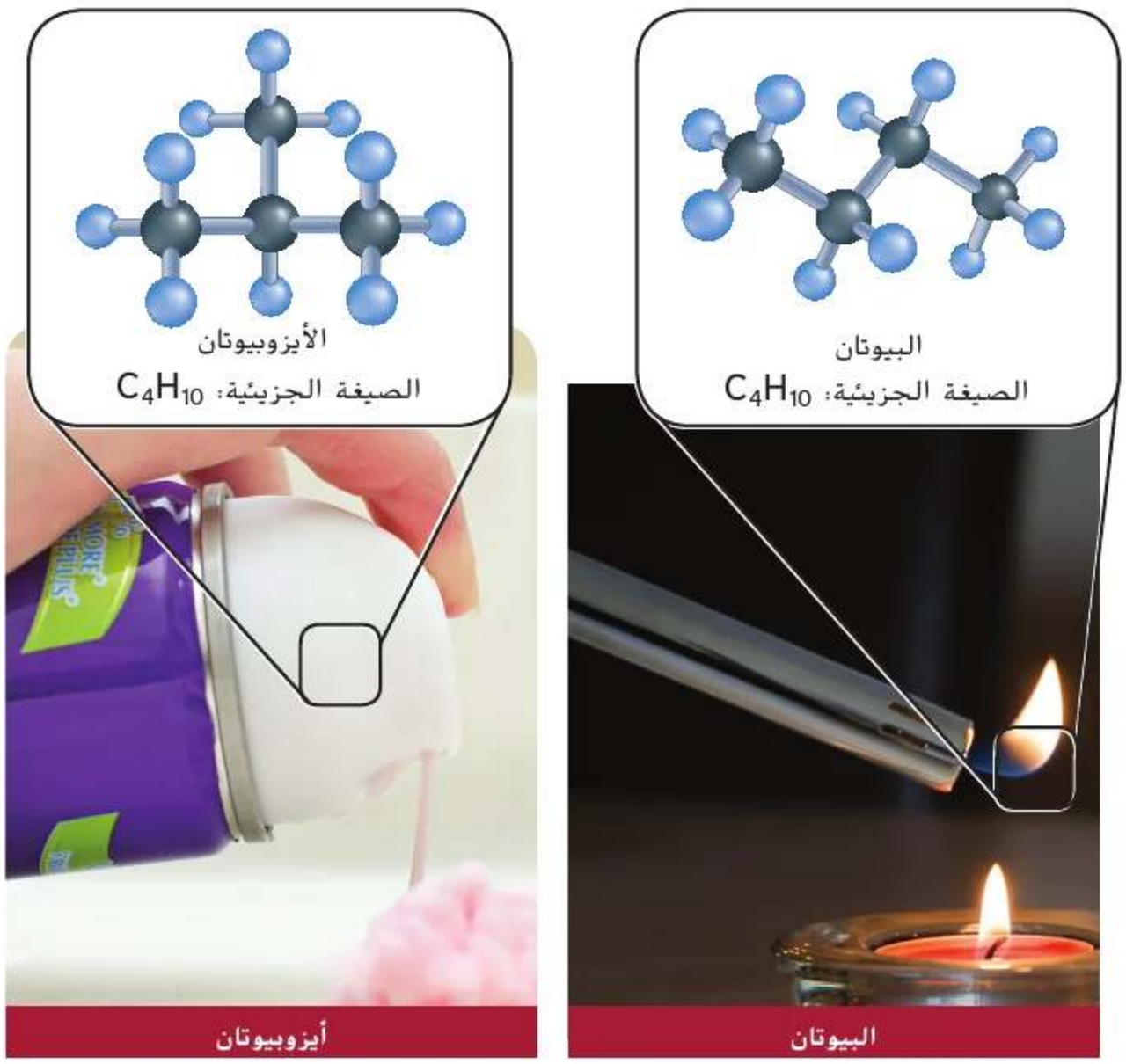
يُطلق على الألكانات التي تمت مناقشتها حتى الآن في هذه الوحدة اسم الألكانات ذات السلاسل المستقيمة بسبب ارتباط ذرات الكربون بعضها مع بعض في خط واحد. انظر الآن إلى الصيغتين البنائيتين الموضحتين في **الشكل 9**. إذا قمت بإحصاء عدد ذرات الكربون والهيدروجين، فسوف تكتشف أن كلتا البنيتين لهما الصيغة الجزيئيّة نفسها، وهي C_4H_{10}. هل البنيتان الموضحتان في **الشكل 9** تمثلان نفس المادة؟

إذا كنت تعتقد أن الصيغتين البنائيتين تمثلان مادتين مختلفتين، فأنت على صواب. تمثل البنية الموضحة على اليمين غاز البيوتان، وتمثل البنية الموضحة على اليسار ألكانًا ذا سلسلة متفرعة اسمه أيزوبيوتان – وهو مادة تختلف عن البيوتان من حيث الخصائص الكيميائية والفيزيائية. قد تكون ذرات الكربون مرتبطة بذرة كربون واحدة أو ذرتين أو ثلاث ذرات أو حتى أربع ذرات كربون أخرى. تُنتج هذه الخاصية مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

تذكر أنه يتم استخدام غاز البيوتان في القداحات والمشاعل. بينما يُستخدم الأيزوبيوتان في كل من المبردات الآمنة بيئيًا وكمادة دافعة في منتجات مثل جل الحلاقة، كما هو مبين في **الشكل 9**. وبالإضافة إلى هذه الاستخدامات، يُستخدم كل من البيوتان والأيزوبيوتان كمواد خام في الكثير من العمليات الكيميائية.

التأكد من فهم النص **صِفْ** الفرق في الصيغ البنائية بين البيوتان والأيزوبيوتان.

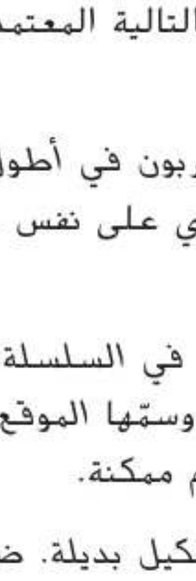
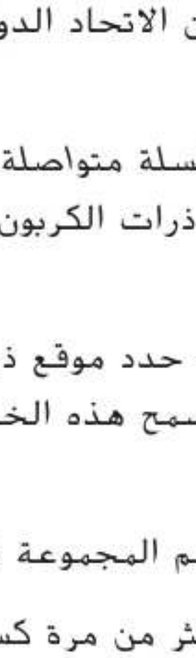
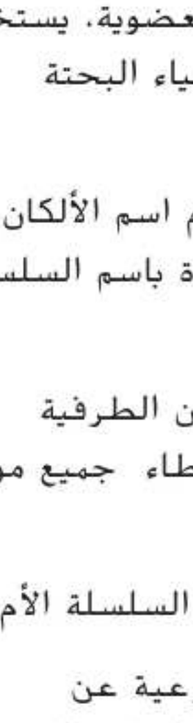
مجموعات الألكيل قد لاحظت أن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة والألكانات ذات السلاسل المتفرّعة قد يكون لها الصيغة الجزيئيّة نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأ أساسيًا من مبادئ الكيمياء العضوية وهو: يحدد تنظيم الذرات وترتيبها في جزيء عضوي هوية هذا الجزيء. لذلك، يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.



■ **الشكل 9** البيوتان هو وقود مستخدم في القداحات. يستخدم الأيزوبيوتان كمادة دافعة في منتجات مثل جل الحلاقة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 3 مجموعات الألكيل الشائعة

الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	الأيزوبروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المختصرة	CH_3-	CH_3CH_2-	$CH_3CH_2CH_2-$	$CH_3\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}HCH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$
الصيغة البنائية					

عند تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة، يُطلق على أطول سلسلة متواصلة من ذرات الكربون اسم **السلسلة الأم.** ويُطلق على جميع السلاسل الفرعية الجانبية اسم **المجموعات البديلة** لأنها تبدو وكأنها تحل محل ذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة. ويُطلق على كل مجموعة بديلة متفرعة من السلسلة الأم اسم الألكان ذو السلسلة المستقيمة التي لها عدد ذرات الكربون نفسه التي تحتوي عليها المجموعة البديلة. ويتم استبدال اللاحقة ان باللاحقة يل. ويُطلق على المجموعات البديلة اسم مجموعة الألكيل. يحتوي **الجدول 3** على عدة مجموعات ألكيل.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة لتسمية المركبات العضوية، يستخدم الكيميائيون القواعد المنهجية التالية المعتمدة من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.

خطوة 1. رقّم عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متواصلة. استخدم اسم الألكان ذي السلسلة المستقيمة الذي يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون الموجودة باسم السلسلة الأم للصيغة البنائية.

خطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الأم. حدد موقع ذرة الكربون الطرفية الأقرب إلى المجموعة البديلة، وسمّها الموقع *1*. تسمح هذه الخطوة بإعطاء جميع مواقع المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.

خطوة 3. سمّ كلّ مجموعة ألكيل بديلة. ضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الأم.

خطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة كسلسلة فرعية عن السلسلة الأم، استخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا) قبل اسمها للإشارة إلى عدد مرات ظهورها. ثم، استخدم رقم ذرّة الكربون التي ترتبط بها كلّ مجموعة لتحديد موقعها.

خطوة 5. عندما ترتبط مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الأمّ نفسها، ضع أسمائها في الترتيب الأبجديّ. لا تأخذ بعين الاعتبار البادئات (ثلاثي ،رباعي وهكذا) عند تحديد الترتيب الأبجدي باللغة الانجليزية.

خطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، وذلك باستخدام الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل لفصل الأرقام. لا تقم بإضافة مسافة بين اسم المجموعة البديلة واسم السلسلة الأم.

المفردات

مفردات علمية

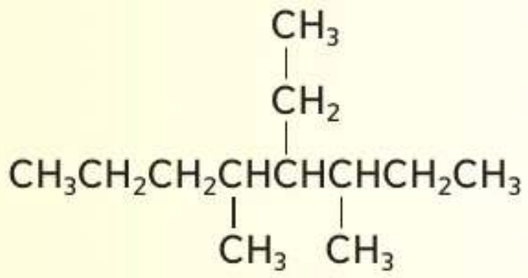
بديل
شخص أو شيء يحل محل شخص أو شيء آخر
معلم بديل شرح حصة الكيمياء بالأمس.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة

قم بتسمية الألكان المُبيّن



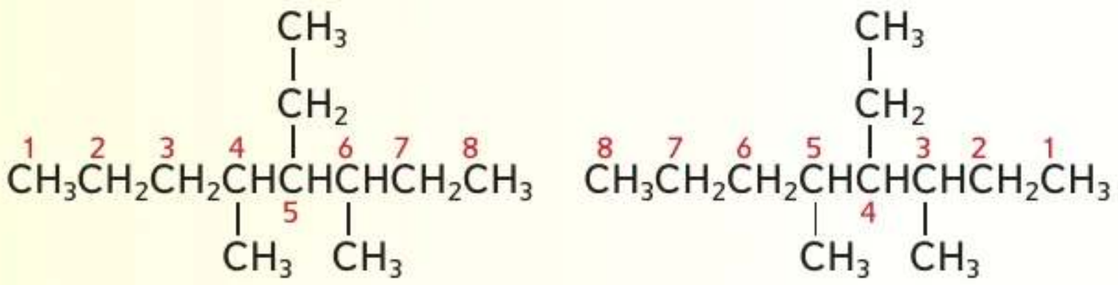
1 تحليل المسألة

لديك الصيغة البنائية. لتحديد اسم السلسلة الأم وأسماء السلاسل الفرعية ومواقعها، اتبع قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.

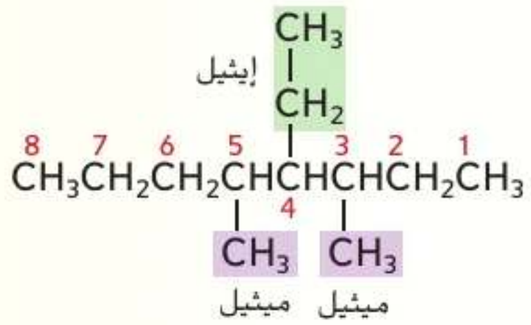
2 حساب المجهول

خطوة 1. احصِ عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متواصلة. بما أنّه يمكن كتابة الصيغ البنائيّة بتوجيه السلاسل بطرق مختلفة، عليك أن تتوخى الحذر عند البحث عن أطول سلسلة كربون متواصلة. وفي هذه الحالة، من السهل إيجاد هذه السلسلة. تحتوي أطول سلسلة على ثماني ذرات كربون، وبالتالي فإن اسم السلسلة الأم هو أوكتان.

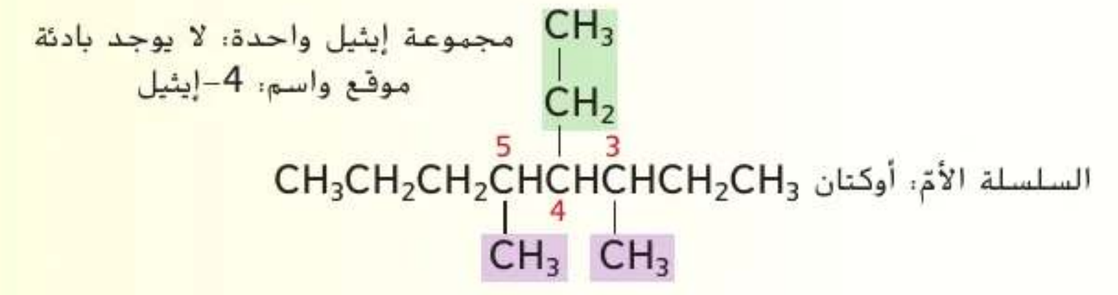
خطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الأم. رقّم السلسلة في الاتجاهين.
كما هو مُبيّن أدناه. إنّ الترقيم من اليسار يضع مجموعات الألكيل في المواقع 4 و5 و6. إنّ الترقيم من اليمين يضع مجموعات الألكيل في المواقع 3 و4 و5. وبما أنّ 3 و4 و5 تمثل مواقع الأرقام الأدنى، سيتم استخدامها في الاسم.



خطوة 3. سمّ كلّ مجموعة ألكيل بديلة. حدد مجموعات الألكيل المتفرعة من السلسلة الأم وقم بتسميتها.
هناك مجموعات ميثيل أحادية الكربون في الموقعين 3 و5 ومجموعة إيثيل ثنائية الكربون في الموقع 4.



خطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة كسلسلة متفرعة عن السلسلة الأم، استخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا) قبل اسمها للإشارة إلى عدد مرات ظهورها. ابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وقم بإحصاء عددها. حدد البادئة التي يجب استخدامها لإظهار عدد مرات ظهور كل مجموعة. في هذا المثال، ستُضاف البادئة ثنائي إلى الاسم الميثيل بسبب وجود مجموعتي ميثيل. ليس هناك حاجة إلى إضافة بادئة على مجموعة الإيثيل الوحيدة. ثم اعرض موقع كل مجموعة باستخدام العدد المناسب.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

خطوة 5. عندما يكون هناك مجموعات ألكيل مختلفة مرتبطة بالسلسلة الأمّ نفسها، ضع أسماءها بحسب الترتيب الأبجدي. ضع أسماء سلاسل الأكيل الفرعية بالترتيب الأبجدي مع تجاهل البادئات. بحسب الترتيب الأبجدي، يتم وضع اسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل.

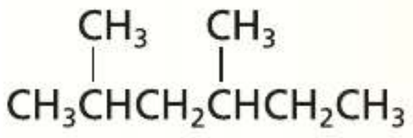
خطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، وذلك باستخدام الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل لفصل الأرقام. اكتب اسم الصيغة البنائية، وذلك باستخدام الشرطات والفواصل بحسب الحاجة. يجب كتابة الاسم على الشكل التالي4-إيثيل-5،3-ثنائي ميثيل أوكتان.

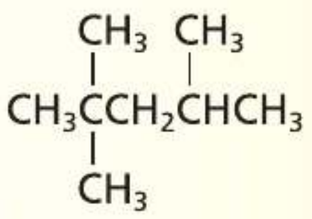
3 تقييم الإجابة

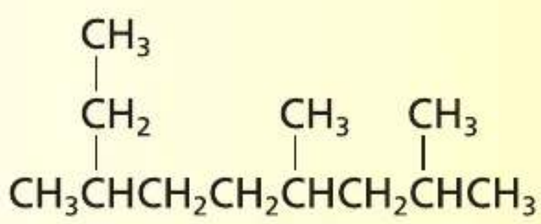
لقد تمّ تحديد أطول سلسلة كربون متواصلة وترقيمها بالشكل الصحيح.
تم تعيين البادئات وأسماء مجموعات الألكيل الصحيحة لجميع السلاسل الفرعية. إنّ الترتيب الأبجدي وعلامات الترقيم صحيحان.

تطبيقات

8. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية.

a. 

b. 

c. 

9. تحدي ارسم الصيغ البنائية للألكانات التالية.

a. 3،2-ثنائي ميثيل5--بروبيل ديكان

b. 5،4،3-ثلاثي إيثيل أوكتان

الألكانات الحلقية

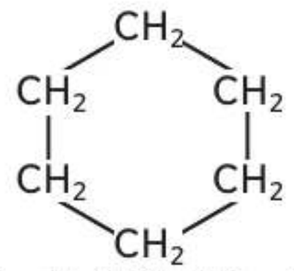
أحد أسباب وجود مجموعة متنوعة من المركبات العضوية كهذه أن ذرات الكربون قد تشكل صيغ بنائية حلقية. يُسمّى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **الهيدروكربون الحلقي**. وللإشارة إلى أن الهيدروكربون له صيغ بنائية حلقية، تُستخدَم المفردة حلقي بعد اسم الهيدروكربون. وتسمى الهيدروكربونات الحلقية التي تحتوي على روابط أحادية فقط **الألكانات الحلقية**.

قد تحتوي الألكانات الحلقية على ثلاث أو أربع أو خمس أو ست ذرات كربون أو أكثر. يُطلق على الألكان الحلقي سداسي الكربون اسم الهكسان الحلقي. ويُستخدَم الهكسان الحلقي، الذي يتم استخراجه من البترول، في مذيبات الطلاء ومواد التلميع ولاستخراج الزيوت الأساسية المستخدمة في صناعة العطور. لاحظ أن الهكسان الحلقي (C_6H_{12}) يحتوي على ذرات هيدروجين أقل من الهكسان ذي السلسلة المستقيمة (C_6H_{14}) بمقدار ذرتين بسبب تشكيل إلكترون تكافؤ من كل ذرتي كربون لروابط بين ذرات الكربون بدلًا من الروابط بين الكربون والهيدروجين.

التأكد من فهم النص **قيّم** إذا كانت المفردة حلقي موجودة بعد اسم ألكان ما، فما الذي تعرفه عن هذا الألكان؟

كما هو موضح في **الشكل 10**، تُمثَّل الهيدروكربونات الحلقية مثل الهكسان الحلقي بواسطة صيغ بنائية مختصرة وهيكلية وخطية. لا تُظهر الصيغ البنائية الخطية سوى الروابط بين ذرات الكربون التي يُفترض أن تكون في كل زاوية في الصيغة البنائية. ويُفترض أن تشغل ذرات الهيدروجين المواضع المتبقية في الرابطة ما لم توجد بدائل. كذلك، لا يظهر الهيدروجين في الصيغ الهيكلية.

الشكل 10 يُمكن تمثيل الهكسان الحلقي في عدة طرائق.



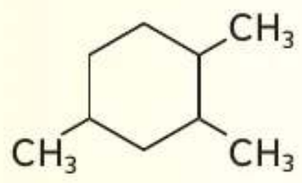
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تسمية الألكانات الحلقية البديلة على غرار الألكانات الأخرى، قد تحتوي الألكانات الحلقية على مجموعات بديلة. تتم تسمية الألكان الحلقي البديل باتباع نفس قواعد IUPAC المُستخدمة للألكانات ذات السلسلة المستقيمة، ولكن مع بعض التعديلات. في حالة الألكانات الحلقية، ليست هناك حاجة للبحث عن أطول سلسلة لأن السلسلة الحلقية تعتبر السلسلة الأم دائمًا. ونظرًا لأن الصيغ الحلقية لا طرف لها، فإن الترقيم يبدأ بذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. عندما يكون هناك بديلان أو أكثر، يتم ترقيم ذرات الكربون حول السلسلة الحلقية بطريقة تعطي أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام للبدائل. إذا ارتبطت مجموعة واحدة فقط بالسلسلة الحلقية، فإن الرقم ليس ضروريًا. يوضح المثال التالي عملية تسمية ألكان حلقي.

مثال 2

تسمية الألكانات الحلقية

قم بتسمية الألكان الحلقي المجاور.



1 تحليل المسألة

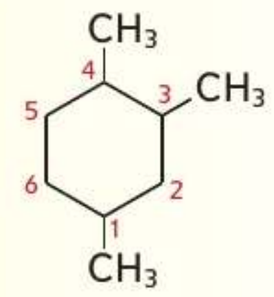
لديك الصيغة البنائية. لتحديد الصيغة الحلقية الأم ومواقع المجموعات البديلة، اتبع قواعد IUPAC.

2 حساب المجهول

خطوة 1. قم بإحصاء عدد ذرات الكربون المرتبطة بالسلسلة الحلقية، واستخدم اسم الهيدروكربون ذي السلسلة الأم الحلقية. في هذه الحالة، تحتوي السلسلة الحلقية على ست ذرات كربون، وبالتالي فإن اسم السلسلة الأم هو الهكسان الحلقي.

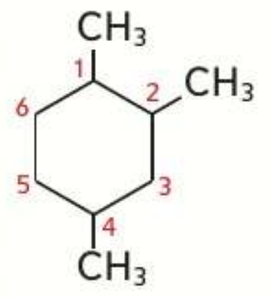
خطوة 2. قم بترقيم السلسلة الحلقية، بدءًا من إحدى السلاسل الفرعية لـCH_3—. ابحث عن الترقيم الذي يُعيّن أدنى مجموعة ممكنة من الأرقام للسلاسل الفرعية. ثمّة طريقتان لترقيم السلسلة الحلقية.

A



4,3,1

B



4,2,1

يضع الترقيم من ذرة كربون في الجزء السفلي من السلسلة الحلقية مجموعات CH_3— في المواقع 1 و3 و4 في الصيغة A. بينما يضع الترقيم من ذرة الكربون بأعلى السلسلة الحلقية المجموعات في المواقع 1 و2 و4. تضع جميع أنظمة الترقيم الأخرى تضع مجموعات CH_3— في المواقع أرقام أعلى. وبالتالي فإن 1 و2 و4 تمثل أدنى أرقام المواقع وسيتم استخدامها في الاسم.

خطوة 3. قم بتسمية المجموعات البديلة. كل المجموعات البديلة الثلاثة هي مجموعات ميثيل تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون.

خطوة 4. قم بإضافة البادئة لإظهار عدد المجموعات الحالية. ثمّة ثلاث مجموعات ميثيل حالية، لذلك ستقومُ بإضافة البادئة ثلاثي إلى الاسم الميثيل ليصبح الاسم ثلاثي الميثيل.

خطوة 5. يمكن تجاهل الترتيب الأبجدي بسبب وجود نوع واحد فقط من المجموعة.

خطوة 6. قم بتجميع أجزاء الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي ذو السلسلة الأم. استخدام الفواصل بين الأرقام المفصولة والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم على الشكل التالي
4،2،1-ثلاثي ميثيل هكسان حلقي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

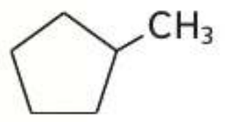
3 تقييم الإجابة

يتم ترقيم صيغة السلسلة الأم الحلقية لتعيين أدنى مجموعة ممكنة من الأرقام للمجموعات الفرعية. تشير البادئة ثلاثي إلى وجود ثلاث مجموعات ميثيل. وليس من الضروري استخدام الترتيب الأبجدي لأن جميع السلاسل الفرعية هي مجموعات ميثيل.

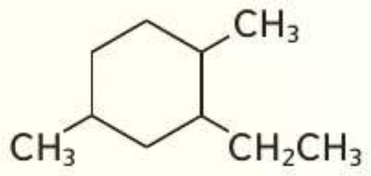
تطبيقات

10. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية.

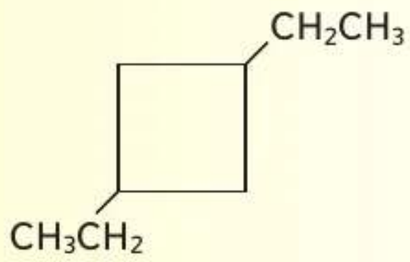
a.



b.



c.



11. تدريب تحفيزي ارسم الصيغ البنائية للألكانات الحلقية الآتية:

a.1-إيثيل-3-بروبيل بنتان حلقي

b.4،2،2،1-رباعي ميثيل هكسان حلقي

خصائص الألكانات

لقد تعلّمتَ أن الصيغة البنائية للجزيء تؤثر في خصائصه. على سبيل المثال، تتميز روابط الأكسجين–الهيدروجين في جزيء الماء بأنها روابط قطبية. ولأن جزيء H-O-H له شكل هندسي منحني، فإن الجزيء نفسه يكون قطبيًا. وهكذا، يمكن لجزيئات الماء أن تشكل روابط هيدروجينية بعضها مع بعض. ونتيجة لذلك، فإن درجات غليان الماء وانصهاره أعلى بكثير مقارنة بدرجات غليان وانصهاره مواد أخرى لها نفس الكتلة والحجم الجزيئي.

ما الخصائص التي تتوقعها للألكانات؟ إنّ جميع الروابط في الألكانات هي بين إما ذرة كربون وذرة هيدروجين أو بين ذرتي كربون. لا يُمكن أن تكون الرابطة بين ذرتين متطابقتين، مثل ذرتي الكربون، قطبية. وأيضًا، فإن روابط الكربون – الهيدروجين فيها اختلاف بسيط جدًا في السالبية الكهربائية وهي غير قطبية. وبما أنّ جميع الروابط في الألكانات هي روابط غير قطبية، فإن جزيئات الألكانات غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة للمواد غير القطبية الأخرى، كما هو مُبيّن في **الشكل 11**.



■ **الشكل 11** إنّ الكثير من المذيبات – المُستخدمة كمذيبات للطلاء والدهان والشمع وأحبار التصوير والمواد اللاصقة وأحبار الطباعة بالضغط– تحتوي على الألكانات غير الحلقية والألكانات الحلقية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 4 مقارنة الخصائص الفيزيائية

المادة والصيغة	الماء (H_2O)	الميثان (CH_4)
الكتلة الجُزيئية	18 amu	16 amu
الحالة عند درجة حرارة الغرفة	سائل	غاز
درجة الغليان	100°C	-162°C
درجة الانصهار	0°C	-182°C

الخصائص الفيزيائية للألكانات كيف تُقارن خصائص المركبات القطبية مع خصائص المركبات غير القطبية؟ ارجع إلى **الجدول 4**. ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu). كذلك، فإنّ جزيئات الماء والميثان متشابهة من حيث الحجم. ومع ذلك، عند مقارنة درجة الانصهار والغليان للميثان بدرجتي الانصهار والغليان للماء، يمكنك أن ترى الدليل على أن جزيئاتها تختلف اختلافًا كبيرًا. في درجات الانصهار والغليان لأن جزيئات الميثان تتميز بقدرة منخفضة جدًا لجذب الجزيئات مقارنة بجزيئات الماء. يمكن تفسير هذا الاختلاف في الجذب بالحقيقة التي تؤكد أن جزيئات الميثان غير قطبية ولا تشكل روابط هيدروجينية بعضها مع بعض، بينما جزيئات الماء فهي قطبيّة وتشكل روابط هيدروجينية.

كذلك، يفسر الاختلاف في القطبية وتشكل الروابط الهيدروجينية سبب عدم قابلية امتزاج الألكانات وغيرها من الهيدروكربونات مع الماء. فإذا حاولت إذابة الألكانات، مثل زيوت التشحيم، في الماء، فإن كلا السائلين ينفصلان على الفور إلى طبقتين تقريبًا. يحدث هذا الفصل لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. ولذلك، فإن الألكانات تكون أكثر قابلية للذوبان في المذيبات التي تتكوّن من جزيئات غير قطبية مثل الألكانات نفسها مقارنة بعدم قابليتها للذوبان في الماء، وهو مذيب قطبي.

الخصائص الكيميائية للألكانات الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي انخفاض في النشاطية الكيميائية. تذكّر أن العديد من التفاعلات الكيميائية تحدث عند جذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جزئية، مثل الجزيء القطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة مضادة. إنّ الجزيئات مثل الألكانات، التي ترتبط بها الذرات بواسطة روابط غير قطبيّة، ليس لديها شحنة. ونتيجة لذلك، لديها قوة جذب منخفضة للأيونات أو الجزيئات القطبية. كما يمكن عزو انخفاض قابلية التفاعل لدى الألكانات إلى روابط C– C و C – H القوية نسبيًا.

المطويات®
أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

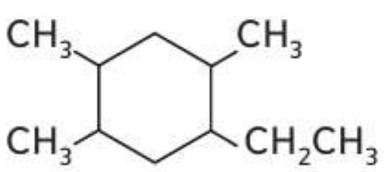
- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تُمثّل الألكانات والمركبات العضوية الأخرى أفضل تمثيل من خلال الصيغ البنائية ويمكن تسميتها باستخدام القواعد المنهجية التي يحددها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.
- يُطلق على الألكانات التي تحتوي على حلقات الهيدروكربون اسم الألكانات الحلقية.

12. الفكرة الرئيسة **صِفْ** الخصائص البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. قم بتسمية الصيغ التالية باستخدام قواعد IUPAC.

a. $CH_3CHCH_2CH_2CH_3$ (CH3 على الكربون الثاني)

b. CH_3CCH_3 (CH3 على الكربون الثاني، CH3 و CH3 على الكربون الثاني)

c. 

14. صِفْ الخصائص العامة للألكانات.

15. ارسم الصيغ البنائية لكل مما يلي.

a. 4،3-ثنائيّ الإيثيل هبتان

b. 4-الأيزوبروبيل -3-ميثيل ديكان

c. 1-إيثيل -4-ميثيل هكسان حلقي

d. 2،1-ثنائي الميثيل بروبان حلقيّ

16. تفسير الصيغ البنائية لماذا يُعد الاسم 3 – بيوتيل بنتان غير صحيح؟ استنادًا إلى هذا الاسم، اكتب الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم الصحيح لـ 3-بيوتيل بنتان بحسب قواعد IUPAC؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 3

الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة إنّ الألكينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُقارن خواص الألكينات والألكاينات بخواص الألكانات؟
- كيف توصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات؟
- كيف تُسمى الألكينات والألكاينات بحسب صيغها البنائية؟
- كيف ترسم صيغ الألكينات والألكاينات البنائية بحسب اسمائها؟

مفردات للمراجعة

الهرمون hormone: إنّه مادة كيميائية يفرزها جزء واحد من كائن حي وتنتقل إلى جزء آخر حيث تحدث تغييرًا فسيولوجيًا

مفردات جديدة

الألكين alkene
ألكاين alkyne

الكيمياء في حياتك

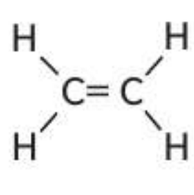
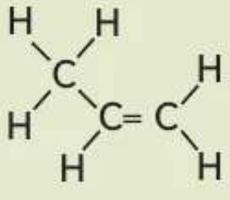
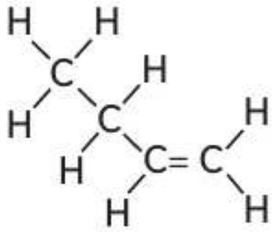
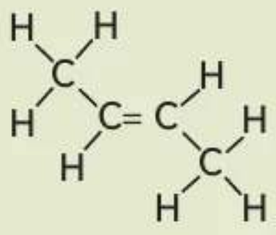
تُنتج النباتات الإيثين كهرمون نضج طبيعي. غالبا ما تُقطف الفواكه والخضروات قبل نضوجها وتتعرّض للإيثين بحيث تنضج كلها في الوقت نفسه، لتأمين كفاءة عالية بالحصاد ونقل المنتجات الى السوق.

الألكينات

تذكر أن الألكانات هي هيدروكربونات مشبعة، لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط بين ذرات الكربون، وأنّ الهيدروكربونات غير المشبعة تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون. يُطلق على الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون في سلسلة اسم **الألكينات**. لا يوجد ألكين يحتوي على ذرة كربون واحدة فقط، لأنّ الألكينات يجب أن تحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون. يحتوي أبسط ألكين على ذرتي كربون يربط بينهما رابطة ثنائية. إنّ الإلكترونات الأربعة المتبقية، إلكترونين من كل ذرة كربون، يتم تقاسمها مع أربع ذرّات هيدروجين لإنتاج جزيء الإيثين (C_2H_4).

تشكل الألكينات التي تحتوي على رابطة ثنائية واحدة فقط سلسلة متجانسة. تذكر من القسم السابق أن السلسلة المتجانسة لديها علاقة عددية ثابتة بين عدد الذرات. إذا ما اطّلعت على الصيغ الجزيئية للمواد المبيّنة في **الجدول 5**، فستلاحظ أن كلًا منها يحتوي على ذرات هيدروجين تساوي مثليّ عدد ذرات الكربون. إنّ الصيغة العامة لهذه السلسلة هي C_nH_{2n}. يحتوي كل ألكين على عدد ذرات هيدروجين أقل من عدد الذرات الموجودة في الألكان المقابل له بمقدار ذرتين لأن اثنين من الإلكترونات يشكلان الآن الرابطة التساهمية الثانية ولم يعودا متوفرين لربط ذرات الهيدروجين. ما هي الصيغ الجزيئية للألكينات التي تحتوي على 6 ذرات كربون والألكينات التي تحتوي على 9 ذرات كربون؟

الجدول 5 أمثلة على الألكينات

الاسم	الإيثين	البروبين	1 ــ بيوتين	2 ــ بيوتين
الصيغة الجزيئية	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8
الصيغة البنائية				
الصيغة البنائية المختصرة	$CH_2= CH_2$	$CH_3CH= CH_2$	$CH_3CH_2CH= CH_2$	$CH_3CH= CHCH_3$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تسمية الألكينات تُسمى الألكينات بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات. تسمّى الألكينات باستبدال الحرفين الأخيرين "ان" من الألكان المقابل لها بالحرفين "ين". يُسمى الألكان الذي يحتوي على ذرتي كربون إيـــثان، ويُسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون إيـــثين . وبالمثل، يُسمى الألكين الذي يحتوي على ثلاثة ذرات كربون "البروبين". إنّ للإيثين والبروبين إسمين قديمين أكثر شيوعًا هما على التوالي الإثيلين والبروبيلين.

إذا ما أردنا تسمية الألكينات التي تحتوي على أربع ذرات كربون أو أكثر في السلسلة، فإنّ من الضروري تحديد موقع الرابطة الثنائية، كما هو مبيّن في **الشكل 12a**. يتم ذلك من خلال ترقيم ذرات الكربون في السلسلة الأم، بدءًا من نهاية السلسلة، بحيث يكون للكربون الأولى في الرابطة الثنائية العدد الأصغر. ثم، يستخدم هذا العدد في الاسم .

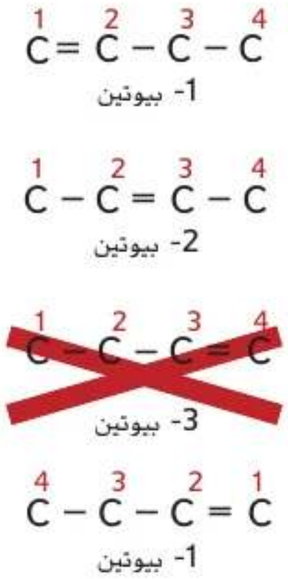
لاحظ أن الصيغة البنائية الثالثة ليست "3-بيوتين" لأنها مطابقة للصيغة البنائية الأولى، "1-بيوتين". من المهم أن ندرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين هما مادتان مختلفتان، وأنّ لكلٍ منهما خصائصها.

تتم تسمية الألكينات الحلقية بنفس الطريقة التي تُسمى بها الألكانات الحلقية تقريبًا. مع ذلك، يجب أن تكون ذرة الكربون رقم 1 إحدى ذرات الكربون المرتبطة برابطة ثنائية. في **الشكل 12b**، لاحظ الترقيم في المركّب. إنّ اسم هذا المركب هو 3.1-ثنائي ميثيل بنتين حلقي.

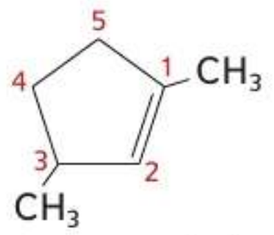
التأكد من فهم النص **استدلّ على** سبب ضرورة تحديد موقع الرابطة الثنائية في اسم أحد الألكينات.

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة عند تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة، اتبع قواعد IUPAC. لكن على أن يؤخذ بالحسبان أمران. أولاً: في الألكينات، تكون السلسلة الأطول التي تحتوي على الرابطة الثنائية، هي السلسلة الأم دائمًا، سواء أكانت السلسلة الأطول بالنسبة لذرات الكربون أم لم تكن. ثانيًا: إنّ موقع الرابطة الثنائية، وليس موقع الفروع، هو الذي يحدّد طريقة ترقيم السلسلة. يحدد العدد موقع الرابطة الثنائية، تمامًا كما هي الحال في الألكينات ذات السلاسل المستقيمة. لاحظ وجود سلسلتين من اربع ذرات كربون في الجزيء المبيّن في **الشكل 13a** لكنّ السلسلة ذات الرابطة الثنائية هي فقط التي تستعمل كأساس للتسمية. إنّ هذا الألكين ذا السلسلة المتفرعةهو 2-ميثيل-1-بيوتين.

يحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية (أو ثلاثية) واحدة. يتم عرض عدد الروابط الثنائية في مثل هذه الجزيئات باستخدام البادئة (داي، تراي، تترا وهكذا) قبل الأحرف ين. يتم ترقيم مواقع الروابط بطريقة تنتج أدنى مجموعة من الأعداد. أي نظام ترقيم قد تستخدم في المثال المبيّن في **الشكل 13b**؟ يمكنك استخدام البادئةهيبتا (سباعي) لأن الجزيء يحتوي على سلسلة سباعية الكربون. كذلك يمكنك استخدام البادئة (داي) قبل ين، بحيث يُصبح الاسم هيبتادايين، لأن الجزيء يحتوي على رابطتين ثنائيتين، وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين موقعي الرابطتين الثنائيتين، يُصبح الاسم 4،2-هيبتادايين.



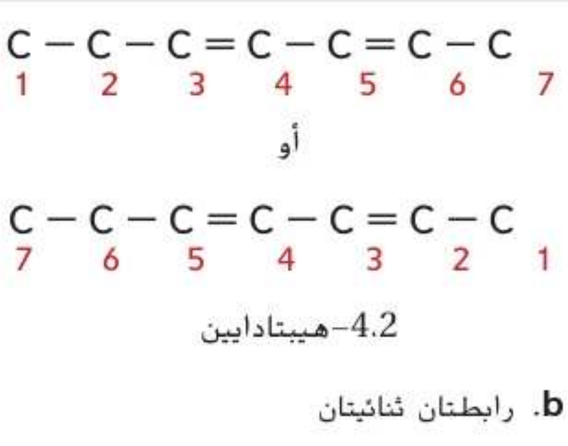
a. الألكينات ذات السلاسل المستقيمة



b. الألكينات الحلقية

■ **الشكل 12** عند تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة، يجب أن تكون مرقمة باستخدام قواعد IUPAC





4،2-هيبتادايين

b. رابطتان ثنائيتان



2-ميثيل-1-بيوتين

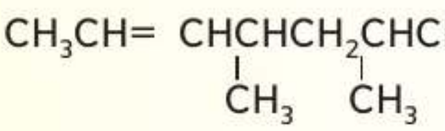
a. رابطة ثنائية واحدة

■ **الشكل 13** يتم ترقيم مواضع الروابط الثنائية في الألكينات بطريقة تنتج أدنى مجموعة من الأرقام. وهذا ينطبق على كل من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة والمستقيمة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

مثال 3

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة قم بتسمية الألكين ذو الصيغة البنائية الأتية:

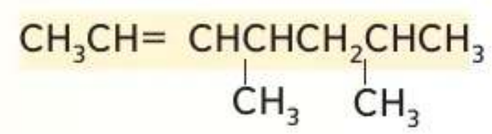


1 تحليل المسألة

لقد أعطيتَ ألكين ذو سلسلة متفرعة يحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد IUPAC لتسمية المركب العضوي.

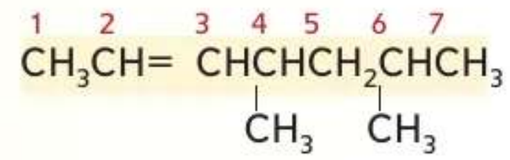
2 حساب المجهول

خطوة 1. إنّ أطول سلسلة مستمرة من الكربون، تلك التي تضم الرابطة الثنائية، تحتوي على سبع ذرات من كربون. الألكان الذي يحتوي على سبع ذرات كربون هو الهبتان، لكن تم تغيير الاسم إلى الهبتين بسبب وجود رابطة ثنائية.



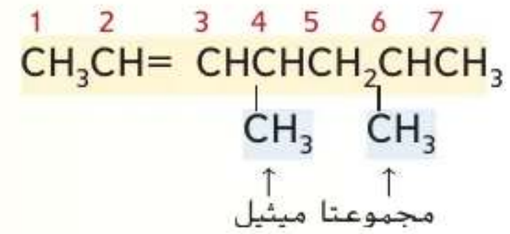
السلسلة الأم للهبتين

خطوة 2. قم بترقيم السلسلة لتعيين أدنى رقم للرابطة الثنائية.



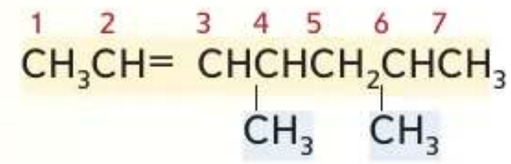
السلسلة الأم 2-هبتين

خطوة 3. قم بتسمية كل بديل.



يمثل كل بديل مجموعة ميثيل.

خطوة 4. حدد العدد الموجود من عناصر كل مجموعة بديلة وحدِّد البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد. ثم، أدرج الأرقام الدالة على المواقع للحصول على البادئة الكاملة.



السلسلة الأم 2-هبتين

مجموعتا ميثيل **في الموقعين 4 و6**

البادئة هي 6،4-**ثنائي الميثيل**

خطوة 5. ليس من الضروري ترتيب أسماء المجموعات البديلة أبجديًا، لأنها متطابقة. طبِّق البادئة الكاملة على اسم السلسلة الأم للألكين. استخدام الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم 6,4-ثنائي ميثيل-2-هبتين.

3 تقييم الإجابة

تتضمّن أطول سلسلة كربون الرابطة الثنائية، أمّا موقع الرابطة الثنائية فلديه أدنى رقم ممكن. تحدد البادئات الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل فروع السلسلة.

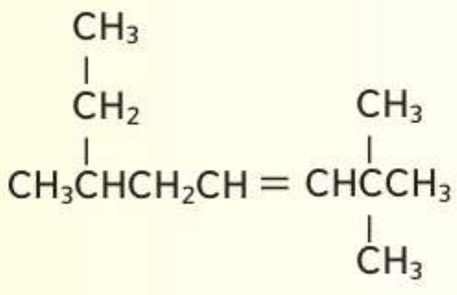
تطبيقات

17. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية:

a.

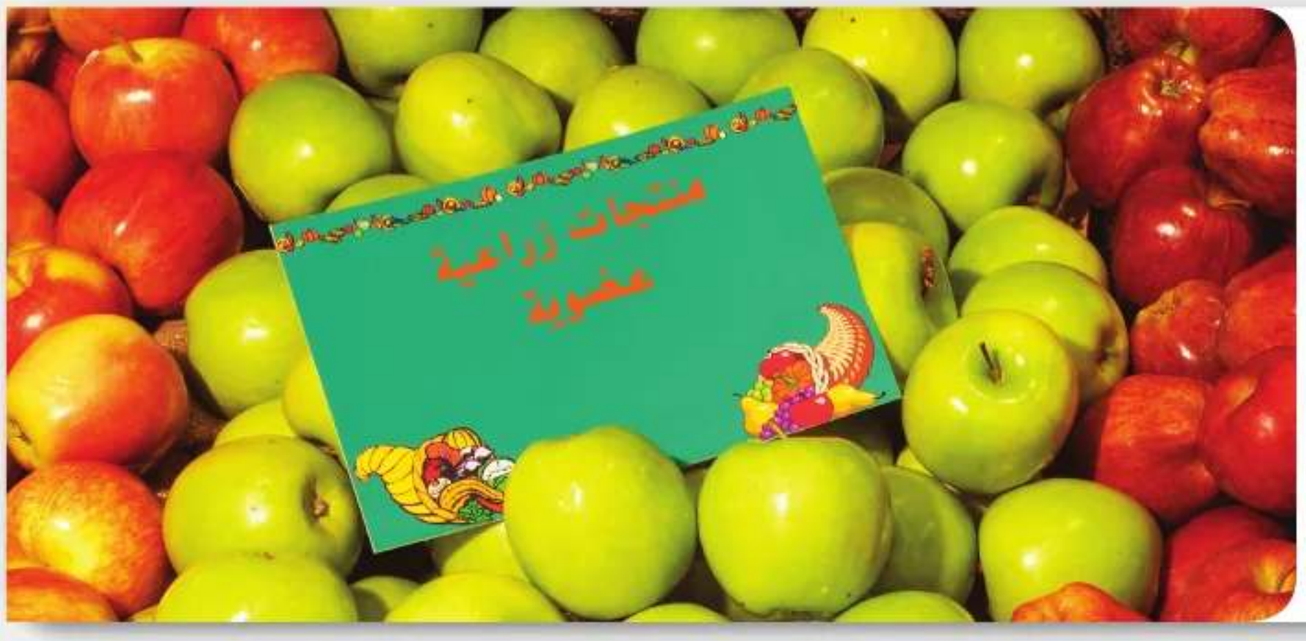


b.



18. تحدي ارسم الصيغة البنائية للمركب 3,1-بنتادايين

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 14** يتيح استخدام الإيثين لإنضاج المحاصيل للمزارعين قطف الفواكه والخضروات قبل نضوجها.

اشرح سبب كون استخدام الإيثين مفيدًا للمزارعين.

خصائص الألكينات واستخداماتها إنّ الألكينات غير قطبية مثلها في ذلك مثل الألكانات، وبالتالي فإنّ قابلية ذوبانها في الماء منخفضة، بالإضافة للانخفاض النسبي درجة انصهارها ودرجة غليانها. مع ذلك، تُعد الألكينات أكثر تفاعلاً من الألكانات لأن الرابطة التساهمية الثانية ترفع كثافة الإلكترون بين ذرّتيّ الكربون، مما يوفر موقعًا جيدًا للتفاعل الكيميائي. تستطيع المواد المتفاعلة التي تجذب الإلكترونات سحب الإلكترونات بعيدًا عن الرابطة الثنائية.

إنّ العديد من الألكينات يتكوّن بشكل طبيعي في الكائنات الحية. على سبيل المثال، إنّ الإيثين هرمون تنتجه النباتات بشكل طبيعي. وهو يتسبب في نضج الفاكهة ويؤدي دورًا في تساقط الأوراق من الأشجار استعدادًا لفصل الشتاء. تنضج ثمار الفاكهة المبيّنة في **الشكل 14** وغيرها من المحاصيل التي تباع في محلات البقالة بشكل غير طبيعي إثر تعرضها للإيثين. كما أنّ الإيثين مادة أولية تدخل في تركيب البولي إيثيلين البلاستيكي المُستخدم في تصنيع العديد من المنتجات، بما في ذلك الأكياس البلاستيكية والحبال وأواني الحليب. كما تدخل الألكينات الأخرى في تكوين الروائح في الليمون الأخضر والليمون الأصفر وأشجار الصنوبر.

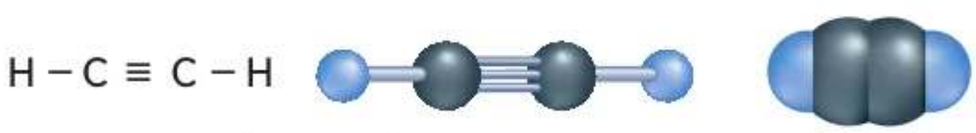
الألكاينات

يُطلق إسم **الألكاينات** على الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون مجمعة في سلسلة. تتضمّن الروابط الثلاثية مشاركة أزواج الإلكترونات الثلاثة. إنّ الألكاين الأبسط تكوينًا والأكثر استخدامًا هو الإيثاين (C_2H_2) الشائع والمشهور بإسم الأسيتيلين. ادرس نماذج الإيثاين المبيّنة في **الشكل 15**.

تسمية الألكاينات تسمّى الألكاينات ذات السلاسل المستقيمة والألكاينات ذات السلاسل المتفرعة بالطريقة نفسها التي تسمّى بها الألكينات، مع الفرق الوحيد الذي يتمثّل في كون اسم السلسلة الأم ينتهي بالأحرف "اين" بدلاً من "ين". ادرس الأمثلة الواردة في **الجدول 6**. تشكل الألكاينات ذات الرابطة التساهمية الثلاثية سلسلة متجانسة مع الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

☑ **التأكد من فهم النص** **استدلّ** من خلال النظر إلى الروابط التي يحتوي عليها الإيثاين، على سبب تفاعله الشديد مع الأكسجين.

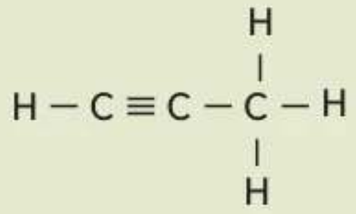
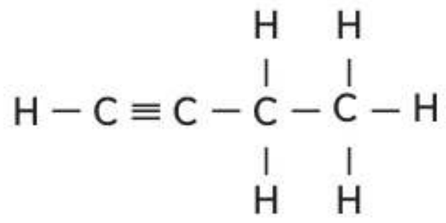
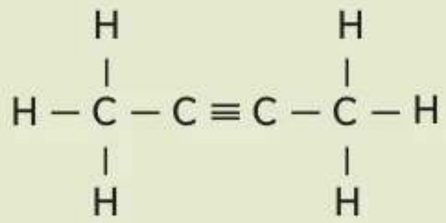
■ **الشكل 15** تمثل نماذج الجزيئية الثلاثة هذه الإيثاين.



نماذج الإيثاين (الأستيلين)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 6 أمثلة على الألكاينات

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية المختصرة
إيثاين	C_2H_2	$H-C\equiv C-H$	$CH\equiv CH$
بروباين	C_3H_4		$CH\equiv CCH_3$
1-بيوتاين	C_4H_6		$CH\equiv CCH_2CH_3$
2-بيوتاين	C_4H_6		$CH_3C\equiv CCH_3$

تجربة مصغرة

تصنيع وملاحظة الإيثاين

لماذا يستخدم الإيثاين في لحام المعادن؟



الإجراء

1. حدد احتياطات السلامة لهذه التجارب قبل البدء في العمل.
2. إستخدم **شريطًا مطاطيًا لتثبيت شريحة خشبية** بطرف **مسطرة** طولها حوالي **40 cm**. بحيث يبرز حوالي **10 cm** من الشريحة عند طرف المسطرة.
3. ضع **120 mL من الماء** في **كأس سعته 150 mL** ثم أضف **5 mL من سائل الجلي**. اخلط المزيج جيدًا.
4. استخدم **ملقطًا** لالتقاط قطعة من **كربيد الكالسيوم** (CaC_2) صغيرة بحجم حبة بازلاء. لا تلمس CaC_2 بأصابعك. **تحذير: CaC_2 مادة أكّالة؛ ففي حال لامس غبار CaC_2 جلدك، إغسله فورًا بالكثير من الماء.** ضع قطعة من CaC_2 في كأس يحتوي على محلول تنظيف.
5. إستخدم **الثقاب** لإشعال النار في الشريحة الخشبية بينما تمسك المسطرة من الطرف الآخر للشريحة. اغمس طرف الشريحة المشتعل على الفور في الفقاعات التي تشكلت من التفاعل الذي تم في الكأس. قم بإخماد النار المشتعلة في طرف الشريحة بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم **ساق تحريك** لإبعاد الفقاعات القليلة الكبيرة من الإيثاين. هل تطفو أم تغوص في الهواء؟
7. إغسل الكأس جيدًا. ثم أضف **25 mL من الماء المقطر** وقطرة من **محلول الفينول**. استخدم ملقطًا لوضع قطعة صغيرة من CaC_2 في المحلول. لاحظ النتائج

التحليل

1. **الاستدلال** ما الذي يمكن استدلاله حول كثافة الإيثاين بالمقارنة مع كثافة الهواء؟
2. **التوقع** يُنتج تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء ناتجين اثنين. أحدهما هو غاز الإيثاين (C_2H_2). ما هو الناتج الثاني؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 16.** يتفاعل الإيثاين أو الأسيتيلين مع الأكسجين في التفاعل الكيميائي $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ الذي يولد ما يكفي من الحرارة للحام الفلزات.

خصائص الألكاينات واستخداماتها تتميز الألكاينات بخصائص فيزيائية وكيميائية مشابهة لخصائص الألكينات. تخضع الألكاينات للعديد من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات. مع ذلك، تكون الألكاينات عادةً أكثر نشاطًا من الألكينات لأن الروابط الثلاثية للألكاينات فيها كثافة إلكترونات أعلى مقارنة بالروابط الثنائية للألكينات. إنّ هذه المجموعة من الإلكترونات فعّالة في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يتسبب في شحنها بشكل غير متماثل، وبالتالي تصبح أكثر نشاطًا.

يمثّل الإيثاين المعروف بالاسم الشائع الأسيتيلين، منتجًا ثانويًا لتكرير النفط. كما يتم إنتاجه أيضًا بكميات كبيرة عن طريق تفاعل كربيد الكالسيوم (CaC_2) مع الماء. عند إمداد الإيثاين بما يكفي من الأكسيجين، فإنه يشتعل مولِّدًا لهبًا ساخنًا كثيفًا بدرجات حرارة قد تصل إلى 3000°C. يتم استخدام لهب الأسيتيلين عادة في لحام الفلزات. كما هو مبيّن في **الشكل 16**. نظرًا لكون الرابطة الثلاثية تجعل الألكاينات متفاعلة، فإن الألكاينات البسيطة مثل الإيثاين تُستخدَم كمواد أولية في صناعة البلاستيك والمواد الكيميائية العضوية الأخرى المستخدمة في الصناعة.

المطويات®
أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- إنّ الألكينات والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل، على التوالي.
- إنّ الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاطية أكبر من تلك التي للألكانات لكنّ لها خواص أخرى شبيهة بتلك التي للألكانات.

19. **الفكرة الرئيسة** **صِفْ** وجه/أوجه اختلاف كل من الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغ البنائية للألكانات.
20. **حدِّد** وجه/أوجه اختلاف الخواص الكيميائية لكل من الألكينات والألكاينات عن الخواص الكيميائية للألكانات.
21. **قم بتسمية** البنى المبيّنة مستخدمًا قواعد IUPAC.

a. $CH \equiv CCH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CH(CH_3)CH=CHCH_2CH_3$

22. **أرسم** الصيغة البنائية لكل من 4-ميثيل-3،1-بينتادين و 3،2-ثنائي ميثيل-2-بيوتين.
23. **استدل** على كيفية مقارنة درجات الغليان والتجمد للألكاينات مقارنة بدرجات الغليان والتجمد للألكانات التي تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون. اشرح استنتاجك، ثم ابحث في البيانات لمعرفة ما إذا كانت تدعم فكرتك.
24. **توقع** أيّ ترتيب هندسي تتوقّع من الروابط المحيطة بذرة كربون في كل من الألكانات والألكينات والألكاينات؟ (تلميح: يمكن استخدام نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ لتوقّع الشكل).

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 4

أيزومرات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة **لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكنّها تختلف من حيث التركيبات الجزيئيّة.**

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن التمييز بين الفئتين الرئيسيتين من الأيزومرات – الأيزومرات البنائية والفراغية؟
- ما أوجه الاختلاف بين الأيزومرات الهندسية؟
- ما التنوع البنائي في الجزيئات التي ينتج عنها الأيزومرات الضوئية؟

مفردات للمراجعة

الإشعاع الكهرومغناطيسي electromagnetic radiation: موجات مستعرضة تنقل الطاقة خلال الفراغ.

مفردات جديدة

أيزومر	isomer
أيزومر بنائي	structural isomer
أيزومر فراغي	stereoisomer
أيزومر هندسي	geometric isomer
عدمُ التناظر المرآتي	chirality
كربون لا متناظر	asymmetric carbon
أيزومر ضوئي	optical isomer
دوران ضوئي	optical rotation

الكيمياء في حياتك

هل سبق أن قابلت توأمين متماثلين؟ التوأمان المتماثلان لهما نفس التركيب الجيني، إلا أنهما شخصان منفصلان يتمتعان بشخصيّتين مختلفتين. الأيزومرات مشابهة للتوائم، إذ لديها الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكنّها تختلف من حيث التركيب البنائي والخصائص.

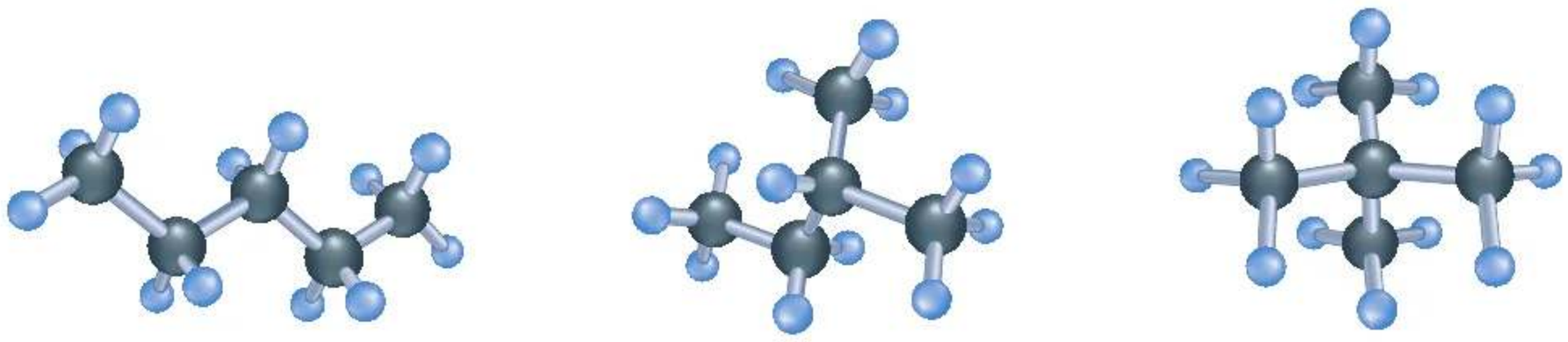
أيزومرات بنائية

ادرس النماذج المكونة من ثلاثة ألكانات الموجودة في **الشكل 17** لتحديد أوجه الشبه والاختلاف بينها. للألكانات الثلاثة 5 ذرات كربون و 12 ذرة هيدروجين. بذلك يصبح لها الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. على الرّغم من ذلك، تمثل هذه النماذج ثلاثة ترتيبات مختلفة للذرات وثلاثة مركبات مختلفة — وهي بنتان، و 2 – ميثيل بيوتان، و 2,2 – ثنائي ميثيل البروبان. إنّ هذه المركبات الثلاثة هي أيزومرات. **الأيزومرات** هي مركبان أو أكثر من المركبات التي لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف في الصيغة البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان ليسا أيزومرين لأن الصيغة الجزيئية للبنتان الحلقي هي C_5H_{10}.

ثمّة فئتان رئيسيتان من الأيزومرات. يعرض **الشكل 17** مركبات تُعدّ أمثلة على الأيزومرات البنائية. **الأيزومرات البنائية** لها الصيغة الكيميائيّة نفسها، ولكن ذراتها مرتبطة من خلال ترتيبات مختلفة. للأيزومرات البنائية خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة على الرغم من أنّه لديها الصيغة نفسها. تدعم هذه الملاحظة أحد المبادئ الرئيسة للكيمياء وهو أن: بنية المادة تحدد خصائصها. كيف يرتبط اتجاه درجات الغليان للأيزومرات C_5H_{12} بصيغتها البنائية؟

كلما ازداد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، ازداد أيضًا عدد الأيزومرات البنائية المحتملة. على سبيل المثال، هناك تسعة ألكانات لها الصيغة الجزيئية C_7H_{16}. وهناك أكثر من 300,000 أيزومر بنائي لديه الصيغة $C_{20}H_{42}$.

■ **الشكل 17** إنّ هذه المركبات التي لها الصيغة الجزيئيّة نفسها، C_5H_{12}، هي أيزومرات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غلياناها.

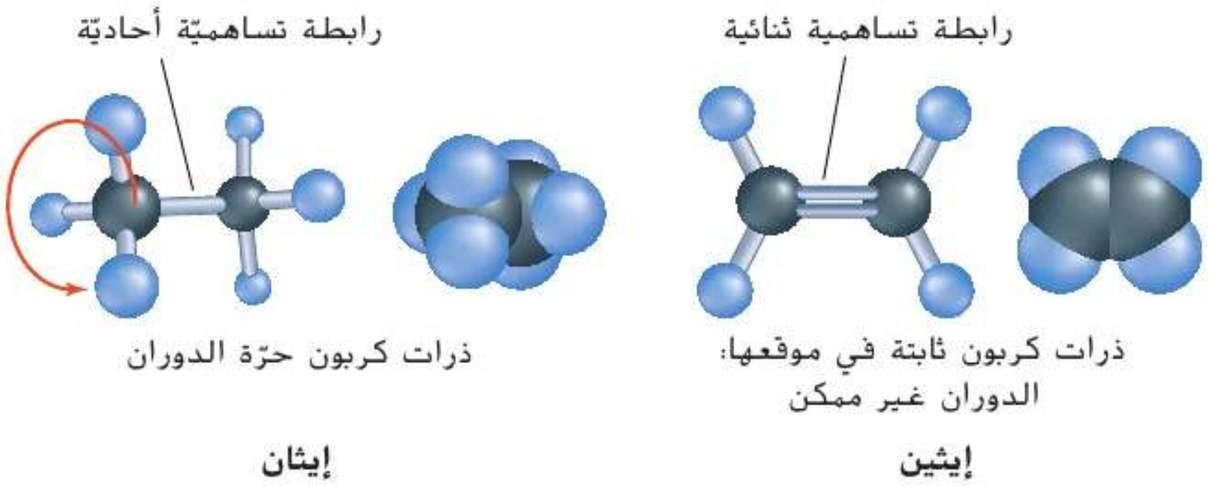


2,2- ثنائي ميثيل بروبان
درجة الغليان = 9°C

2- ميثيل بيوتان
درجة الغليان = 28°C

البنتان
درجة الغليان = 36°C

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 18** إنّ ذرات الكربون ذات الرابطة الأحادية في الإيثان لها حريّة الدوران حول الرابطة. بينما تقاوم ذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية في الإيثين حركة الدوران.

أشرح كيف تعتقد أن هذا الاختلاف في القدرة على الدوران من شأنه أن يؤثر على الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات الكربون ذات الرابطة الأحادية وذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية؟

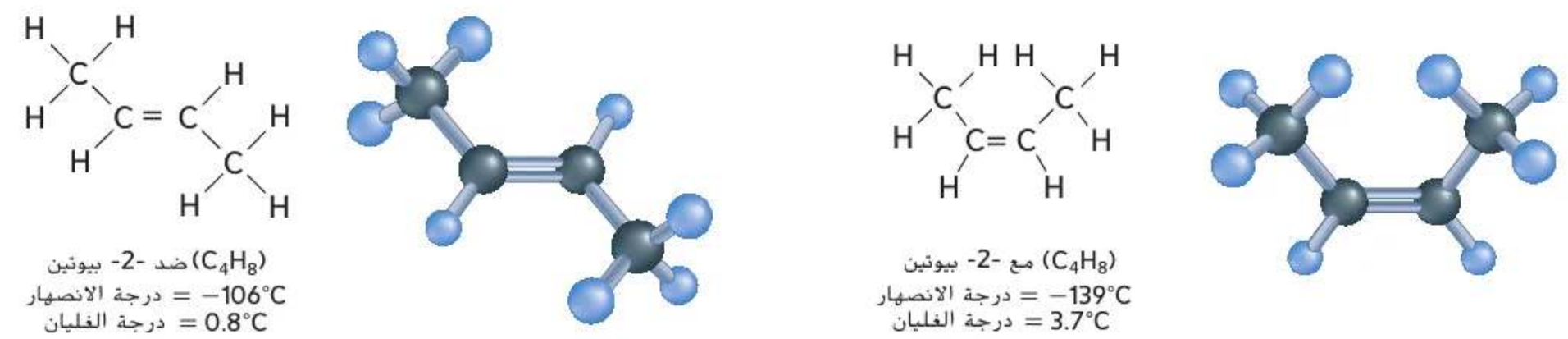
أيزومرات فراغية

تحتوى الفئة الثانية من الأيزومرات على اختلاف غير ملحوظ في الترابط. **الأيزومرات الفراغية** هى الأيزومرات التى تترابط فيها كل الذرات بالترتيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ. ثمّة نوعان من الأيزومرات الفراغية. يحدث أحد النوعين في الألكينات التي تحتوي على روابط مزدوجة. ويمكن لذرتي كربون تربطهما رابطة أحادية أن تدورا بحرية مع بعضهما البعض. ولكن، عند وجود رابطة تساهميّة ثانية، لا تكون ذرات الكربون قادرة على الدوران، إذ تُصبح ثابتة في مكانها، كما هو مبين في **الشكل 18**.

قارن بين تركيبي 2-بيوتين المحتملين المبينين في **الشكل 19**. يُشار إلى الترتيب الذي تكون فيه مجموعتي الميثيل على الجانب نفسه من الجزيء بالبادئة مع (cis)-.يُشار إلى الترتيب الذي تكون فيه مجموعتي الميثيل على جوانب متقابلة من الجزيء بالبادئة ضد (trans)-. إنّ هذين المصطلحين مُشتقّان من اللغة اللاتينية، مع (cis) تعني الجهة نفسها وضد (trans) تعني الجهة المختلفة. لا يمكن أن تتحول صيغة مع (cis)- إلى -ضد (trans) بسهولة بسبب عدم قدرة ذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية على الدوران.

يُطلق على الأيزومرات الناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات حول الرابطة الثنائية اسم **الأيزومرات الهندسية.** لاحظ كيف يؤثر الاختلاف في الهندسة على الخصائص الفيزيائية للأيزومرات، مثل درجة الانصهار ودرجة الغليان. كذلك، تختلف الأيزومرات الهندسية في بعض الخصائص الكيميائية أيضًا. إذا كان المركب نشط بيولوجيًا، مثل العقاقير، يكون لأيزومرات مع (cis)- و ضد (trans)- تأثيرات مختلفة جدًا.

التأكد من فهم النص اشرح أوجه الاختلاف بين الأيزومرات البنائية والأيزومرات الهندسية.



■ **الشكل 19** تختلف أيزومرات 2-بيوتين في الترتيب داخل الحيز الفراغي لاثنين من مجموعات الميثيل على الأطراف. لا يمكن لذرات كربون الرابطة الثنائية أن تدور بعضها مع بعض، لذلك ثُبتت مجموعات الميثيل في أحد هذين الترتيبين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

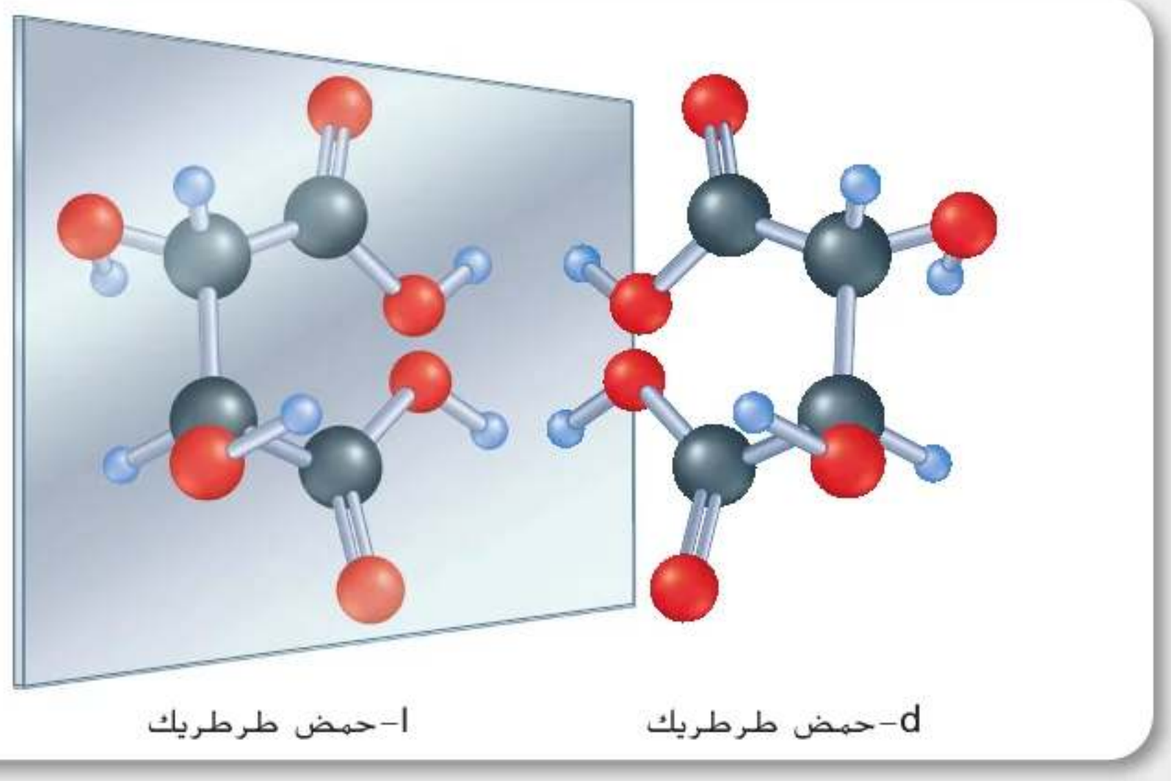


■ **الشكل 20** يبدو انعكاس كفّك الأيمن في المرآة تمامًا مثل انعكاس كفّك الأيسر. ومع ذلك، عندما تضع راحتي يديك إحداهما فوق الأخرى، لا تتطابق أجزاؤهما مع بعضها.

عدمُ التماثل المرآتي

الربط بعلم الأحياء في عام 1848، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1895–1822) عن اكتشافه أن بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك موجودة في شكلين متماثلين. ولمّا كان كفّا الإنسان متماثلين، وكأنّ الواحد صورة مرآتيّة من الأخرى، كما هو مُبيّن في **الشكل 20**، سمّي هذين الشكلين بالشكل الأيمن والشكل الأيسر. لشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائيّة نفسها ودرجة الانصهار والكثافة والذوبان في الماء نفسها، إلّا أنّه لم يتمّ إنتاج سوى الشكل الأيسر باستخدام طريقة التخمر. وبالإضافة إلى ذلك، لم تكن البكتيريا قادرة على التكاثر إلّا عند تغذّيها على الشكل الأيسر كمادة غذائية.

إنّ الشكلين البلوريين لحمض الطرطريك موجودان في الترتيبين المُبيّنين في **الشكل 21**. يُسمّى هذين الشكلين حاليًا بـاسم d–حمض طرطريك و l–حمض طرطريك. ترمز الحروف d و l للبادئات اللاتينية –*dextro*، التي تعني إلى اليمين، و –*levo*، التي تعني إلى اليسار. يُطلق على الخاصية التي يكون فيها الجزيء في الشكلين الأيمن والأيسر اسم **عدمُ التماثل المرآتي**. لدى العديد من المواد الموجودة في الكائنات الحية، مثل الأحماض الأمينية التي تشكل البروتينات، عدم تماثل مرآتي. وبشكل عام، تستخدم الكائنات الحية شكل متماثل واحد فقط للمادة، لأن هذا الشكل فقط يناسب موقع الانزيم النشط .



■ **الشكل 21** تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك الذي درسه باستور. إذا انعكس نموذج من الشكل الأيمن لحمض طرطريك (d–حمض طرطريك) في المرآة، تكون صورته هي نموذج من الشكل الأيسر لحمض طرطريك (l–حمض طرطريك).

الكيمياء في الحياة اليومية

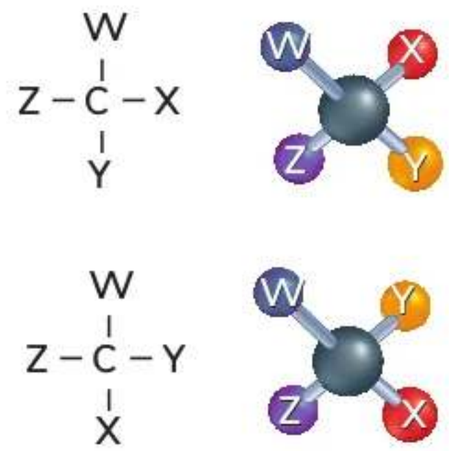
دهون من النوع ضد (trans)



الأيزومرات في النظام الغذائي

يُطلق على الدهون ذات الأيزومرات ضد **(trans)** اسم الدهون ترانس. وتُصنع العديد من المواد الغذائية المعلبة باستخدام دهون ترانس لأن مدّة صلاحيّتها أطول من غيرها. وتشير الدلائل إلى أن دهون ترانس تزيد من تَكوّن نسبة الكوليسترول الضار وتقلل من نسبة الكوليسترول الصحي، مما يزيد من إمكانية الإصابة بأمراض القلب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 22** تمثل هذه النماذج جزئين مختلفين. تبدلت الأماكن الخاصة بالمجموعات X و Y.

أيزومرات ضوئية

أدرك علماء الكيمياء في ستيّنيات القرن التاسع عشر، أن عدم التماثل المرآتي يحدث عندما يحتوي أي مركب على ذرات كربون غير متماثلة. **ذرة الكربون غير المتماثلة** هي ذرة الكربون المرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات ذرية مختلفة. يُمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة بذرّة الكربون نفسها الموجودة في الترتيبين المبينين في **الشكل 22**. لاحظ أن التركيبين مختلفان في أنّ المجموعتين X و Y تبادلتا موقعهما. لا يمكنك تدوير التركيبين بأي شكل من الأشكال بحيث تجعلهما مطابقين بعضهما لبعض.

الآن، لنفترض أنك أنشأت نماذج لهذين التركيبين. هل هناك أي طريقة تمكنك من تدوير أحد التراكيب ليبدو تماماً مثل التركيب الآخر؟ (لا يهم ظهور الحروف سواء من الأمام أم من الخلف). سوف تكتشف أنه لا توجد أي وسيلة لإنجاز المهمة من دون إزالة X و Y من موقعيهما حول ذرة الكربون. ولذلك، فإن الجزيئات تختلف على الرغم من أنها تبدو إلى حد كبير متشابهة.

تمثل الأيزومرات التي تنجم عن الترتيبات المختلفة لأربع مجموعات مختلفة حول ذرّة الكربون نفسها فئة أخرى من الأيزومرات الفراغية التي يُطلق عليها اسم الأيزومرات الضوئية. تحتوي **الأيزومرات الضوئية** على الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها ماعدا في حالة التفاعلات الكيميائية إذ يكون عدم التماثل المرآتي مهمًّا، مثل تفاعل الإنزيم المحفز في الأنظمة البيولوجية. على سبيل المثال، تدمج الخلايا البشرية فقط الأحماض الأمينية من نوع (l) مع البروتينات. يكون حمض الأسكوربيك من النوع (l) فعالاً مثل فيتامين C. ويكون أيضاً عدم التماثل المرآتي من جزيء الدواء مهمًّا. على سبيل المثال، يكون واحداً فقط من الأيزومرات الخاصة ببعض الأدوية فعالاً أما الأيزومرات الأخرى فيمكن أن تكون ضارة.

المطويات

أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

مختبر تحليل البيانات

استنادًا
إلى بيانات حقيقية*

تفسير البيانات

ما هي سرعات الأكسدة الخاصة بأيزومرات ثنائي كلورو الإيثين؟ بيوتانوفورا الزائفة هي نوع من البكتيريا التي تستخدم بعض الألكانات والكحول والأحماض العضوية كمصادر للكربون والطاقة. تم اختبار هذه البكتيريا كعامل مساعد في تنقية المياه الجوفية من ثنائي كلورو الإيثين (DCE) الملوث. الخلائط المحتوية على
عوامل اختزال متنوعة وإنزيمات البيوتان الأحادية في بيوتانوفورا الزائفة والأيزومرات المؤكسدة من ثنائي كلورو الإيثين.

البيانات والملاحظات

يُبيّن الجدول سرعة الأكسدة الخاص بكل مركب في بكتيريا بيوتانوفورا الزائفة التي تنمو في البيوتان.

التفكير الناقد

1. **قارن** أي العوامل المختزلة كان أكثر فائدة في أكسدة كل أيزومر؟
2. **استنتج** أي أيزومر متأكسد هو الأبطأ؟

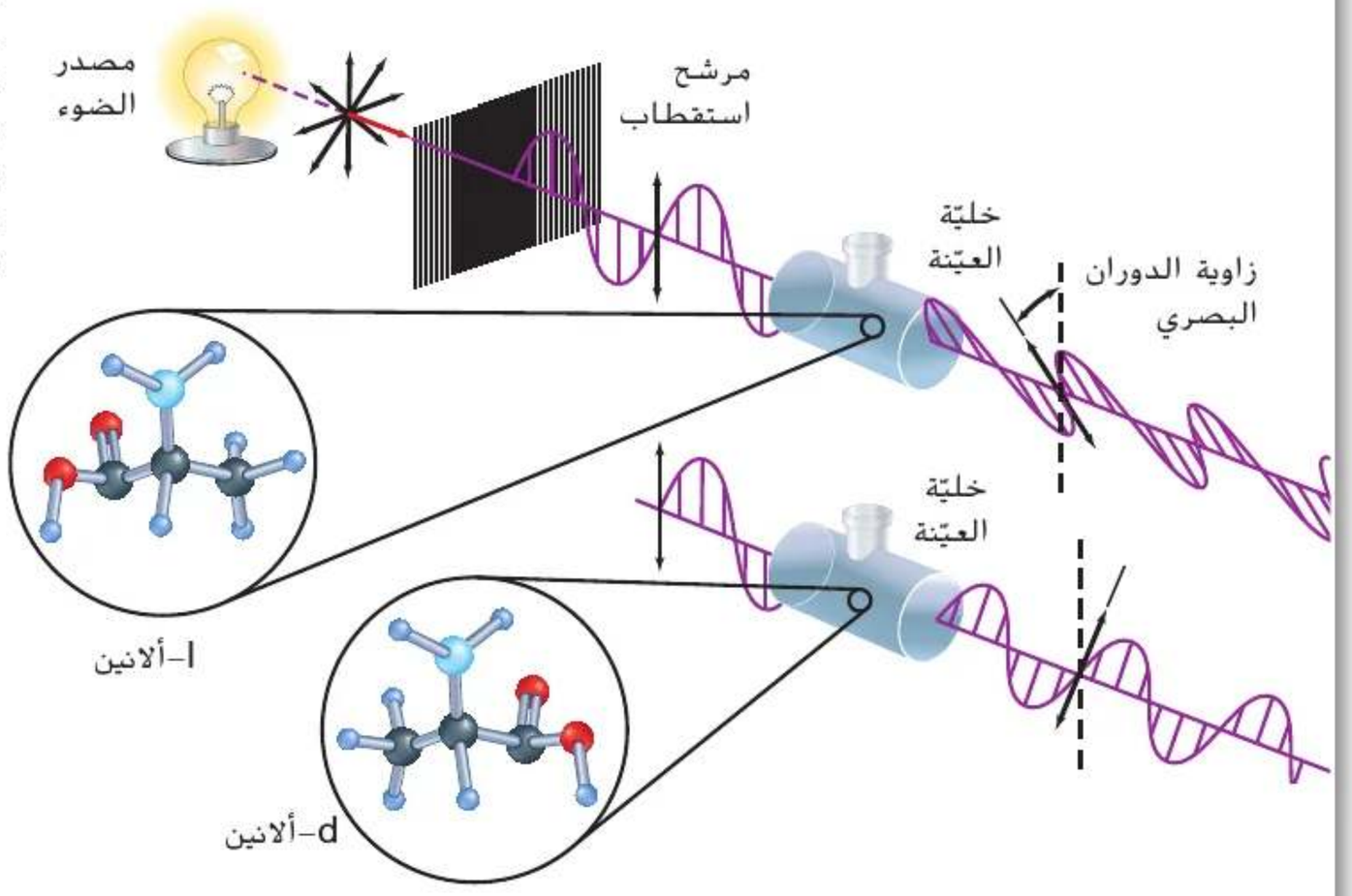
سرعات الأكسدة

عامل مختزل	السرعة الابتدائية للأكسدة ($nmol\ min^{-1}\ mg\ protein^{-1}$)	
	1,2-cis DCE	1,2-trans DCE
منظم	0.9 (1.0)	1.6 (1.0)
بيوتيرات	6.8 (7.6)	2.0 (1.3)
بروبانوات	5.9 (6.6)	0.4 (0.3)
أسيتات	8.5 (9.4)	3.8 (2.8)
فورمات	1.4 (1.6)	1.2 (0.7)
لاكتات	11 (12.2)	4.5 (2.8)

تمثل القيم بين قوسين الزيادة (*n* ضعف) على سرعة العزل.

تم الحصول على البيانات من: دي إم دوتي وآخرون. 2005. يؤثر أيزومرات dichloroethene على الحث والنشاط وإنزيمات البيوتان الأحادية في بكتيريا الألكان المؤكسدة "بوتانوفورا الزائفة." تطبيق علم الجراثيم البيئية. أكتوبر، 6059-6054.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 23** ينتج الضوء المستقطب عند تمرير الضوء العادي من خلال مرشح ينقل الموجات الضوئية التي تكمن في سطح واحد فقط. هنا، تكون موجات الضوء التي تم ترشيحها في مستوى رأسي قبل أن تمر من خلال خلايا العيّنة. يعمل الأيزومران على دوران الضوء في اتجاهات مختلفة.

الدوران الضوئي إنّ الإنزيمات التي يكون كلّ منها صورة مرآة للآخر تُسمّى أيزومرات ضوئية لأنها تؤثر على الضوء الذي يمر من خلالها. عادةً، تنتقل الموجات الضوئية المرسلة من أشعة الشمس أو من المصباح الكهربائي في كل الأسطح الممكنة. ومع ذلك، يمكن ترشيح الضوء أو عكسه بمثل هذه الطريقة بحيث تكمن جميع الموجات التي يتم تحصيلها في نفس السطح. يُطلق على هذا النوع من الضوء اسم الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب من خلال محلول يحتوي على أيزومر ضوئي، يدور سطح الاستقطاب في اتّجاه اليمين (في اتجاه عقارب الساعة، عند النظر باتجاه مصدر الضوء) من قبل أيزومر – d أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) من قبل أيزومر – l، وينتج عن ذلك تأثير يسمى **دوران ضوئي.** ويظهر هذا التأثير في **الشكل رقم 23.**

يمكنك استخدام أيزومر ضوئي واحد هو l–المنثول. يحتوي هذا الأيزومر الطبيعي على نكهة نعناع قوية ورائحة وطعم منعشين. الصورة المعكوسة للأيزومر d–المنثول . ليس لها نفس التأثير المنعش مثل l–المنثول.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- تتكون الأيزومرات من مرّكبين أو أكثر لهما الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكن يختلفان في التركيب البنائي.
- تختلف الأيزومرات البنائية في ترتيب ارتباط الذرات بعضها مع بعض.
- تحتوي الأيزومرات الفراغية على جميع الذرات المرتبطة بالترتيب نفسه ولكنّها مُرتّبة بشكل مختلف في الفراغ.

25. الفكرة الرئيسة ارسم جميع الأيزومرات البنائية المحتملة للألكان بالصيغة الجزيئية C_6H_{14}. اعرضها فقط في سلاسل الكربون.

26. اشرح الفرق بين الأيزومرات البنائية و الأيزومرات الفراغية.

27. ارسم التركيبات الخاصة الأيزومرين مع–3–هكسين و ضد–3–هكسين.

28. استدلال لماذا تستفيد الكائنات الحية من أحد شكلي التماثل المرآتي (الكيرالي) لجزيء المادة.

29. تقييم ينتج عن تفاعل معين 80% ضد–2–بنتين و 20% مع–2–بينتين. ارسم تركيبي هذين الإيزومرين الهندسيين. وطور فرضية لتفسير لماذا تتشكل الأيزومرات بالنسب المذكورة.

30. كوّن نماذج بدءًا من ذرة كربون واحدة، وارسم أيزومرين ضوئيين مختلفين عن طريق ربط الذرات التالية أو المجموعات بالكربون:
$-H$, $-CH_3$, $-CH_2CH_3$, و $-CH_2CH_2CH_3$.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 5

الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة إنّ **الهيدروكربونات الأروماتية هي مركبات مستقرة ومتوازنة على نحو استثنائي، تتميّز بتراكيب حلقية فيها الكترونات تتشاركها ذرّات عديدة.**

الأسئلة الرئيسة

- كيفية المقارنة بين خصائص المركبات الهيدروكربونية الأروماتية والأليفاتية وإظهار الاختلاف بينها؟
- ما المادة المسرطنة مع بيان بعض الأمثلة عليها؟

مفردات للمراجعة

الأفلاك المهجنة hybrid orbitals: أفلاك ذرية متعادلة تتشكل خلال الترابط عن طريق إعادة ترتيب إلكترونات التكافؤ

مفردات جديدة

مركب أروماتي
aromatic compound

مركب أليفاتي
aliphatic compound

الكيمياء في حياتك

ما أوجه التشابه بين الأنسجة اللامعة والملونة وحصى تغطية الأسفلت والزيوت الأساسية الموجودة في العطور بشكل عام؟
تحتوي جميعها على هيدروكربونات أروماتية.

تركيب البنزين

تحتوى الأصباغ الطبيعية مثل تلك الموجودة في أنسجة القماش في **الشكل 24**، والزيوت الموجودة في العطور على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. لقد استخدمت مركبات لها هذه التراكيب على مدى عدة قرون. بحلول منتصف القرن التاسع عشر، توصل الكيميائيون إلى فهم أساسي لتراكيب الهيدروكربونات ذات الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية. مع ذلك، فإنّ بعض التراكيب الهيدروكربونية الحلقية لا تزال لغزًا.

إنّ أبسط مثال على هذه الفئة الهيدروكربونية هو البنزين، الذي قام الفيزيائي الإنجليزي مايكل فاراداي (1867–1791) بعزله للمرة الأولى في العام 1825 عن الغازات المنبعثة عندما قام بتسخين زيت الحوت أو الفحم. على الرغم من تحديد الكيميائيين أن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6، كان صعبًا بالنسبة إليهم تحديد التركيبة الهيدروكربونية التي تعطي هذه الصيغة. توصّلوا في النهاية إلى أنّ صيغة الهيدروكربون المشبع مع ذرات الكربون الستة، الهكسان، هي C_6H_{14}. بما أنّ جزيء البنزين يحتوي على عدد قليل جدًا من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أنّ هذه الذرات غير مشبعة. حيث إنّها يجب أن تحتوى على عدة روابط ثنائية أو ثلاثية أو مزيج من الاثنين معًا. واقترحوا العديد من التراكيب المختلفة، بما في ذلك هذا التركيب الذي تم اقتراحه في العام 1860.

$$CH_2 = C = CH - CH = C = CH_2$$

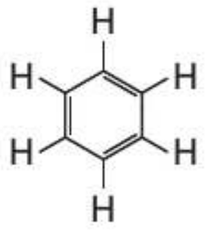
على الرغم من أن هذا التركيب يمثل الصيغة الجزيئية C_6H_6 ، فإن هذا الهيدروكربون قد يكون غير مستقر ومتفاعلًا لأقصى درجة، ذلك بسبب روابطه الثنائية المتعدّدة. مع ذلك، كان البنزين خاملًا إلى حد ما، ولم يتفاعل كما تتفاعل الألكينات والألكاينات عادةً. لهذا السبب، استنتج الكيميائيون أن التراكيب مثل ذلك المبين أعلاه هي خطأ.



■ **الشكل 24** لقد استُخدمت الأصباغ لإنتاج الأنسجة الملونة الزاهية لعدة قرون.
وضِّح أوجه الشبه بين الأصباغ الطبيعية والزيوت العطرية؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

حلم كيكوليه في عام 1865، اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوغست كيكوليه (1896–1829) نوعًا مختلفًا من التركيب للبنزين—شكل سداسي يتكون من ست ذرات كربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. كيف يمكن مقارنة الصيغة الجزيئية لهذا التركيب مع تركيب البنزين؟



ادعى كيكوليه أنه رأى تركيب البنزين في المنام حينما غلبه النعاس أمام مدفأة في غينت، بلجيكا. وقال إنه رأى حلمًا يتعلق بـــأوروبروس، رمز مصري قديم لثعبان يلتهم ذيله، مما جعله يفكر في تركيب على شكل حلقة. بين التركيب المسطح والسداسي الشكل الذي اقترحه كيكوليه بعض خصائص البنزين، لكنه لم يبين عدم تفاعلية البنزين.

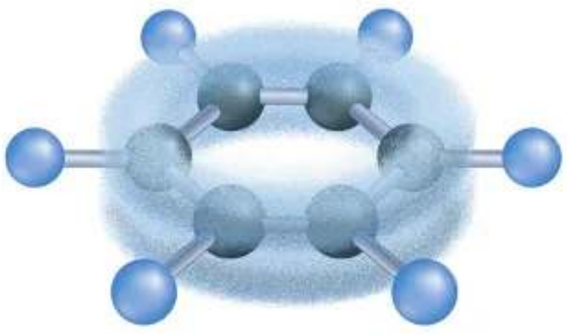
نموذج حديث للبنزين منذ اقتراح كيكوليه، أكدت الأبحاث أن التركيب الجزيئي للبنزين سداسي الشكل فعلًا. ومع ذلك، لم يتمكن أحد من شرح عدم تفاعلية البنزين حتى 1930، حينما اقترح لينوس بولينغ نظرية الأفلاك المهجنة. وعند تطبيق هذه النظرية على البنزين، تتنبأ هذه النظرية بأن أزواج الإلكترونات التي تشكل الروابط الثنائية في البنزين لا تقع بين اثنين فقط من ذرات الكربون المحددة كما هو الحال في الألكينات. ولكن أزواج الإلكترونات لم توضع في موضعها الصحيح، وهو ما يعني أنها مشتركة بين جميع ذرات الكربون الست في الحلقة. **الشكل 25** يدل على أن هذا الموضع يجعل جزيء البنزين مستقر كيميائيًا لأنه من الصعب شد الإلكترونات المشتركة في ست نويات كربون بعيدًا مقارنةً بالإلكترونات المرتبطة بنواتين فقط. عادةً لا يتم الإشارة إلى ذرات الهيدروجين الست، ولكن من المهم تذكر أنها موجودة. وفي هذا التوضيح، ترمز الدائرة الموجودة في منتصف الشكل السداسي إلى السحابة التي شكلتها ثلاثة أزواج من الإلكترونات.



مركبات أروماتية

يُطلق على المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات من البنزين كجزء من تركيبها اسم **المركبات الأروماتية**. استُخدم المصطلح أروماتي في الأصل لأنه تم العثور على العديد من المركبات المتعلقة بالبنزين التي تم الكشف عنها في القرن التاسع عشر في الزيوت ذات الرائحة الجذابة التي تم استخلاصها من التوابل والفواكه وغيرها من أجزاء النباتات الأخرى. ويُطلق على الهيدروكربونات مثل الألكانات والألكينات والألكاينات اسم **المركبات الأليفاتية** لتمييزها عن المركبات الأروماتية. ينحدر مصطلح الأليفاتية من الكلمة اليونانية دهن، وهي *aleiphatos*. وقد حصل الكيميائيون في وقت مبكر على المركبات الأليفاتية عن طريق تسخين الدهون الحيوانية. أذكر بعض أمثلة الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات دهنية؟

التأكد من فهم النص **استدل** لماذا لا يزال الكيمائيون يستخدمون مصطلحات المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية حتى يومنا هذا.



■ **الشكل 25** انتشرت الإلكترونات الرابطة للبنزين بشكل متساو في شكل دائرة ثنائية حول الحلقة بدلًا من البقاء بالقرب من الذرات الفردية.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

عطرية

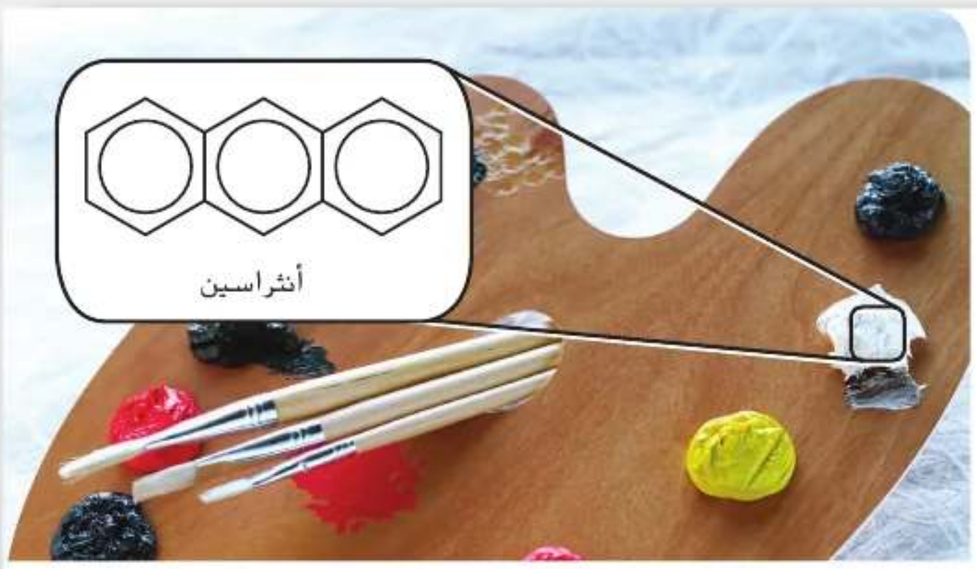
الاستخدام العلمي: مركب عضوي مع زيادة الاستقرار الكيميائي بسبب عدم تموضع الإلكترونات البنزين مركب أروماتي.

الاستخدام العام: وجود رائحة قوية أو رائحة كريهة كان العطر فواحًا جدًا.

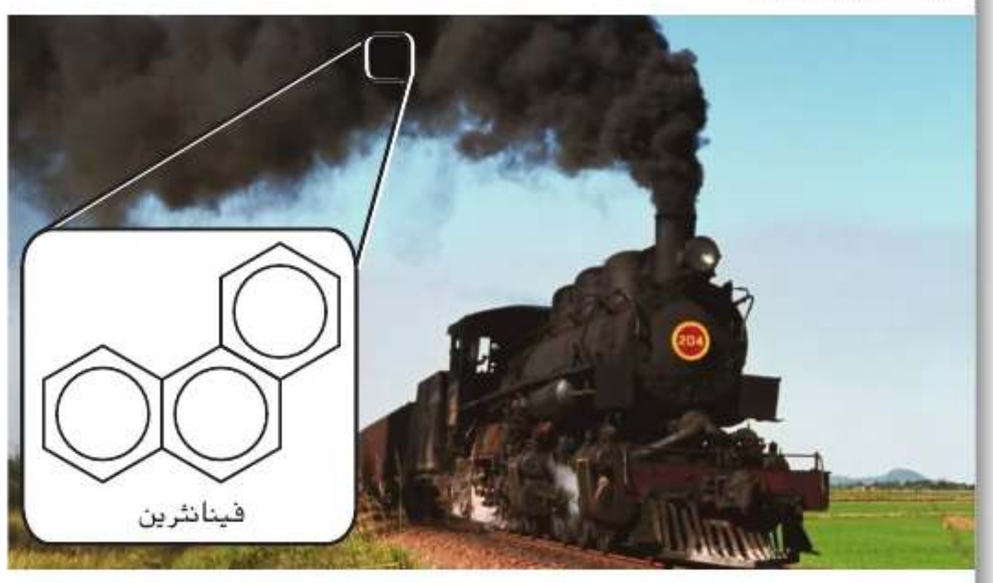
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



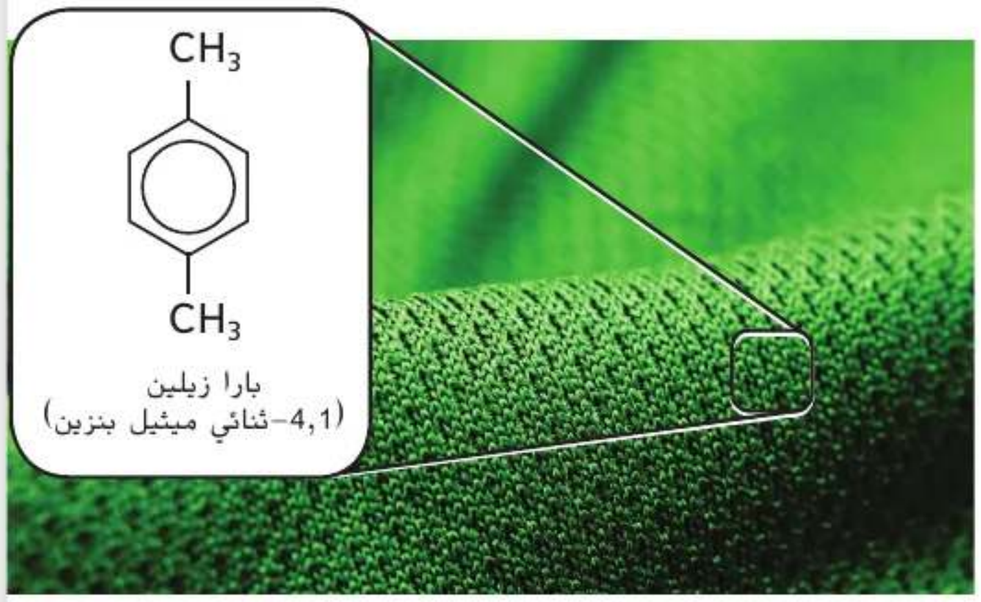
يستخدم النفثالين لإعداد الأصباغ وكطارد للعثة.



يستخدم الأنثراسين لإنتاج الأصباغ والمواد الملونة.



يوجد الفينانثرين في الغلاف الجوي بسبب الاحتراق غير الكامل للمواد الهيدروكربونية.



يستخدم الزيلين لصنع ألياف البوليستر والأنسجة.

■**الشكل 26** وُجدت الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للمواد الهيدروكربونية وتستخدم لتقديم مجموعة متنوعة من المنتجات.

يعرض **الشكل 26** تركيب بعض المركبات الأروماتية. لاحظ أن النفثالين يحتوي على تركيب يبدو مثل حلقتين من البنزين مرتبين جنبًا إلى جنب. النفثالين هو مثال على نظام حلقي مندمج، حيث يحتوي المركب العضوي فيه على تركيبين أو أكثر من التراكيب الحلقية بجانب مشترك. كما هو الحال في البنزين، تتشارك الإلكترونات في ذرات الكربون التي تشكل الأنظمة الحلقية.

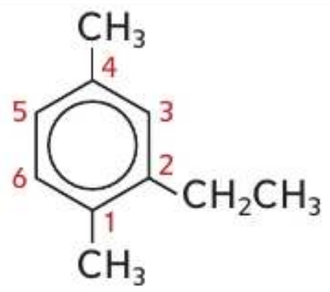
تسمية المركبات الأروماتية مثل الهيدروكربونات الأخرى، يمكن أن تحتوى المركبات الأروماتية على مجموعات مختلفة ملتصقة بذرات الكربون الخاصة بها. على سبيل المثال، يتكون ميثيل البنزين، المعروف أيضًا باسم التولوين، من مجموعة الميثيل المرتبطة بحلقة البنزين عوضًا عن ذرة هيدروجين. كلما رأيت مجموعة بديلة مرتبطة بحلقة البنزين، تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

يتم تسمية مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بنفس الطريقة التي تسمى بها الألكانات الحلقية. على سبيل المثال، يحتوي إيثيل البنزين على مجموعة من إيثيل مرتبطة بحلقة البنزين، . و 4،1-زيلين، المعروف أيضًا باسم بارا١ زيلين، يحتوى أيضًا على مجموعتين من الميثيل الملتصقة في الموقعين 1 و 4.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

فقط كما هو الحال مع الألكان الحلقي المستبدل، يتم ترقيم حلقات البنزين المستبدل بطريقة تعطي أقل أرقام محتملة للمجموعات البديلة، كما هو مبين في **الشكل 27**. فترقيم الحلقة كما هو مبين يعطي أرقام 1 و 2 و 4 للمواقع المستبدلة. لأن الإيثيل يتقدم الميثيل في الحروف الأبجدية، فتم كتابته في بداية الاسم:
2-إيثيل- 4.1-ثنائي ميثيل بنزين



2-إيثيل- 4.1-ثنائي ميثيل بنزين

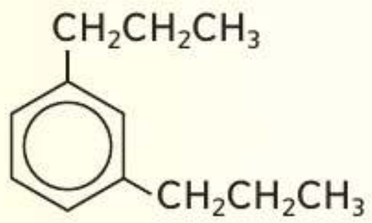
■ **الشكل 27** تتم تسمية حلقات البنزين المستبدلة بنفس الطريقة التي تم تسمية الألكانات الحلقية بها.

☑ **التأكد من فهم النص اشرح** ماذا يعني وجود دائرة داخل هيكل حلقة سداسية في **الشكل 27**.

مثال 4

تسمية المركبات الأروماتية

قم بتسمية المركب الأروماتي المبين.

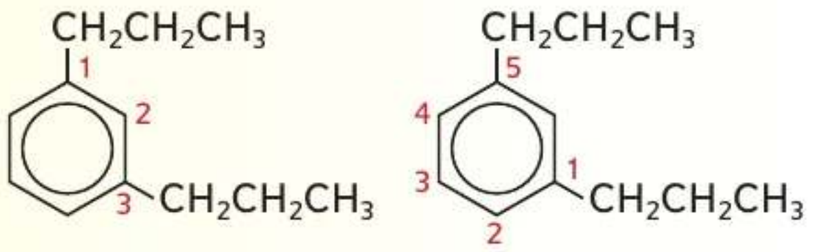


1 تحليل المسألة

يتم إعطائك مركب أروماتي. اتبع قواعد تسمية المركبات الأروماتية.

2 حساب المجهول

خطوة 1. قم بعد ذرات الكربون لإعطاء أصغر عدد ممكن.



كما ترون، فإن الرقمين 1 و 3 هما أقل من الرقمين 1 و 5.
وبالتالي فإن الأرقام المستخدمة لتسمية الهيدروكربونات يجب أن تكون 1 و 3.

خطوة 2. حدد اسم المجموعات البديلة. إذا ظهر نفس المجموعة أكثر من مرة، أضف البادئة لإظهار عدد من المجموعات الحالية.

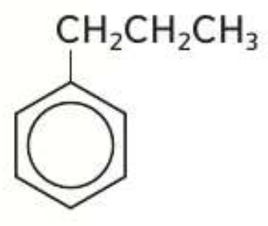
خطوة 3. ضع الاسماء معًا. رتب أسماء المجموعة البديلة أبجديًا واستخدم الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم كما يلي3.1 – ثنائي بروبيل بنزين.

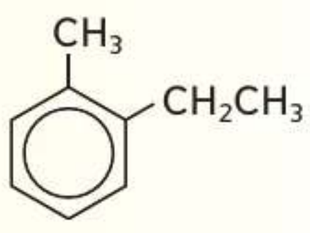
3 تقييم الإجابة

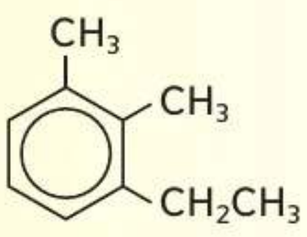
تم ترقيم حلقة البنزين لإعطاء الفروع أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام. وتم تحديد أسماء المجموعات المستبدلة بشكل صحيح.

تطبيقات

31. حدد اسم المركبات التالية:

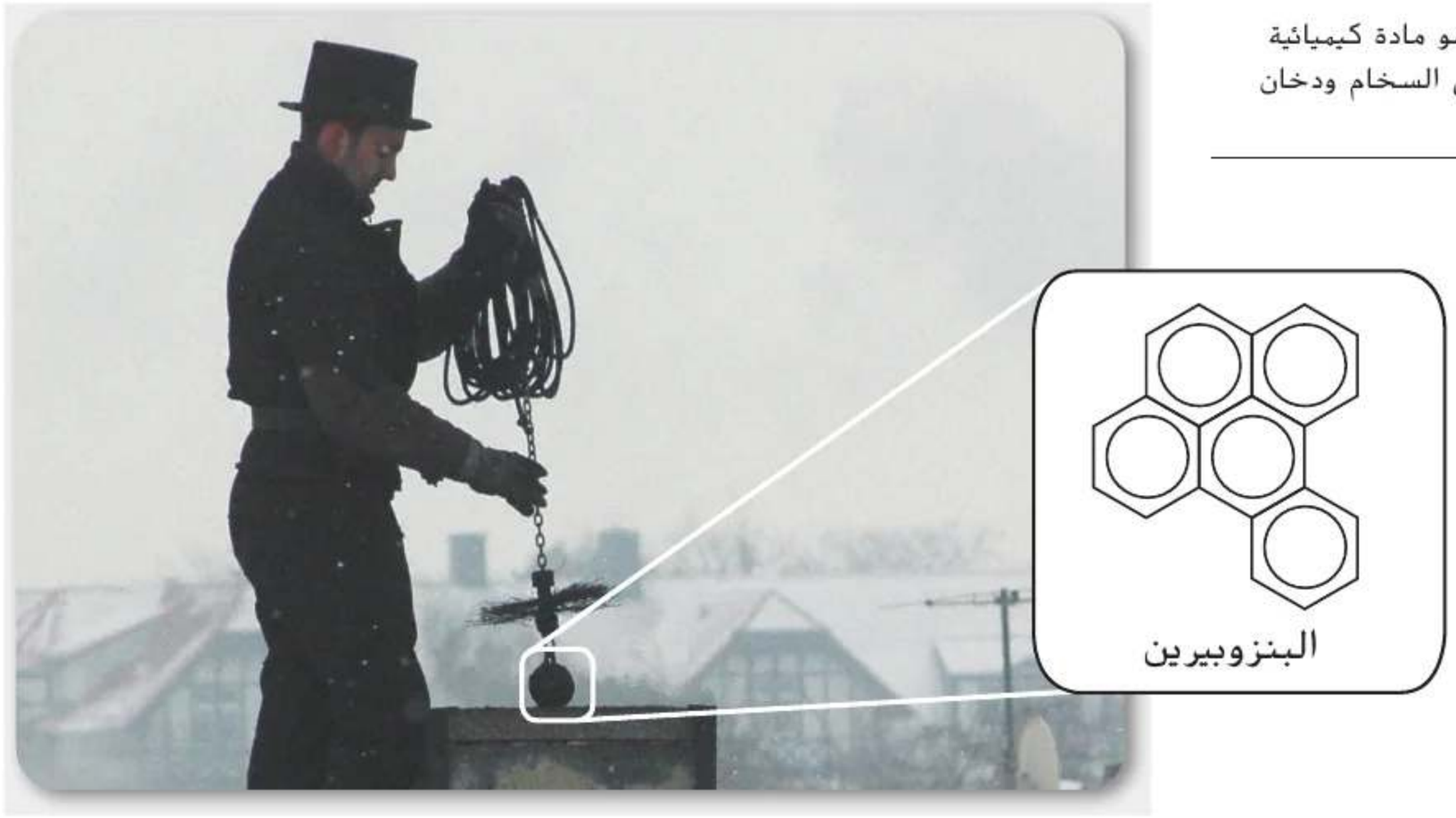
a.


b.


c.


32. التحدي ارسم الصيغة البنائية 4.1 – ثنائي ميثيل بنزين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



الشكل 28 البنزوبيرين هو مادة كيميائية تسبب السرطان توجد في السخام ودخان السجائر وعادم السيارة.

المواد المسرطنة استُخدمت العديد من المركبات الأروماتية لا سيما البنزين والتولوين والزايلين مرة واحدة عادة باسم المذيبات الصناعية والمخبرية. ومع ذلك، فقد أظهرت الاختبارات أن استخدام هذه المركبات يجب أن تكون محدودة لأنها يمكن أن تؤثر على صحة الأشخاص الذين يتعرضون لها بانتظام. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة بالمركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي ومشاكل الكبد وتلف الجهاز العصبي. وبعيدًا عن هذه المخاطر، فإن بعض المركبات الأروماتية هي مواد مسرطنة وهي عبارة عن مواد يمكن أن تسبب الإصابة بالسرطان.

كانت أول مادة مسرطنة معروفة مادة أروماتية اكتُشفت حوالي مطلع القرن العشرين في مدخنة السخام. كان من المعروف أن منظفي المداخن في بريطانيا العظمى يعانون من معدلات مرتفعة من مرض السرطان بشكل غير طبيعي. واكتشف العلماء أن السبب وراء الإصابة بمرض السرطان يعزى إلى البنزوبيرين والمركبات الأروماتية، كما هو مبين في **الشكل 28**. وهذا المركب هو منتج ثانوي من حرق خليط معقد من المواد العضوية مثل الخشب والفحم. ومن المعروف أن بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين أيضًا هي مركبات مسببة للسرطان.

المطويات®

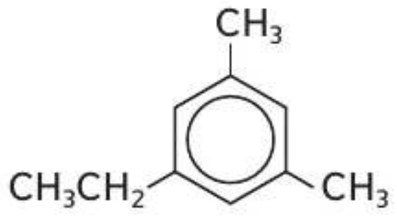
أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

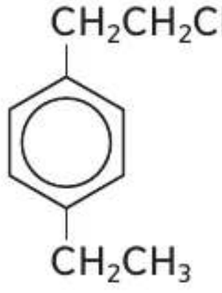
القسم 5 مراجعة

ملخص القسم

- تحتوي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية على حلقات البنزين كجزء من تركيبها البنائي.
- تتوزع الإلكترونات في المركبات الهيدروكربونية الأروماتية بالتساوي على حلقة البنزين بأكملها.

33. **الفكرة الرئيسة** **اشرح** الشكل البنائي البنزين وكيف أنه يجعل الجزيء مستقرًا على نحو غير عادي.
34. **فسّر** كيف تختلف المركبات الهيدروكربونية الأروماتية عن المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية.
35. **صِف** خصائص البنزين التي جعلت الكيميائيين يعتقدون أنه ليس ألكين بعدة روابط ثنائية.
36. **قم بتسمية** المركبات التالية:

a. 

b. 

37. **اشرح** لماذا كانت العلاقة بين البنزوبيرين والسرطان علاقة هامة.

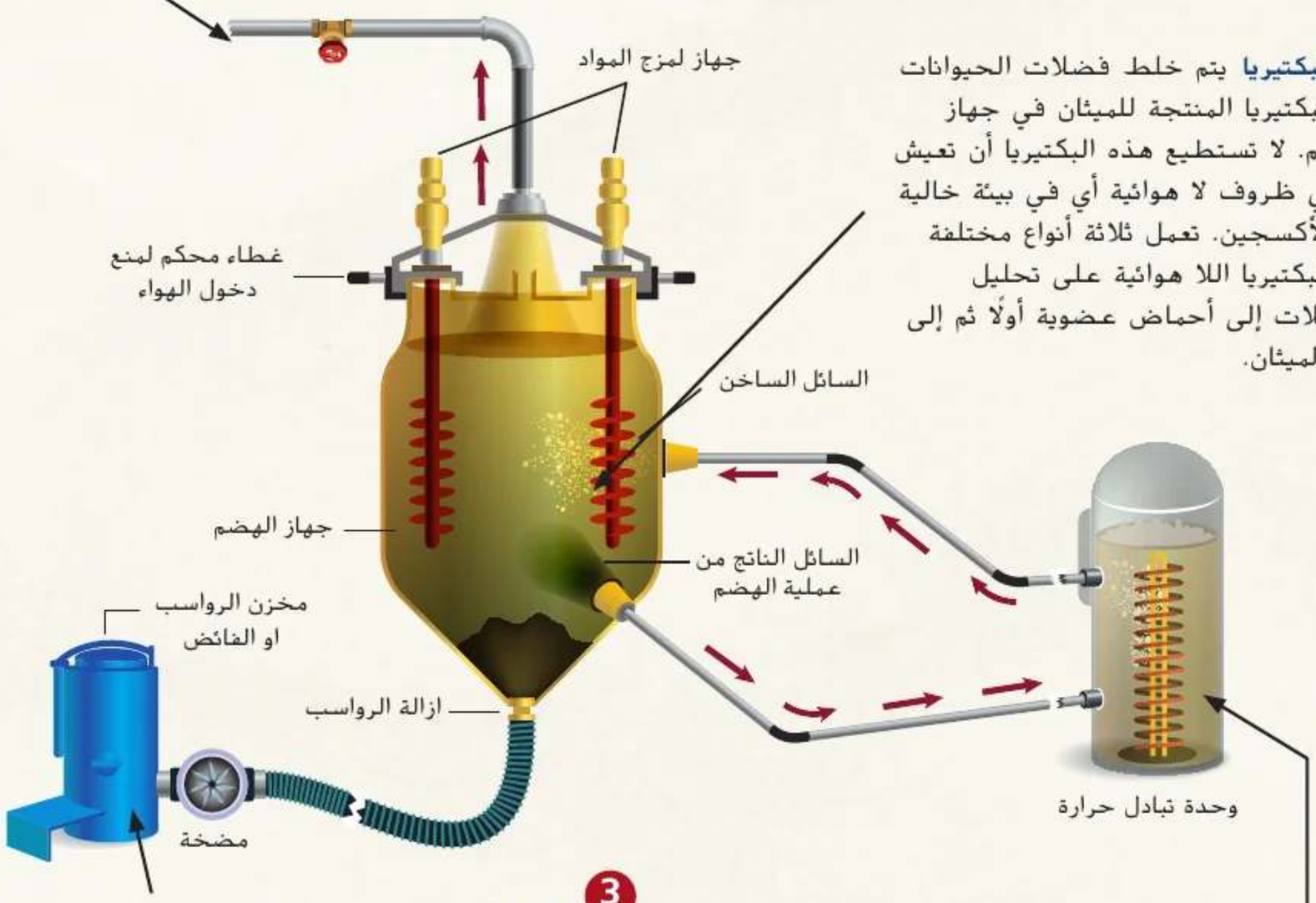
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

كيف تعمل؟

من مخلفات الحيوانات إلى طاقة: كيف يعمل جهاز هضم الميثان

يأمل المسؤولون في سان فرانسيسكو في أن يساهم أصحاب الحيوانات الأليفة في المدينة بفضلات حيواناتهم في مشروع تجريبي سيحوّل المواد العضوية إلى طاقة قابلة للاستخدام. يعمل جهاز هضم الميثان على تحويل فضلات الحيوانات إلى غاز بيولوجي، وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون. يؤدي حرق الميثان إلى توفير الطاقة للمدينة.

4 الغاز يتم جمع غاز الميثان وضغطه ويستخدم على الفور أو يتم تخزينه. يمكن استخدام الميثان لتدفئة المنازل أو توليد الكهرباء.



1 البكتيريا يتم خلط فضلات الحيوانات مع البكتيريا المنتجة للميثان في جهاز الهضم. لا تستطيع هذه البكتيريا أن تعيش إلا في ظروف لا هوائية أي في بيئة خالية من الأكسجين. تعمل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا اللا هوائية على تحليل الفضلات إلى أحماض عضوية أولًا ثم إلى غاز الميثان.

2 درجة الحرارة كما هو الحال مع التفاعل الكيميائي، تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان. على غرار البكتيريا الموجودة في أجسامنا، تحقق البكتيريا الموجودة في جهاز الهضم أقصى فعالية بين درجتي حرارة 35°C و37°C. وتساعد الوحدة الخارجية لتبادل الحرارة إلى جانب العزل حول غرفة جهاز الهضم في الحفاظ على ثبات درجة الحرارة وإبقائها ضمن النطاق الأمثل.

3 الرواسب لا تستطيع البكتيريا تحويل 100% من فضلات الحيوانات إلى الميثان. وتكون المادة المتبقية غير القابلة للهضم، تسمى الرواسب أو الفائض، غنية بالمواد الغذائية النباتية ويمكن استخدامها كسماد للتربة.

الكتابة في ◀ الكيمياء

قارن قم بإجراء بحث وأنشئ كتيبًا يقارن بين مزايا إنتاج الغاز الحيوي والطرق الأخرى التي تتبعها االمؤسسات الزراعية للتخلص من فضلات الحيوانات، مثل مصانع الألبان واللحم البقري ومنتجي الدواجن.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

مختبر الكيمياء

الأدلة الجنائية: تحليل الغازات الهيدروكربونية المستخدمة في موقد بنزن.



الخلفيّة: **يوجد صمام بحاجة للاستبدال في مختبر الكيمياء، ويفيد اختصاصي المختبر بأن الغاز المستخدم في داخل المختبر هو البروبان، أما مدرس الكيمياء فيقول بأن الغاز المستخدم هو الغاز الطبيعي (الميثان). استخدام الطرق العلمية لحل هذا النزاع.**

السؤال: ما نوع غاز الألكان المستخدم في مختبر الكيمياء؟

المواد

بارومیتر
ثیرمومیتر
قارورة مشروب غازي بلاستيكية سعة 1L أو 2L
أنابيب مطاطية
حوض هوائي
مخبار مدرج 100 mL
ميزان حساس
مناشف ورقية

احتياطات السلامة

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قم بوصل الأنبوب المطاطي من مصدر الغاز الى الحوض الهوائي، ثم املأ الحوض بماء الصنبور، وافتح صمام الغاز قليلًا لتتيح دخول كمية صغيرة من الغاز إلى الحوض لطرد الهواء خارج الأنبوب.
3. قم بقياس كتلة القارورة البلاستيكية الجافة وغطائها، ثم سجّل الكتلة، الضغط الجوي ودرجة حرارة الهواء.
4. املأ القارورة بماء الصنبور حتى تفيض للخارج، ثم أغلقها بالغطاء. في حال بقاء بعض فقاعات الهواء بداخل القارورة، انقر على القارورة بلطف على سطح مكتبك حتى يصعد كل الهواء بداخل الماء على السطح، ثم أضف المزيد من الماء، وأغلق القارورة مجددًا.
5. ضعّ الثيرموميتر في الحوض، ثم اقلب قارورة الماء المُغطاة في داخل الحوض الهوائي، وإنزع غطاء القارورة بينما تظل فوهتها تحت سطح الماء. أبق فوهة القارورة فوق فتحة الغاز للحوض مباشرة.
6. افتح صمام الغاز ببطء للسماح بدخول بعض الغاز إلى داخل القارورة المقلوبة حتى تُستبدل كل الماء بداخلها، ثم أغلق الصمام فورًا. سجّل درجة حرارة الماء.
7. بينما لا تزال القارورة مقلوبة، قم بإغلاقها بالغطاء، ثم ارفع القارورة من الماء، وجفف سطحها الخارجي.
8. قم بقياس وتسجيل كتلة القارورة التي تحتوي على غاز الموقد.
9. ضع القارورة داخل خزانة الغازات، ثم شغّل المروحة وانزع غطاء القارورة. قم بضغط القارورة عدة مرات لطرد الغاز من داخلها، ثم أعد ملء القارورة بالماء حتى تفيض، وحدّد حجم القارورة من خلال سكب الماء داخل المخبار المدرج المدرجة. سجّل حجم القارورة.
10. **التنظيف والتخلص من النفايات** نظّف مكان عملك وفقًا للتوجيهات.

التحليل والاستنتاج

1. **أوجد** كثافة الهواء تحت ضغط 1 atm وعند درجة حرارة 20°C هي 1.205 g/L. استخدم حجم القارورة لحساب كتلة الهواء داخل القارورة. استخدم قوانين الغاز لحساب كثافة الهواء عند درجة حرارة وضغط المختبر الذي تعمل به.
2. **احسّب** كتلة القارورة الفارغة. احسّب كتلة الغاز المُجمعة. استخدم حجم الغاز، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي مع قانون الغاز المثالي لحساب عدد مولات الغاز المُجمعة. استخدم كتلة الغاز، وعدد المولات لحساب الكتلة المولية للغاز.
3. **استنتج** كيف يمكن مقارنة الكتلة المولية التجريبية التي استنتجتها مع الكتل المولية لكل من غاز الميثان، والإيثان، والبروبان؟ استدلّ أي من الغازات يوجد في موقد مختبر الكيمياء.
4. **حلّل الخطأ** اقترحْ مصادر الخطأ الممكنة في تلك التجربة.

التوسع في الاستقصاء

صمّم تجربة لقياس كيفية تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة، أو الضغط الجوي على نتيجة تجربتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الوحدة 3 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة

تختلف المركبات العضوية التي يطلق عليها اسم هيدروكربونات بإختلاف أنواع الروابط بها

القسم 1 مقدمة حول الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات هي المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون الذي يوفر مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

- المركبات العضوية تحتوي على عنصر الكربون، وهو قادر على تشكيل سلاسل مستقيمة وسلاسل متفرعة.
- المركبات الهيدروكربونية هي مواد عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين.
- المصادر الرئيسة للمواد الهيدروكربونية هي النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مركبات عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

المفردات
- المركب العضوي
- هيدروكربون
- هيدروكربون مشبع
- هيدروكربون غير مشبع
- التقطير التجزيئي
- التكسير

القسم 2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط.

- الألكانات تحتوي على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى عن طريق الصيغ البنائية ويمكن تسميتها باستخدام القواعد المنهجية التي يحددها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمى الألكانات التي تحتوي على هيدروكربون حلقي بالألكانات الحلقية.

المفردات
- ألكان
- السلسلة المتجانسة
- السلسلة الأم
- المجموعة البديلة
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

القسم 3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة الألكينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية على الأقل، والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

- الألكينات والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل، على التوالي.
- الألكينات والألكاينات هي مركبات غير قطبية ذات قدرة تفاعلية أكبر من الألكانات ولكن لها خصائص أخرى مماثلة لخصائص الألكانات.

المفردات
- الألكين
- الألكاين

القسم 4 أيزومرات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة بعض الهيدروكربونات لديها نفس الصيغة الجزيئية ولكن لديها صيغ بنائية مختلفة.

- الأيزومرات هي اثنين أو أكثر من المركبات التي لها نفس الصيغة الجزيئية ولكن ذات صيغ بنائية مختلفة.
- الأيزومرات البنائية تختلف في ترتيب ترابط الذرات مع بعضها البعض.
- الأيزومرات الفراغية كلها ذات ذرات مرتبطة بنفس الترتيب ولكنها ذات ترتيب مختلف في الفراغ.

المفردات
- الأيزومر
- أيزومر بنائي
- أيزومر فراغي
- أيزومر هندسي
- عدم التناظر المرأتي
- الكربون غير المتماثل
- الأيزومر الضوئي
- الدوران الضوئي

القسم 5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات الأروماتية هي مركبات مستقرة بشكل غير عادي ذات بنية حلقية تتشارك فيها الإلكترونات بواسطة العديد من الذرات.

- الهيدروكربونات الأروماتية تحتوي على حلقات البنزين كجزء من صيغتها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية بالتساوي في حلقة البنزين بأكملها.

المفردات
- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الوحدة 3 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

38. **الكيمياء العضوية** لماذا أدى اكتشاف فولر إلى تطوير مجال الكيمياء العضوية؟
39. ما السمة الرئيسة للمركب العضوي؟
40. ما خصائص ذرة الكربون التي تجعلها قادرة على تكوين مركبات عضوية كثيرة ومتنوعة؟
41. اذكر مصدرين من المصادر الطبيعية للمواد الهيدروكربونية.
42. ما الخاصية الفيزيائية للمركبات البترولية المستخدمة للفصل بينها خلال التقطير التجزيئي؟
43. وضح الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة والهيدروكربونات غير المشبعة.

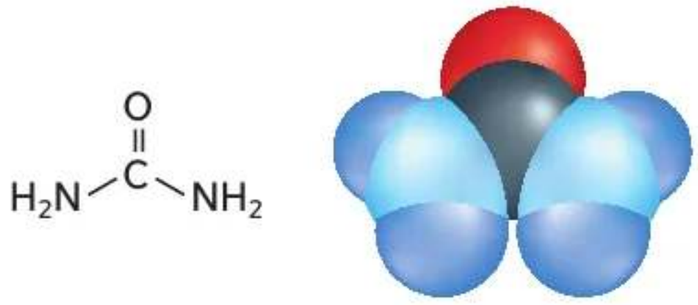
إتقان حل المسائل

44. **التقطير** رتّب المركبات المذكورة في **الجدول 7** حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من خليط. يبدأ الترتيب من المركب الأول بالفصل إلى المركب الأخير.

الجدول 7 درجات غليان الألكان

المركب	درجة الغليان (C°)
هكسان	68.7
ميثان	-161.7
أوكتان	125.7
بيوتان	-0.5
بروبان	-42.1

45. كم عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون–الكربون التالية؟
a. رابطة أحادية
b. رابطة ثنائية
c. رابطة ثلاثية



■ الشكل 29

46. **الشكل 29** يظهر نموذجين لجزيء اليوريا، وهو الجزيء الذي قام فريدريك فولر بتصنيعه لأول مرة في عام 1828.
a. حدّد أنواع النماذج المبينة.
b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسّر إجابتك.
47. يتم إعداد نماذج للجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية والصيغ البنائية، ونماذج الكرة والعصا، ونماذج ملء الفراغ. ما مزايا وعيوب كل نموذج؟

القسم 2

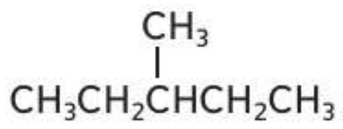
إتقان المفاهيم

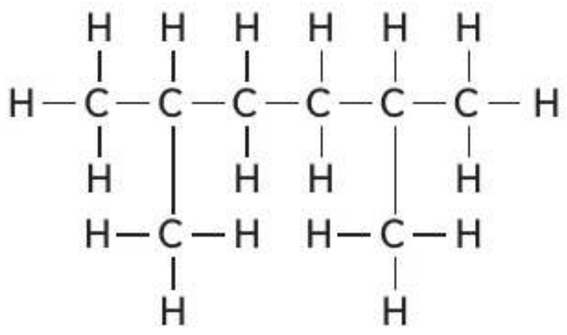
48. صف خصائص السلاسل المتجانسة للمركبات الهيدروكربونية.
49. **الوقود** اذكر اسم ثلاثة ألكانات تستخدم كوقود وصف استخدام إضافي لكل منها.
50. ارسم الصيغة البنائية لكل مما يلي:
a. الإيثان
b. الهكسان
c. البروبان
d. الهبتان
51. اكتب الصيغ البنائية الموجزة للألكانات في السؤال السابق.
52. اكتب الاسم وارسم الصيغة البنائية لمجموعة الألكيل التي تتوافق مع كل من الألكانات التالية:
a. الميثان
b. البيوتان
c. الأوكتان
53. كيف يمكن للصيغة البنائية للألكان الحلقي أن تختلف عن ألكان ذو سلسلة مستقيمة وألكان ذو سلسلة متفرعة؟
54. **درجات التجمد والغليان** استخدم الماء والميثان لشرح كيف أن التجاذب بين الجزيئات يؤثر عمومًا على درجة الغليان ودرجة التجمد للمادة.

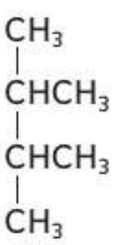
إتقان حل المسائل

55. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

a. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

b.


c.


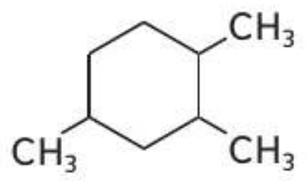
d.


56. ارسم الصيغة البنائية الكاملة للمركبات الآتية:
a. الهبتان
b. 2–ميثيل هكسان
c. 3,2–ثنائي ميثيل بنتان
d. 2,2–ثنائي ميثيل بروبان
57. ارسم الصيغة البنائية المختصرة للمركبات الآتية.
a. 2.1–ثنائي ميثيل بروبان حلقي
b. 1.1–ثنائي إيثيل–2–ميثيل بنتان حلقي

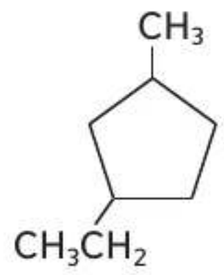
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

58. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

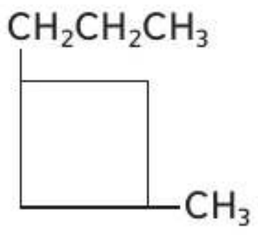
a.



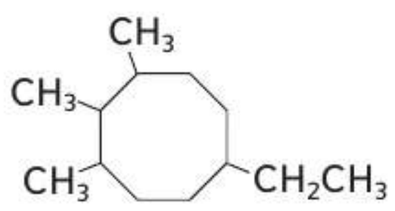
b.



c.



d.



القسم 3

إتقان المفاهيم

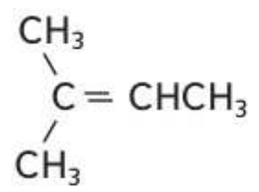
59. اشرح أوجه اختلاف الألكينات عن الألكانات. ما أوجه اختلاف الألكاينات عن كل من الألكينات والألكانات؟

60. يعتمد اسم الهيدروكربون على اسم السلسلة الأم. وضح كيف أن تحديد السلسلة الأم عند تسمية الألكينات يختلف عن نفس التحديد عند تسمية الألكانات.

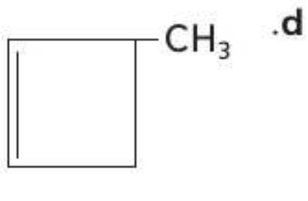
إتقان حل المسائل

61. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية المختصرة التالية:

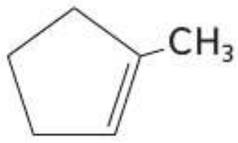
a.



b.



c.



d.

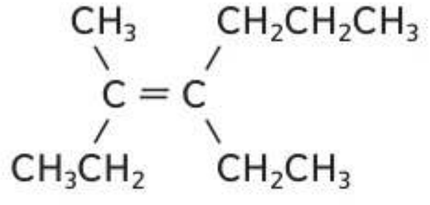
62. ارسم الصيغة البنائية المختصرة للمركبات الآتية.

a. 4.1-ثنائي إيثيل هكسان حلقي

b. 4.2-ثنائي ميثيل-1-أوكتين

c. 2.2-ثنائي ميثيل-3-هكساين

63. اذكر اسم المركب الذي تمثله الصيغة البنائية المختصرة التالية:



القسم 4

إتقان المفاهيم

64. ما أوجه التشابه بين اثنين من الأيزومرين، وما أوجه الاختلاف؟

65. صف الفرق بين أيزومرات مع (cis) و ضد (trans) – وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

66. ما خصائص المادة العديمة التماثل المرأتي؟

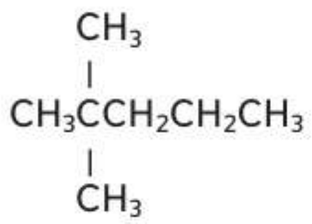
67. **الضوء** ما أوجه الاختلاف بين الضوء المستقطب والضوء العادي، مثل ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر الأيزومرات الضوئية على الضوء المستقطب؟

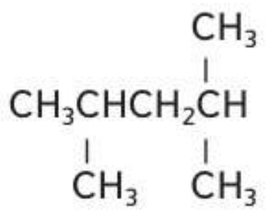
إتقان حل المسائل

69. حدد زوج الايزومرات من الصيغ البنائية المختصرة الواردة في المجموعة التالية:

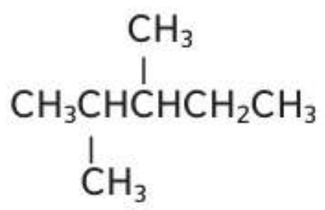
a.



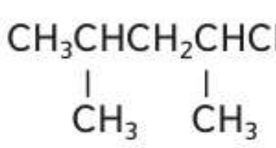
b.



c.

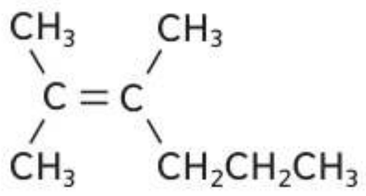


d.

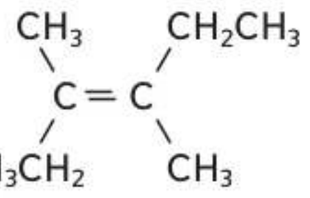


70. حدد زوج الايزومرات الهندسية من بين مجموعة الصيغ البنائية التالية. اشرح اختياراتك. اشرح كيفية ارتباط الصيغة البنائية الثالثة مع الصيغتين الأخرتين.

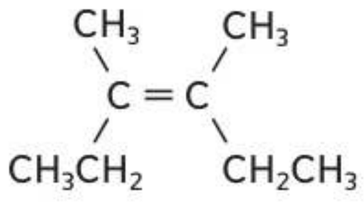
a.



b.



c.



71. ارسم الصيغ البنائية المختصرة لأربعة أيزومرات بنائية مختلفة للصيغة الجزيئية C_4H_8.

72. ارسم وسمّي الأيزومرات الهندسية للجزيء الممثل في الصيغة المختصرة التالية.

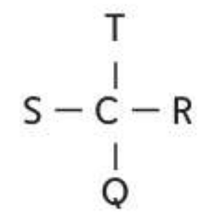
$$CH_3CH=CHCH_2CH_3$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

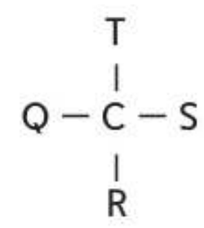
التقويم

73. ثلاثة من الهياكل البنائية التالية متماثلة تمامًا، ولكن الهيكل البنائي الرابع يمثل أيزومر ضوئي للثلاث الأخرى. حدّد الأيزومر الضوئي. وفسر السبب في اختيارك.

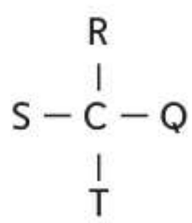
.a



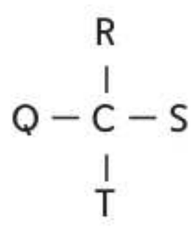
.b



.c



.d



القسم 5

إتقان المفاهيم

74. ما الخصائص البنائية المشتركة بين جميع الهيدروكربونات الأروماتية؟

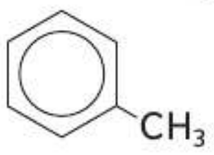
75. ما المواد المسببة للسرطان؟

إتقان حل المسائل

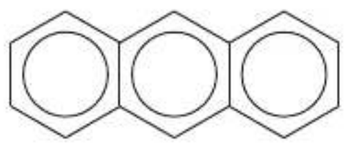
76. ارسم الصيغة البنائية لمركب 2.1-ثنائي ميثيل بنزين.

77. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

.a



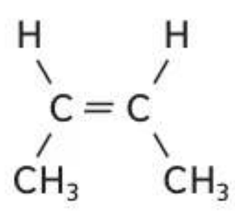
.b



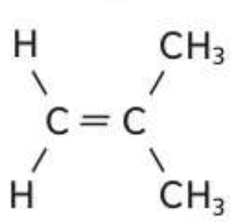
مراجعة عامة

78. هل الصيغ البنائية التالية تمثل نفس الجزيء؟ فسّر إجابتك.

.a



.b



79. كم عدد ذرات الهيدروجين الموجودة في جزيء الألكان الذي له تسع ذرات كربون؟ كم العدد في الألكين الذي له تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

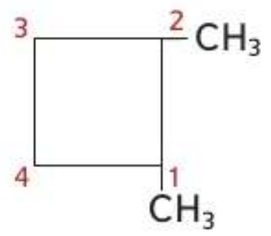
80. الصيغة العامة للألكانات هي $C\ _nH\ _{2n\ +\ 2}$. حدّد الصيغة العامة للألكان الحلقي.

81. **التصنيع** لماذا تعتبر المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة أكثر فائدة من المركبات الهيدروكربونية المشبعة كمواد أولية في الصناعات الكيميائية؟

82. هل البنتان الحلقي أيزومر للبنتان؟ فسّر إجابتك.

83. حدّد ما إذا كانت كل من الصيغ البنائية التالية تظهر الترقيم الصحيح. إذا كان الترقيم غير صحيح، فقم بإعادة رسم الصيغة البنائية بالترقيم الصحيح.

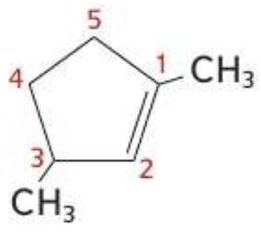
.a



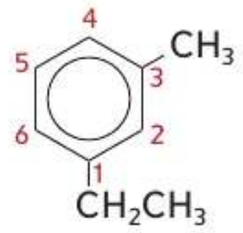
.b

$$\overset{1}{CH_3}\overset{2}{CH_2}\overset{3}{C}\equiv\ \overset{4}{C}\overset{5}{CH_3}$$

.c



.d



84. لماذا يستخدم علماء الكيمياء الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلًا من الصيغ الجزيئية. مثل $C\ _5H\ _{12}$؟

85. أي مما يلي نتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متماثلة أكثر، زوج من الأيزومرات البنائية أم زوج من الأيزومرات الفراغية؟ علّل إجابتك.

86. فسر سبب الحاجة لترقيم الالكينات والكاينات غير المتفرعة عند تسميتها بحسب IUPAC، بينما لا حاجة لذلك عند تسمية الألكانات غير المتفرغة.

87. المركب الذي يحتوي على رابطتين ثنائيتين ينتهي اسمه بالمقطع دايين. اسم الهيكل البنائي المبين هو 4.1-بنتادايين. استخدم معرفتك بقواعد التسمية IUPAC لرسم بنية 3.1-بنتادايين.

$$H_2C=\ CH-CH_2-CH=\ CH_2$$

التفكير الناقد

88. **حدّد** أي من الاسمين التاليين لا يمكن أن يكون صحيحًا، وارسم صيغته البنائية.

a. 2-إيثيل-2-بيوتين **c.** 5.1-ثنائي إيثيل بنزين

b. 4.1-ثنائي ميثيل هكسان حلقي

89. **استدلّ** يطلق على سكر الجلوكوز في بعض الأحيان دكتروز (dextrose) (سكر العنب). كما يعرف محلول الجلوكوز dextrorotatory. حلل المصطلح "dextrorotatory". واقترح معنى للمصطلح.

90. **فسّر الرسوم العلمية** ارسم بنية كيكولي للبنزين، وفسر السبب في أنها لا تمثل البنية الفعلية.

91. **تعرّف على السبب والنتيجة** فسر السبب في أن الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحوم، في حين أن الماء ليس كذلك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

92. **فسِّر** استخدم **الجدول 8** لكتابة جملة توضح خلالها العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجات الغليان للألكانات المبينة.

93. **ارسم رسمًا بياني** للمعلومات الواردة في **الجدول 8**. تنبأ بدرجة الغليان ودرجة الانصهار للكانات التي تحتوي على 11 و 12 ذرة كربون. ابحث عن القيم الفعلية وقارن بين توقعاتك وهذه الأرقام.

الجدول 8 بيانات عن الألكانات المختارة

الاسم	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (C°)
CH_4	-182	-162
C_2H_6	-183	-89
C_3H_8	-188	-42
C_4H_{10}	-138	-0.5
C_5H_{12}	-130	36
C_6H_{14}	-95	69
C_7H_{16}	-91	98
C_8H_{18}	-57	126
C_9H_{20}	-54	151
$C_{10}H_{22}$	-29	174

تحدي

94. **كربون غير متماثل** العديد من المركبات العضوية لها أكثر من ذرة كربون غير متماثلة. لكل ذرة كربون غير متماثلة في مركب، قد يوجد زوج من الأيزومرات الفراغية. إجمالي عدد الأيزومرات للمركب يساوي 2^n، حيث أن n هو عدد ذرات الكربون غير المتماثلة. ارسم البنية البنائية، وحدّد عدد الأيزومرات الفراغية الممكنة لكل مركب مذكور أدناه.
   a. 5.3-ثنائي ميثيل النونان
   b. 7.3-ثنائي ميثيل-5-إيثيل ديكان

مراجعة تراكمية

95. ما العنصر الذي لديه تركيب إلكتروني في حالة الاستقرار التالي: $[Ar]4s^2 3d^6$؟

96. ما شحنة الأيونات التي تشكلت من المجموعات التالية؟
   a. الفلزات القلوية
   b. الفلزات القلوية الأرضية
   c. الهالوجينات

97. اكتب المعادلات الكيميائية للاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثاين لتنتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

الكتابة في الكيمياء

98. **الجازولين** كان عنصر مقاومة القرقعة الرئيسي في الجازولين هو مركب رباعي إيثيل الرصاص لسنوات عديدة. ابحث للتعرف على بنية هذا المركب، وتاريخ تطوره واستخدامه، ولماذا توقف استخدامه. ابحث عما إذا كان لا يزال يستخدم كمادة مضافة للجازولين في أماكن من العالم.

99. **العطور** المسك المستخدم في العطور يحتوي على العديد من المركبات الكيميائية، بما في ذلك ألكانات حلقية كبيرة. ابحث واكتب تقرير قصير عن المصادر المستخدمة لمركبات المسك الطبيعية والاصطناعية في هذه المنتجات الاستهلاكية.

أحم أسئلة حول مستند

المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات *PAH* توجد بشكل طبيعي، ولكن يمكن للأنشطة البشرية أن تزيد من تركيزها في البيئة. تم جمع عينات من التربة لدراسة المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات. تمّ تحديد متى ترسب كل مكون رئيس فيها، باستخدام النظائر المشعة لتحديد.

الشكل 30 يدل على تركيز المركبات الهيدروكرونية الأروماتية متعددة الحلقات (*PAH*) التي تمّ الكشف عنها في حديقة سنترال بارك في مدينة نيويورك.

تم الحصول على البيانات من: Yan, B. et al, 2005. *Environmental Science Technology* 39 (18), 7012–7019.



■ الشكل 30

100. قارن بين متوسط تركيزات مركبات الهيدروكربون الاروماتية متعددة الحلقات قبل 1905 وبعد 1925.

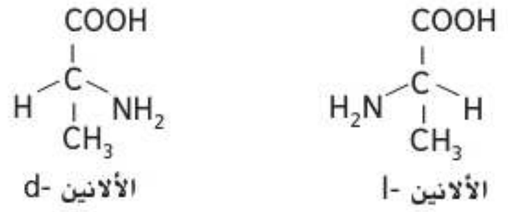
101. يتم إنتاج مركبات الهيدروكربون الاروماتية متعددة الحلقات بكميات صغيرة في بعض النباتات والحيوانات، ولكن معظمها يأتي من الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استدلّ عن السبب وراء كون المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات منخفضة نسبيًا في أواخر 1800 وبداية 1900.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تدريب تراكمي على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. الألانين، مثل معظم الأحماض الأمينية، يوجد في شكلين:



الألانين -l　　الألانين -d

تقريبًا كل الأحماض الأمينية الموجودة في الكائنات الحية هي في الشكل l. أي من المصطلحات التالية يصف بشكل أفضل كلًا من الألانين-l والألانين-d؟

A. أيزومرات بنائية
B. أيزومرات هندسية
C. أيزومرات ضوئية
D. أيزومرات فراغية

2. أي مما يلي لا يؤثر على سرعة التفاعل؟

A. الحفازات
B. مساحة أسطح المواد المتفاعلة
C. تركيز المواد المتفاعلة
D. النشاط الكيميائي للنواتج

3. ما المولالية لمحلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي كلورو بنزين ($C_6H_4Cl_2$) المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي (C_6H_{12})؟

A. 0.17 mol/kg　　**C.** 0.025 mol/kg
B. 0.014 mol/kg　　**D.** 0.00017 mol/kg

استخدم الجدول التالي للإجابة عن الأسئلة من *4* حتى *6*.

بيانات عن مركبات هيدروكربونية مختلفة

الاسم	عدد ذرات الكربون C	عدد ذرات الهيدروجين 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. بناء على المعلومات الواردة في الجدول، ما نوع الهيدروكربونات التي تصبح غاز عند أقل درجة حرارة؟

A. الألكان　　**C.** الألكاين
B. الألكين　　**D.** الأروماتية

5. إذا كانت *n* عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاينات التي لها رابطة ثلاثية واحدة؟

A. C_nH_{n+2}
B. C_nH_{2n+2}
C. C_nH_{2n}
D. C_nH_{2n-2}

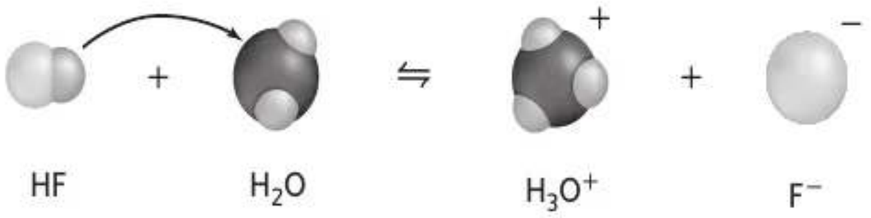
6. يمكن التوقع من الجدول أن النونان سيكون له درجة انصهار

A. أكبر من درجة انصهار الأوكتان.
B. أقل من درجة انصهار الهبتان.
C. أكبر من درجة انصهار الديكان.
D. أقل من درجة انصهار الهكسان.

7. تحت ضغط 1.00 atm وعند درجة حرارة 20°C، يمكن إذابة 1.72 g من CO_2 في 1L من الماء. ما مقدار CO_2 الذي يمكن إذابته إذا تم رفع الضغط إلى 1.35 atm دون تغيير درجة الحرارة؟

A. 2.32 g/L
B. 1.27 g/L
C. 0.785 g/L
D. 0.431 g/L

استخدم الرسم التخطيطي للإجابة عن السؤال *8*.



8. في التفاعل الأمامي، أي مادة حمض برونشتد–لوري؟

A. HF
B. H_2O
C. H_3O^+
D. F^-

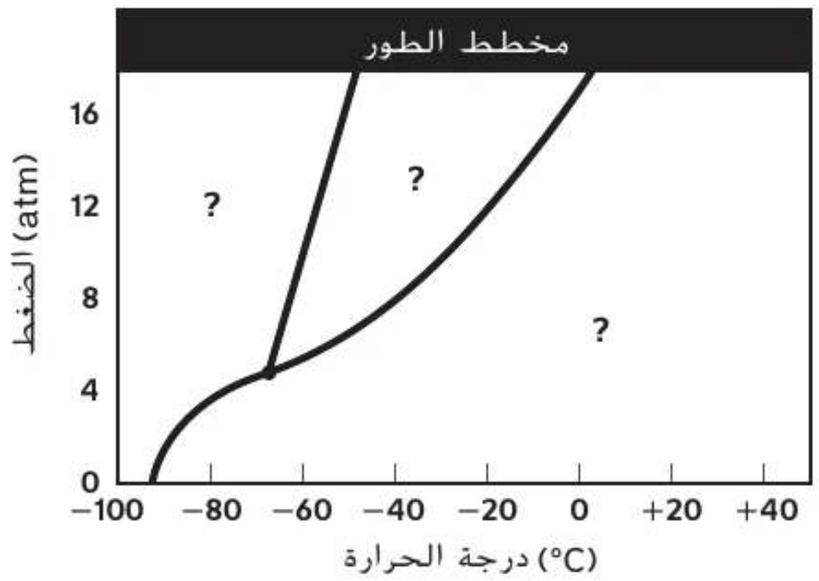
9. أي مما يلي لا يصف ما يحدث عند غليان السائل؟

A. درجة حرارة النظام ترتفع.
B. النظام يمتص الطاقة.
C. الضغط البخاري للسائل يساوي الضغط الجوي.
D. السائل يدخل مرحلة الغاز.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم الرسم التخطيطي أدناه للإجابة عن الأسئلة من *10* حتى *12*.



10. ما حالة المادة التي تقع في درجة حرارة −80°C وضغط 10 atm؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة في النقطة الثلاثية؟

12. صف التغيرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من 8 atm إلى 16 atm. في حين تكون درجة حرارة ثابتة عند 0°C.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

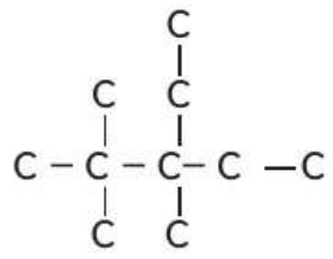
استخدم جدول البيانات التالي للإجابة عن السؤالين *13* و*14*.

بيانات تجريبية للتفاعل بين A و B		
التركيز الابتدائي(M) [A]	التركيز الابتدائي(M) [B]	السرعة الابتدائية (mol/L·s)
0.10*M*	0.10*M*	7.93
0.30*M*	0.10*M*	23.79
0.30*M*	0.20*M*	95.16

13. اوجد قيم m و n لقانون السرعة السرعة $= k[A]^m[B]^n$.

14. حدّد قيمة k في هذا التفاعل.

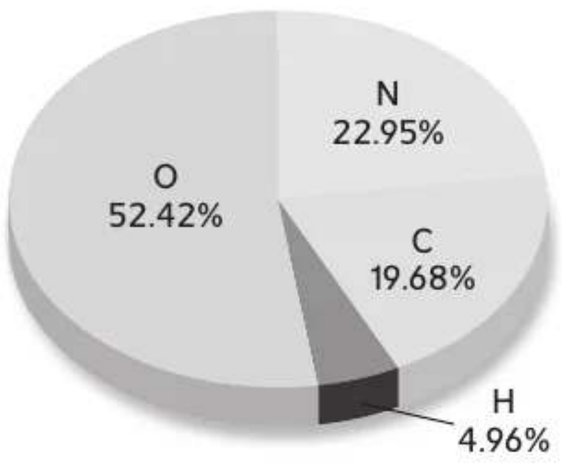
اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء



15. ما اسم المركب الذي تظهر صيغته البنائية في الأعلى؟

A. 3.2.2-ثلاثي ميثيل-3-إيثيل بنتان
B. 3-إيثيل-4.4.3-ثلاثي ميثيل بنتان
C. 2-بيوتيل2-إيثيل بيوتان
D. 3-إيثيل3.2.2-ثلاثي ميثيل بنتان
E. 2,2-ثنائي ميثيل, 3-ثنائي ميثيل, 3-ميثيل بروبان

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤالين *16* و*17*.



16. ما صيغة هذا المركب؟

A. $C_5H_{20}N_4O_2$
B. $C_8H_2N_9O_{11}$
C. $C_{1.6}H_5N_{1.6}O_{3.3}$
D. CH_3NO_2
E. $C_2H_5N_2O_5$

17. كم جرام من النيتروجين يوجد في 475 g من هذا المركب؟

A. 33.9 g
B. 52.8 g
C. 67.9 g
D. 109 g
E. 120.0 g

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4

مشتقات المركّبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها

الفكرة الرئيسة تنتج مركّبات كيميائية عضوية متنوعة عن استبدال ذرات الهيدروجين في المركّبات الهيدروكربونية بالمجموعات الوظيفية المختلفة.

الأقسام

1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

2 الكحولات والإيثرات والأمينات

3 مركبات الكربونيل

4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

5 البوليمرات

التجربة الاستهلالية

كيف تصنع الصلصال المرن؟

بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين، تحتوي معظم المواد العضوية على عناصر أخرى تكسبها خواص مميزة. وفي هذه التجربة، ستوضح كيف تغير المجموعات الوظيفية خواص المواد من خلال عمل روابط تشابكية بين السلاسل الكربونية.

مطويات® منظم الدراسة

مجموعات وظيفية

أنشئ مطوية على هيئة دفتر، ثم عنونها كما هو موضح في الشكل. واستخدمها في تنظيم معلوماتك حول المجموعات الوظيفية في المركّبات العضوية.

الكحول	○
الإيثر	
حمض أميني	
الدهيد	○
كيتون	
حمض الكربوكسيليك	
إستر	
أميد	○



تفرز يرقة عثة *Cerura vinula* حمض الفورميك عندما تتعرّض للتهديد. وحمض الفورميك عبارة عن مشتق هيدروكربوني، وهو نوع من المركبات يتكوَّن عند استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر في الهيدروكربون بذرات أخرى.

Substituted Hydrocarbons and Their Reactions, Chapter 22, from Glencoe Chemistry: Matter and Change © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



حمض الفورميك

Chapter Sourced from: 6. Substituted Hydrocarbons and Their Reactions, Chapter 22, Lesson 1-4, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

القسم 1

هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن أن تستبدل ذرة هيدروجين بذرة هالوجين في بعض المركّبات الهيدروكربونية.

الكيمياء في حياتك

قد يكون سبق لك وأن لعبت في فريق رياضي، أي اللاعبين تم استبداله خلال المباراة؟ على سبيل المثال، ينزل اللاعب المرتاح مكان اللاعب المتعب، وبعد التبديل تتغير معالم الفريق وأدائه.

الأسئلة الرئيسة

- ما المجموعات الوظيفية، وما هي بعض الأمثلة عنها؟
- كيف تقارن وتقابل الصيغ البنائية لكل من هاليد الألكيل والأريل ؟
- ما العوامل التي تؤثر في درجة الغليان في الهاليدات العضوية؟

مفردات للمراجعة

المركبات الأليفاتية aliphatic compound: هيدروكربون غير عطري، مثل الألكان أو الألكين أو الألكاين

مفردات جديدة

مجموعة وظيفية	functional group
هالوكربون	halocarbon
هاليد الألكيل	alkyl halide
هاليد الأريل	aryl halide
بلاستيك	plastic
تفاعل استبدال	substitution reaction
هلجنة	halogenation

مجموعات وظيفية

قرأت سابقا أن ذرات الكربون في مركّبات الهيدروكربونات ترتبط مع ذرات كربون أخرى أو مع ذرات الهيدروجين فقط. لكن يمكن لذرات الكربون أن تشكل روابط تساهمية قوية مع عناصر أخرى، كالأكسجين والنتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفوسفور.

وتتواجد ذرات هذه المركّبات في المواد العضوية كجزء من المجموعات الوظيفية. وتُعرف **المجموعة الوظيفية** بأنها ذرة أو مجموعة من الذرات تدخل في تركيب جزيء المركّب العضوي، وتتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافة مجموعة وظيفية إلى الصيغة البنائية (تركيب) للمركّب الهيدروكربوني تنتج مادة جديدة بخصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن خصائص المركّب الهيروكربوني الأصلي. وتحتوي كافة المواد -الطبيعية والصناعية- المبينة في **الشكل 1** على مجموعات وظيفية تكسبها خواص مميزة، كالرائحة مثلًا. ويبيّن **الجدول 1**. بعض المجموعات الوظيفية المهمة في المركّبات العضوية، وتمثل الرموز R و R′ سلاسل وحلقات الكربون المرتبطة معها. وكما يمثل الرمز * ذرة هيدروجين أو سلسلة كربون أو حلقة كربونية.

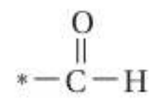
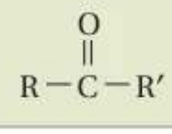
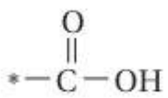
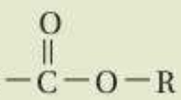
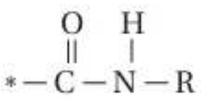
وتذكر أنَ الرابطة الثنائية والرابطة الثلاثية التي تتكون بين ذرتي كربون تعتبر مجموعات وظيفية على الرغم من أنها تتكون من ذرات كربون وهيدروجين فقط. وبمعرفة خواص المجموعات الوظيفية، يمكنك التنبؤ بخواص المركّبات العضوية التي توجد بها، حتى لو لم يسبق لك دراستها.



■ **الشكل 1** تحتوي كافة هذه المواد على مجموعة وظيفية واحدة على الأقل، ستدرسها في هذه الوحدة. فعلى سبيل المثال، تمتاز الفواكه والأزهار برائحة عطرية مميزة، وذلك بسبب وجود جزيئات الإستر فيها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

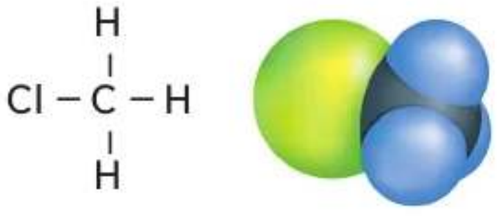
الجدول 1 المركّبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية

نوع المركّب	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية
هالوكربون	R—X (X = F, Cl, Br, I)	هالوجين
كحول	R—OH	هيدروكسيل
إيثر	R—O—R′	إيثر
حمض أميني	$R—NH_2$	أمينو
ألدهيد		كربونيل
كيتون		كربونيل
حمض كربوكسيلي		كربوكسيل
إستر		إستر
أميد		أميد

المركبات العضوية المحتوية على الهالوجينات

تعتبر الهالوجينات من أبسط المجموعات الوظيفية التعويضية التي يمكن أن تحل محل ذرات الهيدروجين في الهيدروكربونات. وتعني تعويضية أنها تكون فرع من السلسلة الكربونية الرئيسة للمركّب العضوي. ودرست سابقًا أن الهالوجينات هي عناصر كيميائية تقع في المجموعة 17 من الجدول الدوري الفلور والكلور والبروم واليود هي الهالوجينات. أي مركب عضوي يحتوي على بديل هالوجيني يسمى **هالوكربون**. وعندما تحل ذرة هالوجين محل ذرة هيدروجين في الألكان ينتج عن ذلك **هاليد ألكيل**. وهو مركّب عضوي يحتوي على ذرة هالوجين مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتدخل الهالوجينات الأربعة الأولى –الفلور والكلور والبروم واليود– في تركيب الكثير من المركّبات العضوية. وعلى سبيل المثال، مركب الكلوروميثان، هو هاليد ألكيل يتكون عندما تحل ذرة الكلور محل إحدى ذرات الهيدورجين الموجودة في الميثان. كما هو مبيّن في **الشكل 2**.





كلورو ميثان

■ **الشكل 2** يستعمل الكلوروميثان في صناعة منتجات السيليكون، الذي يستخدم في تثبييت الأبواب والنوافذ ومنع التسريب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

هاليد أريل هو مركّب عضوي يحتوي على ذرة هالوجين مرتبطة في حلقة بنزين أو أي مجموعة أروماتية (عطرية) أخرى. ولكتابة الصيغة البنائية لهاليد الأريل، ينبغي أولًا أن تُكتب الصيغة البنائية للمركّب الأروماتي، ومن ثم تُستبدل ذرة الهيدروجين بذرة هالوجين، كما يبيّن **الشكل 3a**.

الربط بعلم الأرض تستخدم هاليدات الألكيل على نطاق واسع كمبردات، وحتى أواخر الثمانينات كانت تُسمى هاليدات الألكيل بمركّبات الكلورو فلورو كربون (CFCs)، حيث كانت تستخدم كثيرًا في صناعة الثلاجات ومكيفات الهواء. ثم تبين أنها تؤثر سلبيًا في طبقة الأوزون، لذا تم الاستعاضة عن مركّبات الكلورو فلورو كربون CFCs بمركّبات هيدرو فلورو كربون HFCs التي تحتوي على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع ذرات الكربون، ومن أكثرها شيوعًا هو 2.1.1- ثلاثي فلورو إيثان.

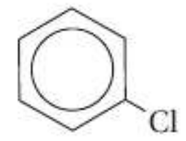
تسمية الهالوكربونات يستخدم نظام IUPAC في تسمية جزيئات المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية، وتعتمد طريقة التسمية على السلاسل الكربونية الرئيسة للألكانات المكونة لها. فالمقطع الأول في اسم هاليد الألكيل يدل على الهالوجين الموجود فيه، مع إضافة الحرف (و) في نهايته، لذلك يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، وللكلور هو كلورو، وللبروم هو برومو، ولليود هو يودو، كما يظهر في **الشكل 3b**.

وفي حال وجود نوع أو أكثر من ذرات الهالوجين في الجزيء نفسه، تذكر الذرات في الاسم بحسب ترتيبها الأبجدي، كما يجب ترقيم سلسلة الكربون الرئيسة بحيث تعطى أول ذرة كربون مرتبطة بالمجموعة الوظيفية أقل رقمًا ممكنًا. لاحظ تسمية هاليد الألكيل في **الشكل 3c**.

بطريقة مشابهة، ترقم حلقة البنزين في هاليد الأريل، بحيث تأخذ كل مجموعة وظيفية مرتبطة بها أقل رقم ممكن، كما يظهر في **الشكل 3d**.

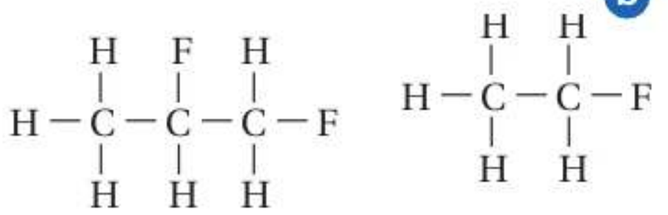
☑ **التأكد من فهم النص** **استنتج** لماذا يستخدم لتسمية الأريل أقل رقم ممكن للإشارة لموقع المجموعة بدلاً من استخدام أرقام عشوائية.

a



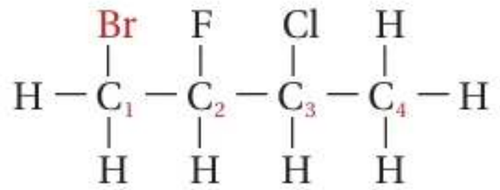
كلورو بنزين

b



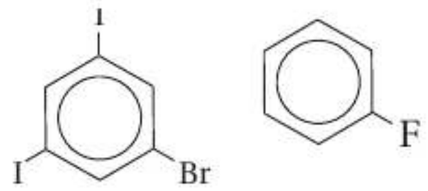
فلورو إيثان و 2،1-ثنائي فلورو بروبان

c



1-برومو-3-كلورو-2- فلورو بيوتان

d



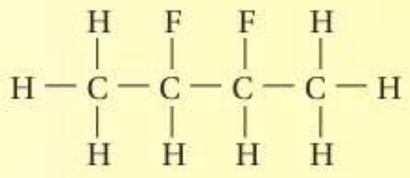
فلورو بنزين و 1-برومو - 5،3 -ثنائي يودو بنزين

■ **الشكل 3** يستخدم النظام العالمي لتسمية المركّبات الكيميائية IUPAC في تسمية المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية، اعتمادًا على سلاسل الكربون للألكانات المكوّنة لها.

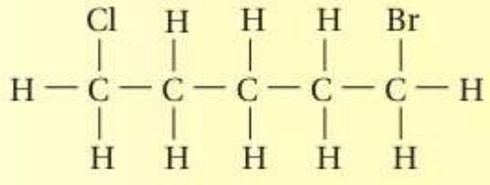
تطبيقات

سمِّ مركّبات هاليد الألكيل أو الأريل التي لها الصيغ البنائية التالية:

.1



.2



.3



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 2 مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات الرئيسة المكونة لها

البنية	الاسم	درجة الغليان (C°)	الكثافة (g/mL) في الحالة السائلة
CH_4	الميثان	162−	0.423 عند 162 °C− (درجة الغليان)
CH_3Cl	كلورو‌ميثان	24−	0.911 عند 25 °C (تحت ضغط)
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	بنتان	36	0.626
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2F$	1-فلورو بنتان	62.8	0.791
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$	1-كلورو بنتان	108	0.882
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Br$	1-برومو بنتان	130	1.218
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2I$	1-يودو بنتان	155	1.516

تزداد (درجة الغليان)

تزداد (الكثافة)

خواص هاليدات الألكيل واستعمالاتها

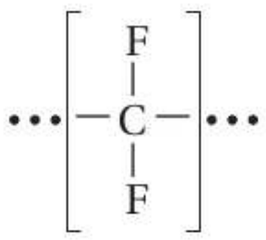
عند دراستك خصائص المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية من الأسهل لك مقارنتها مع الألكانات المقابلة لها، والتي تكون تعرف خصائصها مسبقًا. لاحظ في **الجدول 2** أن كل هاليد ألكيل له درجة غليان وكثافة أعلى من الألكان الذي له ذرات الكربون نفسها. ولاحظ أيضًا زيادة كل من درجة الغليان والكثافة عند الانتقال من الفلور إلى الكلور والبروم واليود. ويرجع السبب في ذلك لأنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات البعيدة عن النواة في الهالوجين. وتغير هذه الإلكترونات مكانها بسهولة ونتيجة لذلك تكوّن هاليدات الألكيل أقطاب مؤقتة. ولأن الأقطاب تتجاذب معًا فإن الطاقة اللازمة لفصل الجزيئات بعضها عن بعض تزداد أيضًا، وبذلك تزداد درجة الغليان بزيادة حجم ذرة الهالوجين.

التأكد من فهم النص **وضِّح** العلاقة بين عدد الإلكترونات في الهالوجين ودرجة الغليان.

قلما تتواجد الهاليدات العضوية في الطبيعة، على الرغم من ذلك فإن هرمونات الغدة الدرقية هي يوديد عضوي. وذرات الهالوجين المرتبطة مع الكربون أكثر نشاطًا من ذرات الهيدروجين التي حلت مكانها. ولهذا السبب تُستخدم هاليدات الألكيل كمواد أولية في الكثير من الصناعات الكيميائية، كما أنها تُستخدم كمذيبات، وفي صناعة مواد التنظيف، لأنها تذيب المركّبات غير القطبية مثل الدهون والزيوت. ويظهر في **الشكل 4** أحد تطبيقات بوليمر هاليد الألكيل رباعي فلورو إيثين (PTFE)، إذ يتم تصنيع هذا النوع من البلاستيك من غاز رباعي فلورو إيثين. و**البلاستيك** هو بوليمر يمكن تسخينه وتشكيله عندما يكون مرنًا نسبيًا. وهناك نوع آخر من البلاستيك شائع يسمى الفينيل وهو بوليمر كلوريد الفينيل (PVC)، ويستعمل في صناعة الصفائح الرقيقة المرنة أو الصلبة، وفي مجسمات أشياء.

التأكد من فهم النص **فسِّر** لماذا تستخدم هاليدات الألكيل غالبًا كمواد أولية في الصناعات الكيميائية بدلاً من الألكانات.

■ **الشكل 4** يتكون بوليمر PTFE من مئات الوحدات البنائية، ويستعمل كسطح غير لاصق في العديد من أدوات المطبخ، كأدوات خبز العجين.



PTFE



تطبيقات PTFE

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 3 تفاعلات الاستبدال

المعادلة العامة لتفاعل الاستبدال $R-CH_3 + X_2 \rightarrow R-CH_2X + HX$ X: الفلور أو الكلور أو البروم	مثال على تفاعل الاستبدال (الهلجنة) $C_2H_6 + Cl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + HCl$ كلورو إيثان إيثان
المعادلة العامة لتفاعل هاليد الألكيل لتحضير الكحول $R-X + OH^- \rightarrow R-OH + X^-$ كحول هاليد ألكيل	مثال على تفاعل هاليد ألكيل لتحضير الكحول $CH_3CH_2Cl + OH^- \rightarrow CH_3CH_2OH + Cl^-$ إيثانول كلورو إيثان
المعادلة العامة لتفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا $R-X + NH_3 \rightarrow R-NH_2 + HX$ أمين هاليد ألكيل	مثال على تفاعل هاليد ألكيل والأمونيا $CH_3(CH_2)_6CH_2Br + NH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_6CH_2NH_2 + HBr$ 1-أوكتان أمين 1-بروموأوكتان

تفاعلات الاستبدال

من أين يأتي التنوع الهائل للمركّبات العضوية؟ يعتبر النفط المصدر الرئيس لكافة المركّبات العضوية الصناعية تقريبًا. ويبين **الشكل 5** عمال حقول النفط ينقّبون عن النفط، وهو وقود أحفوري يتكون في غالبيته من الهيدروكربونات، وخصوصًا الألكانات. وكيف يمكن تحويل الألكانات إلى مركّبات أخرى مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات؟

تعتبر تفاعلات الاستبدال الموضحة في **الجدول 3** إحدى الطرائق المتبعة في إدخال المجموعات الوظيفية على الألكانات. و**تفاعل الاستبدال** هو تفاعل تستبدل فيه ذرة أو مجموعة من الذرات من قِبل ذرة أو مجموعة من الذرات الأخرى في الجزيء. ففي الألكانات يمكن أن تحل ذرات الهالوجينات –مثل الكلور والبروم– محل ذرات الهيدروجين في عملية تدعى **الهلجنة**. ويبيّن **الجدول 3** تفاعل هلجنة يتم فيه استبدال ذرة هيدروجين من الإيثان بذرة كلور. ويظهر في **الشكل 6** هيدروكربون مهلجن آخر شائع باسم هالوثان (2-بروموـ2-كلوروـ1,1,1-ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استخدم أول مرة كمخدر عام في الخمسينات.

تظهر معادلات تفاعلات المركّبات العضوية أحيانا بالمعادلات العامة. ويبيّن **الجدول 3** المعادلة العامة لتفاعل الهلجنة، ومن الممكن أن تكون *X* في هذا التفاعل، كلور أو بروم أو فلور، أما اليود لا يتفاعل مع الألكانات جيدًا.

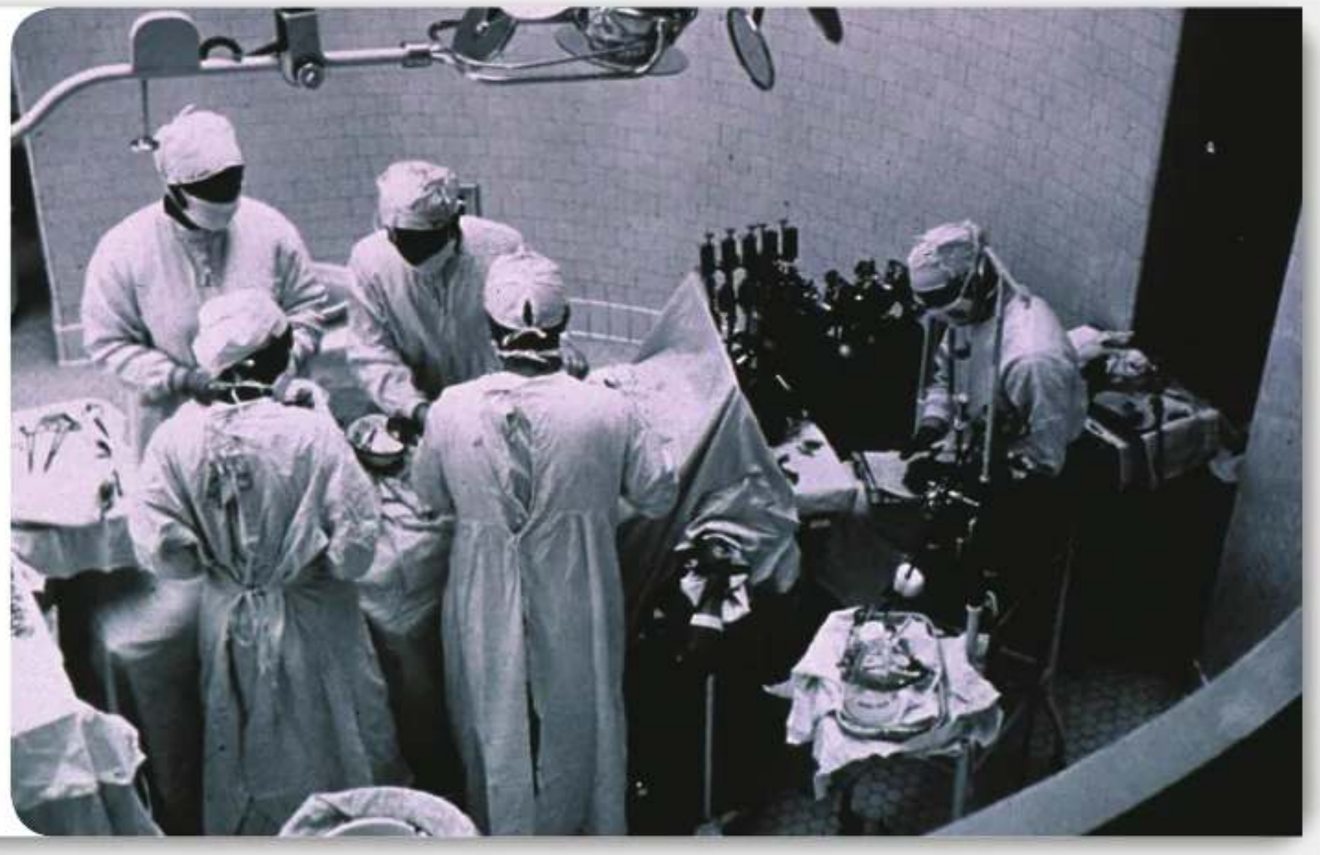
التأكد من فهم النص **ارسم** الصيغة البنائية للهالوثان.



■ **الشكل 5** يقوم عمال حقول النفط هؤلاء بالتنقيب عن النفط. يمكن لحفارة نفط واحدة استخراج أكثر من 100 برميل يوميًا.

اشرح العلاقة بين النفط والمركّبات العضوية الصناعية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 6** استُعمل الهالوثان في الطب، كمخدر عام للمرضى الخاضعين للعمليات الجراحية، في الخمسينات.

تفاعلات استبدال أخرى بعد أن تحدث هلجنة للألكان، فإن هاليد الألكيل الناتج يمكن أن يخضع لتفاعلات استبدال أخرى حيث يتم خلالها استبدال ذرة الهالوجين بذرة أو مجموعة من الذرات. فعلى سبيل المثال، عند تفاعل هاليد الألكيل مع محلول قاعدي يتم استبدال ذرة الهالوجين بمجموعة هيدروكسيل (OH^-). ويتكون الكحول. ويبيّن **الجدول 3** المعادلة العامة لتفاعل هاليد الألكيل مع محلول قاعدي ومثال على ذلك.

يتفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا (NH_3) حيث يتم استبدال ذرة الهالوجين بمجموعة أمين ($-NH_2$). ويتكون ألكيل أمين. ويبيّن **الجدول 3**. المعادلة العامة للتفاعل ومثال على ذلك. كما يمكن أن يستمر الأمين الناتج في التفاعل وينتج عنه خليط من الأمينات.

المطويات®
ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- الكثير من المركّبات العضوية والمتنوعة تنتج عندما تحل مجموعات وظيفية محل ذرات الهيدروجين في الهيدروكربونات.
- هاليد الألكيل هو مركب عضوي يحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة مع ذرة كربون في مركّب أليفاتي.

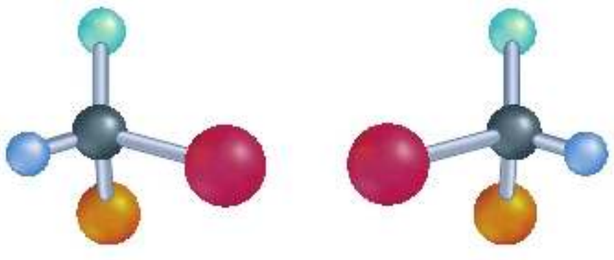
4. الفكرة الرئيسة **قارن وقابل** بين هاليدات ألكيل وهاليدات أريل.

5. **ارسم** الصيغة البنائية للجزيئات التالية:
   a. 2-كلورو بيوتان
   b. 3,1-ثنائي فلورو هكسان
   c. 1,1,1-ثلاثي كلورو بيوتان
   d. 1-برومو-4-كلورو بنزين

6. **عرّف** المجموعة الوظيفية، وسمّ المجموعات الوظيفية الموجودة في الصيغ البنائية التالية، ثم سمّ المركّبات العضوية التي تمثلها هذه الصيغ:
   a. $CH_3CH_2CH_2OH$
   b. CH_3CH_2F
   c. $CH_3CH_2NH_2$
   d. $CH_3C(=O)OH$

7. **قيّم** كيف تتوقع أن تكون درجة الغليان للبروبان مقارنة مع درجة غليان 1-كلورو بروبان؟ فسّر إجابتك.

8. **تفسير الرسوم العلمية** تفحّص زوج الهيدروكربونات الموضحة في الرسم، والمرتبطة مع مجموعات وظيفية مختلفة. هل تعتبر أيزومرات ضوئية؟ وضّح إجابتك.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 2

الكحولات والإيثرات والأمينات

الفكرة الرئيسة الأكسجين والنيتروجين هما اثنين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.

الأسئلة الرئيسة

- ما المجموعات الوظيفية التي تميز كل من الكحولات والأمينات والإيثرات؟
- كيف ترسم الصيغ البنائية للكحولات والأمينات والإيثرات؟
- ما هي بعض خصائص واستخدامات الكحولات والإيثرات والأمينات؟

مفردات للمراجعة

قابل للامتزاج miscible: سائلان يذوبان في بعضهما البعض.

مفردات جديدة

مجموعة الهيدروكسيل hydroxyl group
كحول alcohol
إيثر ether
أمين amine

الكيمياء في حياتك

لعلك لاحظت أن الممرضة قبل أن تقوم بإعطاءك حقنة تقوم بمسح الجلد بالكحول. هل تعلم أن الممرضة استخدمت أحد مشتقات الهيدروكربونات؟

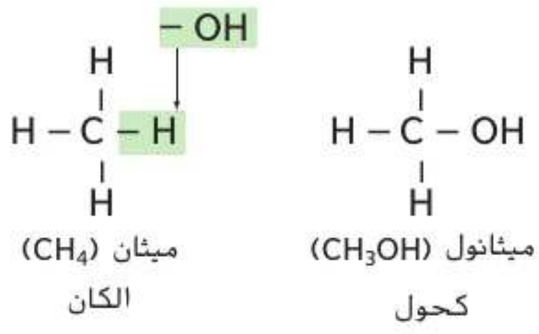
الكحولات

تحتوي الكثير من المركّبات العضوية ذرات أكسجين مرتبطة مع ذرات كربون. ولأن ذرات الأكسجين لديها ستة إلكترونات تكافؤ، فهي تشكّل على الأغلب رابطتين تساهميتين لتحصل على استقرار ثماني. كما يمكن لذرة الأكسجين أن تشكل رابطة ثنائية مع ذرة كربون، مستبدلة ذرتي هيدروجين، أو يمكن أن تشكل رابطة أحادية مع ذرة كربون ورابطة أحادية أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى المجموعة الوظيفية المكونة من أكسجين–هيدروجين والتي ترتبط تساهميًا مع ذرة كربون **مجموعة هيدروكسيل** (–OH). والمركّب العضوي الذي تستبدل فيه ذرة هيدروجين من الهيدروكربون بمجموعة هيدروكسيل يسمّى **الكحول**. ويبيّن **الجدول 4** الصيغة العامة للكحولات، وهي ROH. ويوضح العلاقة ما بين أبسط ألكان، وهو الميثان، وبين أبسط الكحولات وهو الميثانول.

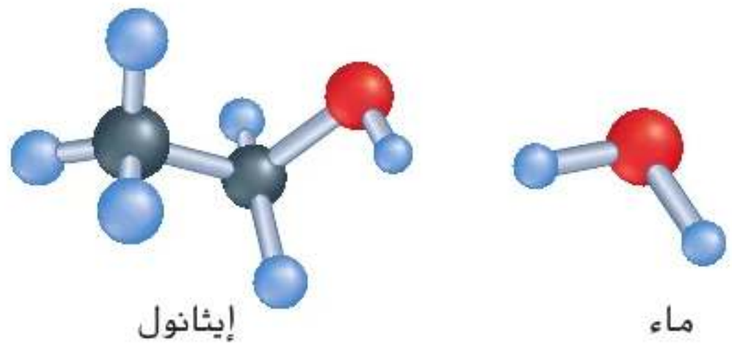
ينتج الإيثانول وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخميرة عند تخمير السكريات، كالموجودة في العنب، وينتج ثاني أكسيد الكربون أيضًا من تخمر عجين الخبز. ويدخل الإيثانول في المنتجات الطبية، ويستعمل لتطهير الجلد قبل إعطاء الحقن، ويضاف إلى الجازولين لزيادة فاعليته، ويعد مادة أولية لصناعة مركّبات عضوية أكثر تعقيدًا.

يظهر في **الشكل 7** نموذج لجزيء الإيثانول ونموذج آخر لجزيء الماء، وإذا قارنتهما ببعضهما البعض، ستلاحظ أن زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في الإيثانول تساوي تقريبًا زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في الماء، لذا تكون مجموعة الهيدروكسيل في جزيئات الكحولات متوسطة القطبية كما في جزيئات الماء، وكما يمكن أن تكون روابط هيدروجينية مع مجموعات هيدروكسيل في جزيئات كحول أخرى، وبسبب هذه الروابط تكون درجة غليان الكحولات أعلى من درجة غليان الهيدروكربونات المماثلة لها بالشكل والحجم.

جدول 4 الكحولات

الصيغة العامة	أبسط الكحولات وأبسط الهيدروكربونات
ROH تمثل R سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية	 ميثانول (CH_3OH) كحول ميثان (CH_4) الكان

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 7** الزاوية بين الروابط التساهمية للأكسجين تقريبًا هي نفسها في كل من الإيثانول والماء.

وبسبب القطبية والروابط الهيدروجينية يمتزج الإيثانول مع الماء كليًا. وبمجرد امتزاجهما يصعب فصلهما عن بعضهما البعض بصورة كاملة. وتستعمل عملية التقطير لفصل الإيثانول عن الماء. ولكن حتى بعد إتمام العملية يبقى حوالي نسبة 5% في صورة مزيج منهما.

بسبب قطبية مجموعات الهيدروكسيل، فإن الكحولات تعتبر مذيبات جيدة للمركّبات العضوية القطبية الأخرى. وعلى سبيل المثال، يُستعمل الميثانول وهو أبسط الكحولات في صناعة مزيلات الطلاء، ويستعمل 2-بيوتانول في صناعة الأصباغ والورنيش.

تُسمّى الكحولات بالاعتماد على الألكانات المقابلة لها، كما في هاليدات الألكيل. فمثلاً CH_4 هو ميثان و CH_3OH ميثانول و CH_3CH_3 إيثان و CH_3CH_2OH إيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات البسيطة على عدد ذرات الكربون في سلسلة الألكان المقابل لها. وتنص قواعد التسمية بالنظام العالمي IUPAC على أن يتم تسمية الألكان أولا، ومن ثم إضافة المقطع (-ول) للإشارة إلى وجود مجموعة الهيدروكسيل. وعندما تتكون الكحولات من ثلاث ذرات كربون او أكثر، يجب الإشارة إلى موقع مجموعة الهيدروكسيل برقم، كما هو مبيّن في **الشكل 8a** و **8b**.

☑ **التأكد من فهم النص** **وضّح** لماذا 4-بيوتانول و 3-بيوتانول هي أسماء غير صحيحة للمركّبات في **الشكل 8a** و **8b**.

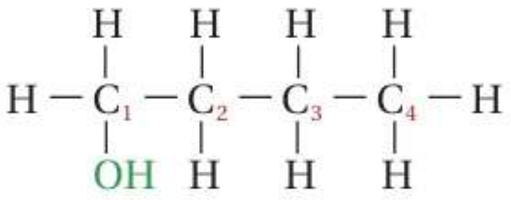
أنظر إلى **الشكل 8c**. تحتوي حلقة المركب ستة ذرات كربون مع روابط أحادية، فأنت تعلم بأن الهيدروكربون الأساسي هو الهكسان الحلقي. وبسبب وجود مجموعة الهيدروكسيل، يُضاف المقطع (-ول) إلى الألكان لأنه كحول. والترقيم هُنا غير مهم لأن جميع ذرات الكربون في الحلقة متكافئة، فيُسمى هكسانول حلقي، وهو مركّب سام يدخل في صناعة المبيدات الحشرية، ومذيب للعديد من المواد البلاستيكية.

يمكن أن تحتوي سلسلة الكربون على أكثر من مجموعة هيدروكسيل. ولتسمية هذه المركّبات، يُضاف المقطع "داي" أو "تراي" في نهاية اسم الألكان ثم المقطع (-ول) .

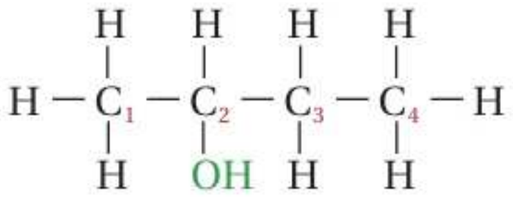
يبيّن **الشكل 8d** الصيغة البنائية للمركّب 3.2.1- بروبان ترايول، و اسمه الشائع "جليسرول"، وهو كحول يحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل، ويستعمل مانع للتجمد في وقود الطائرات.

☑ **التأكد من فهم النص** **فسّر** لماذا لم تستخدم الأرقام لتسمية المركب الظاهر في **الشكل 8c**.

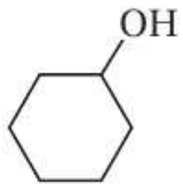
■ **الشكل 8** تعتمد أسماء الكحولات على أسماء الألكانات.



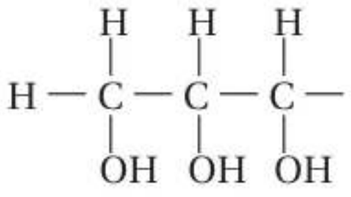
a. 1-بيوتانول



b. 2-بيوتانول



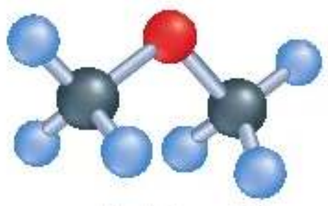
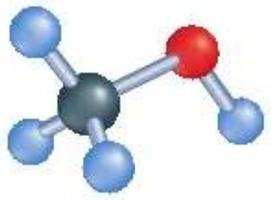
c. هكسانول حلقي



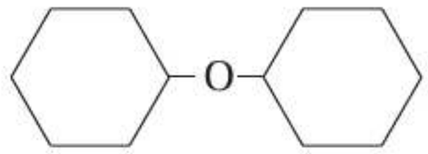
d. 3.2.1 بروبان ترايول (جليسرول)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 5 الإيثرات

الصيغة العامة	الميثانول وثنائي ميثيل إيثر
ROR′ تمثل R و R′ سلاسل أو حلقات الكربون المرتبطة مع مجموعة وظيفية.	 ثنائي ميثيل إيثر درجة الغليان = −25°C  الميثانول درجة الغليان = 65°C

أمثلة على الإيثرات



ثنائي هكسيل حلقي إيثر

$CH_3CH_2CH_2-O-CH_2CH_2CH_3$

ثنائي بروبيل إيثر

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_2CH_2CH_3$

بيوتيل إيثيل إيثر

$CH_3CH_2-O-CH_3$

إيثيل ميثيل إيثر

الإيثرات

المفردات

مفردات علمية

رابطة Bond
لوصل أو ربط أو ضم ترتبط ذرة الأكسجين مع ذرتي كربون في الإيثر.

الإيثرات هي مركّبات عضوية أخرى يرتبط فيها الأكسجين مع الكربون. و**الإيثر** هو مركب عضوي يحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتي كربون. وصيغة الإيثرات العامة ROR′. كما يظهر في **الجدول 5**. وأبسط إيثر هو الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين مع مجموعتي ميثيل. لاحظ التشابه بين الميثانول وثنائي ميثيل إيثر المبيّن في **الجدول 5**.

استخدم المصطلح إيثر لأول مرة في الكيمياء كاسم للمركّب ثنائي إيثيل إيثر. وهو مادة متطايرة سريعة الاشتعال كانت تستخدم كمخدر في العمليات الجراحية منذ العام 1842 حتى القرن العشرين. أُطلق المصطلح إيثر على المركّبات التي تتكون من سلسلتين هيدروكربونيتين مرتبطتان بنفس ذرة الأكسجين.

ونتيجة لعدم وجود ذرات هيدروجين مرتبطة مع ذرة الأكسجين في الإيثر، لا يمكن لجزيئاتها تكوين روابط هيدروجينية بين بعضها البعض. لذلك، يكون الإيثر أكثر قابلية للتطاير ودرجة غليانه أقل من الكحولات المساوية له في الكتلة الجزيئية والحجم. وهي أقل ذائبية في الماء من الكحولات لعدم وجود روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، ولكن يمكن لذرة الأكسجين فيها أن تعمل كمستقبل لذرات الهيدروجين من جزيئات الماء.

المطويات®
أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التأكد من فهم النص **استدل** لماذا لا يفضل استخدام ثنائي ميثيل إيثر كمادة مخدرة.

عند تسمية الإيثرات التي تحتوي سلسلتي ألكيل متماثلتين ومرتبطتان مع ذرة أكسجين، تسمى أولا مجموعة الألكيل ثم تضاف الكلمة إيثر.

ويبيّن **الجدول 5** مثالين لمركّبين إيثر. يتكون كل منهما من مجموعتي ألكيل متماثلتين، وهما: ثنائي بروبيل إيثر، وثنائي هكسيل حلقي إيثر. أما إذا كانت مجموعتا الألكيل مختلفتين تذكر بحسب الترتيب الأبجدي لحروف اللغة الإنجليزية ثم تُضاف كلمة إيثر. ويحتوي **الجدول 5** على مثالين عن الإيثرات غير المتجانسة، بيوتيل إيثيل إيثر وإيثيل ميثيل إيثر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الأمينات

الأمينات تحتوي على ذرة نيتروجين واحدة أو أكثر مرتبطة مع ذرات كربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية ولها الصيغة العامة RNH_2 و $ArNH_2$، كما يظهر في **الجدول 6**.

اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا (NH_3). وتصنف الأمينات إلى أولية أو ثانوية أو ثالثية بحسب ما إذا كانت ذرة هيدروجين واحدة أو اثنتان أو ثلاثة في الأمونيا حل محلها مجموعة عضوية.

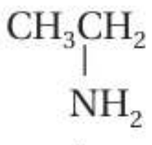
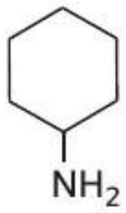
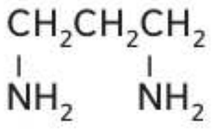
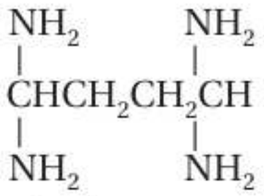
عند تسمية الأمينات يتم الإشارة إلى مجموعة الأمين ($-NH_2$) بإضافة المقطع أمين إلى نهاية الاسم، وأحيانًا يكون من الضروري الإشارة إلى موقع مجموعة الأمين برقم كما يبيّن **الجدول 6**. وإن كان هناك أكثر من مجموعة أمين، يستخدم المقطع "ثنائي" أو "ثلاثي" أو "رباعي" في بداية الاسم ليدل على عدد مجموعات الأمين.

يستخدم الأنيلين في صناعة الأصباغ غامقة اللون، والاسم الشائع "أنيلين" مشتق من اسم النبات الذي حُصل عليه منه. كما أن الهكسيل الحلقي أمين والإيثيل أمين مهمان في إنتاج المبيدات الحشرية والبلاستيك والمستحضرات الدوائية والمطاط المستخدم في صناعة الإطارات.

ورائحة الأمينات المتطايرة كريهة وغير مقبولة للإنسان، والأمينات هي المسؤولة عن الروائح الكريهة المميزة للكائنات الميتة والمتحللة. وغالبًا ما تستعمل الكلاب البوليسية المدربة هذه الروائح للاستدلال على رفات الناس الميتة بعد الكوارث، مثل التسونامي والأعاصير. وتستعمل الأمينات أيضًا في التحقيقات الجنائية.

الجدول 6 الأمينات

الصيغة العامة
RNH_2
تمثل R سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة بالمجموعة الوظيفية

أمثلة على الأمينات		
 أنيلين	 إيثيل أمين	 هكسيل حلقي أمين
 3.1- بروبان ثنائي أمين		 4.4.1.1- بيوتان رباعي أمين



القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- تتشكل الكحولات والإيثرات والأمينات عندما يستبدل هيدروجين بمجموعة وظيفية محددة في الهيدركربونات.
- بسبب قدرتها على تشكيل روابط هيدروجينية، لدى الكحولات درجة غليان وقابلية للذوبان في الماء أعلى من بقية المركبات العضوية.

9. الفكرة الرئيسة حدِّد عنصران غالبًا ما يوجدان في المجموعات الوظيفية.

10. حدِّد المجموعة الوظيفية الموجودة في كل من الصيغ البنائية التالية. قم بتسمية المادة المبينة في كل صيغة.

a. CH_3CHCH_3 (NH_2)

b.

c. $CH_3-O-CH_2CH_2CH_3$

11. ارسم الصيغ البنائية لكل من:

a. 1-بروبانول

b. 3.1-بنتان ديول حلقي

c. إيثيل بروبيل إيثر

d. 2.1-بروبان ثنائي أمين

12. ناقِش خصائص الكحولات والإيثرات والأمينات، واعط استخدامًا لكل منها.

13. حلِّل اعتمادًا على الصيغ البنائية أدناه، أي من المركبات تتوقع أن يكون أكثر قابلية للذوبان في الماء؟ فسر إجابتك.

CH_3CH_2OH CH_3-O-CH_3

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 3

مركّبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة **تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين مرتبطة برابطة ثنائية في المجموعة الوظيفية.**

الأسئلة الرئيسة

- ما الذي يميز مركّبات الكربونيل المتنوعة؟
- ما خصائص المركّبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل؟

مفردات للمراجعة

السالبية الكهربائية electronegative: تشير إلى القدرة النسبية لذرات عنصر على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية

مفردات جديدة

مجموعة كربونيل	carbonyl group
ألدهيد	aldehyde
كيتون	ketone
حمض كربوكسيلي	carboxylic acid
مجموعة كربوكسيل	carboxyl group
إستر	ester
أميد	amide
تفاعل تكثيف	condensation reaction

الكيمياء في حياتك

هل سبق وأكلت قطعة من الحلوى بنكهة الفواكه، وبدا لك مذاقها كالفاكهة الحقيقية؟ العديد من الفواكه الطبيعية، مثل الفراولة، تحتوي عشرات المركّبات العضوية التي تعطي الرائحة والنكهة المميزة للفواكه، وتوجد مجموعة الكربونيل في العديد من النكهات الصناعية الشائعة.

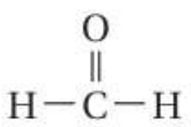
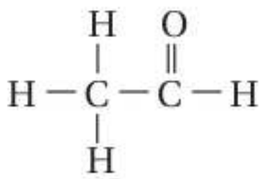
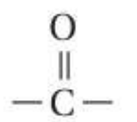
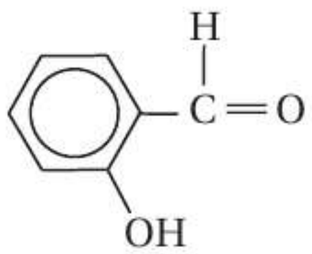
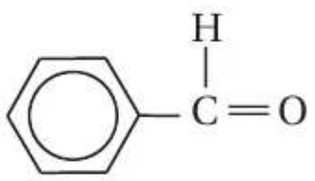
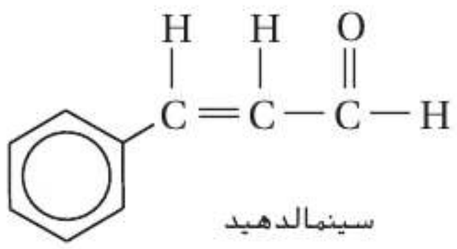
مركّبات عضوية تحتوي مجموعة الكربونيل

يسمى الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة أكسجين مع ذرة كربون برابطة ثنائية **مجموعة كربونيل**، وتوجد هذه المجموعة الوظيفية في المركّبات العضوية المعروفة مثل الألدهيدات والكيتونات.

الألدهيدات الألدهيد هو مركّب يتكون من سلسلة من ذرات الكربون، يوجد في نهايتها مجموعة الكربونيل التي تكون متصلة من طرف بذرة كربون، ومن الطرف الآخر بذره هيدروجين، والصيغة العامة للألدهيدات هي *CHO. حيث يمثل الرمز * مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين، كما يبيّن **الجدول 7**.

وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (-ال) إلى اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. على سبيل المثال، مركّب الميثانال المبيّن في **الجدول 7**، يتكون من ذرة كربون واحدة. ولأن مجموعة الكربونيل توجد دائمًا في الطرف، فلا يكون هنالك داعي لاستخدام الأرقام في الاسم إلا في حال وجود تفرعات أو مجموعات وظيفية أخرى. ويعرف الميثانال بالاسم الشائع "فورمالدهيد". والإيثانال بالاسم الشائع "أسيتالدهيد". و غالبًا ما يستخدم العلماء الأسماء الشائعة للمركّبات العضوية لأنها مألوفة للكيميائيين.

الجدول 7 الألدهيدات

الصيغة العامة	أمثلة على الألدهيدات
*CHO يمثل الرمز * مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين	ميثانال (فورمالدهيد)  إيثانال (أسيتالدهيد) 
 مجموعة كربونيل	ساليسالدهيد  بنزالدهيد  سينمالدهيد 

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يكون جزيء الألدهيد قطبي ونشط. ولكن كما في الإيثرات، لا يمكن لجزيئات الألدهيد أن تشكل روابط هيدروجينية بين بعضها البعض لأنها لا تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة أكسجين. لذلك، درجة غليان الألدهيدات أقل من الكحولات التي تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون. وكما يمكن أن تشكل الألدهيدات روابط هيدروجينية مع ذرات الأكسجين في جزيئات الماء؛ لذلك الألدهيدات أكثر قابلية للذوبان في الماء من الألكانات، ولكن ليس بنفس درجة الكحولات والأمينات.

كان يستخدم الفورمالدهيد لحفظ أجسام الكائنات الميتة لعدة سنوات، كما يظهر في **الشكل 9**. وصناعيًا يستعمل الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لإنتاج نوع من البلاستيك المقاوم الذي يستعمل في صناعة قطع السيارت، والأزرار والأجهزة الكهربائية، كما يستعمل الفورمالدهيد في صناعة الغراء الذي يُستعمل في لصق قطع الخشب معًا. والمركّبان بنزالدهيد وساليسيلالدهيد الموضّحين في **الجدول 7**. هما المسؤلين عن نكهة اللوز الطبيعية، أما رائحة القرفة ومذاقها –وهي نوع من التوابل يستخرج من شجرة استوائية– فيمكن إنتاجها تنتج بكميات كبيرة من السينَمالدهيد، كما يبيّن **الجدول 7**.

☑ **التأكد من فهم النص** **حدد** استخدامين للألدهيدات.



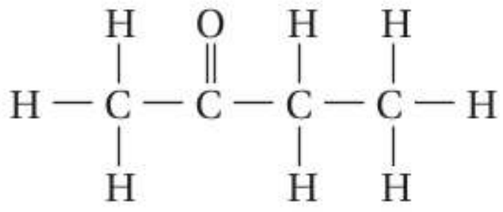
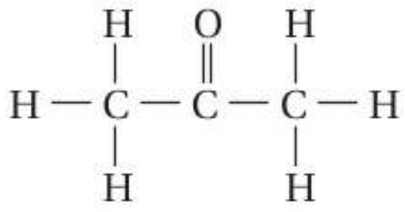
■ **الشكل 9** كان يستخدم الفورمالدهيد المذاب بالماء في الماضي لحفظ العينات الحيوية، ولكن تم حظر استخدام الفورمالدهيد في السنوات الأخيرة بسبب دراسات تشير إلى أنه قد يسبب السرطان.

الكيتونات قد تقع مجموعة الكربونيل ضمن سلسلة الكربون بدلًا من نهايتها. ويتكون **الكيتون**، وهو مركب عضوي ترتبط فيه ذرة الكربون الموجود في مجموعة الكربونيل، مع ذرّتَي كربون أخرتين، والصيغة العامة للكيتونات موضحة في **الجدول 8**. وكما قد ترتبط ذرتا الكربون على كل من جهتي رابطة الكربونيل بذرات كربون أخرى. ومن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعًا الأسيتون، حيث ترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل بذرات الهيدروجين فقط، كما يبيّن **الجدول 8**.

وعند تسمية الكيتونات يتم إضافة المقطع (–ون) إلى اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم للإشارة إلى موقع مجموعة الكربونيل، فعلى سبيل المثال، اسم الألكان بروبان يصبح بروبانون، ولا يوضع رقم قبل الاسم لأن مجموعة الكربونيل تقع فقط في المنتصف في هذه الحالة، ولكن يمكن وضع رقم 2 قبل الاسم لمزيد من التوضيح، كما يظهر في **الجدول 8**.

تشترك الكيتونات والألدهيدات في العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية بسبب تشابه بنيتهما. الكيتونات جزيئات قطبية ولكنها أقل نشاط من الألدهيدات. لهذا السبب، تعتبر الكيتونات مذيبات جيدة للمركّبات العضوية متوسطة القطبية، ومنها الشموع والبلاستيك والدهان والطلاء والورنيش والغراء. وكما هو الحال في جزيئات الألدهيدات، لا يمكن لجزيئات الكيتون أن تشكل روابط هيدروجينية مع بعضها لكن يمكنها أن تشكل روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. لذلك تعتبر الكيتونات قابلة للذوبان في الماء نسبيًا. أما الأسيتون فيذوب كليًا في الماء.

الجدول 8 الكيتونات

الصيغة العامة	أمثلة على الكيتونات
تمثل R و R′ سلاسل أو حلقات الكربون المرتبطة مع مجموعة وظيفية.	 2– بيوتانون (إيثيل ميثيل كيتون)  بروبانون (أسيتون)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 9 الأحماض الكربوكسيلية

الصيغة العامة	أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية
 يمثل الرمز * ذرة هيدروجين أو سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة بالمجموعة الوظيفية	 حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) حمض الميثانويك (حمض الفورميك)

الأحماض الكربوكسيلية

الحمض الكربوكسيلي هو مركّب عضوي يحتوي على مجموعة الكربوكسيل. و**مجموعة الكربوكسيل** تتكون من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل. والصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية موضحة في **الجدول 9**. وكما يبيّن الجدول حمض كربوكسيلي مألوف، هو حمض الإيثانويك، وهو الموجود في الخل. وبالرغم من وجود أسماء شائعة للأحماض الكربوكسيلية، لكن عند تسميتها بحسب نظام IUPAC، يتم إضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان. وكلمة حمض إلى بداية الاسم. فحمض الأسيتيك يسمى بحسب النظام العالمي حمض الإيثانويك.

وتكتب مجموعة الكربوكسيل عادةً بالصورة COOH-. على سبيل المثال، يكتب حمض الإيثانويك بالصيغة CH_3COOH. ويتكون أبسط حمض كربوكسيلي من مجموعة كربوكسيل مرتبطة مع ذرة هيدروجين، HCOOH كما يبيّن **الجدول 9**، واسمه بحسب نظام IUPAC حمض الميثانويك، ولكن اسمه الشائع حمض الفورميك، وتنتج بعض الحشرات حمض الفورميك كوسيلة دفاعية، كما يبيّن **الشكل 10**.

التأكد من فهم النص **اشرح** كيف اشتق اسم حمض الإيثانويك.

الأحماض الكربوكسيلية قطبية ونشطة، وتتأين في الماء بشكل ضعيف، وينتج عن تأينها أيونات الهيدرونيوم وأيونات الحمض، والتي تكون في وضع اتزان مع الماء والحمض غير المتأين. فعلى سبيل المثال يتأين حمض الإيثانويك كما في المعادلة التالية:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

أيونات الهيدرونيوم أيونات الإيثانوات(الأسيتات) حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك)

يمكن أن تتأين الأحماض الكربوكسيلية في الماء، لأن ذرتي الأكسجين ذات سالبية كهربائية عالية وتجذب الإلكترونات بعيدًا عن ذرة الهيدروجين في مجموعة OH- ونتيجة لذلك يمكن أن ينتقل البروتون (الهيدروجين) إلى ذرة أخرى يكون لديها زوج من الإلكترونات غير المرتبطة، مثل ذرة الأكسجين في جزيء الماء. ولأن الأحماض الكربوكسيلية تتأين في الماء، فإن محاليلها تحول لون ورقة تباع الشمس من الأزرق إلى الأحمر، كما أن لها طعم حمضي لاذع.

وتحوي بعض الأحماض الكربوكسيلية المهمة، مثل حمض الأوكساليك وحمض الأديبيك، على مجموعتين أو أكثر من المجموعات الكربوكسيلية. والحمض الذي يحوي على مجموعتين كربوكسيليتين يسمى حمض ثنائي الكربوكسيل، وقد تحوي الأحماض الأخرى على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعة الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن. وغالبًا، تكون هذه الأحماض أكثر قابلية للذوبان في الماء وأكثر حمضية من الأحماض التي تحتوي على مجموعة كربوكسيلية واحدة.

التأكد من فهم النص **قيّم** مستخدمًا المعلومات أعلاه، اشرح لماذا تصنف الأحماض الكربوكسيلية على أنها أحماض.

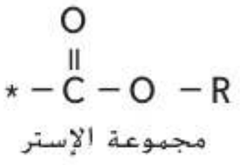
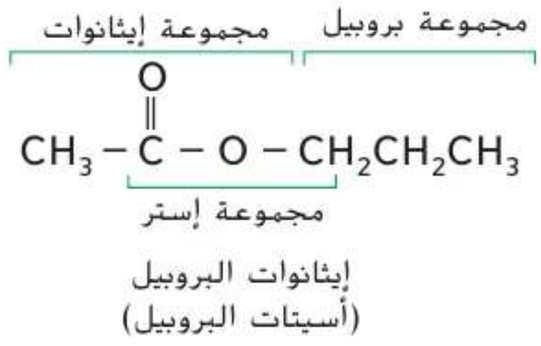


■ **الشكل 10** تدافع الحشرات اللاسعة عن نفسها بإفراز مادة سامة تحتوي على حمض الفورميك.
حدّد اسمًا آخرًا لحمض الفورميك.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 10 الإسترات

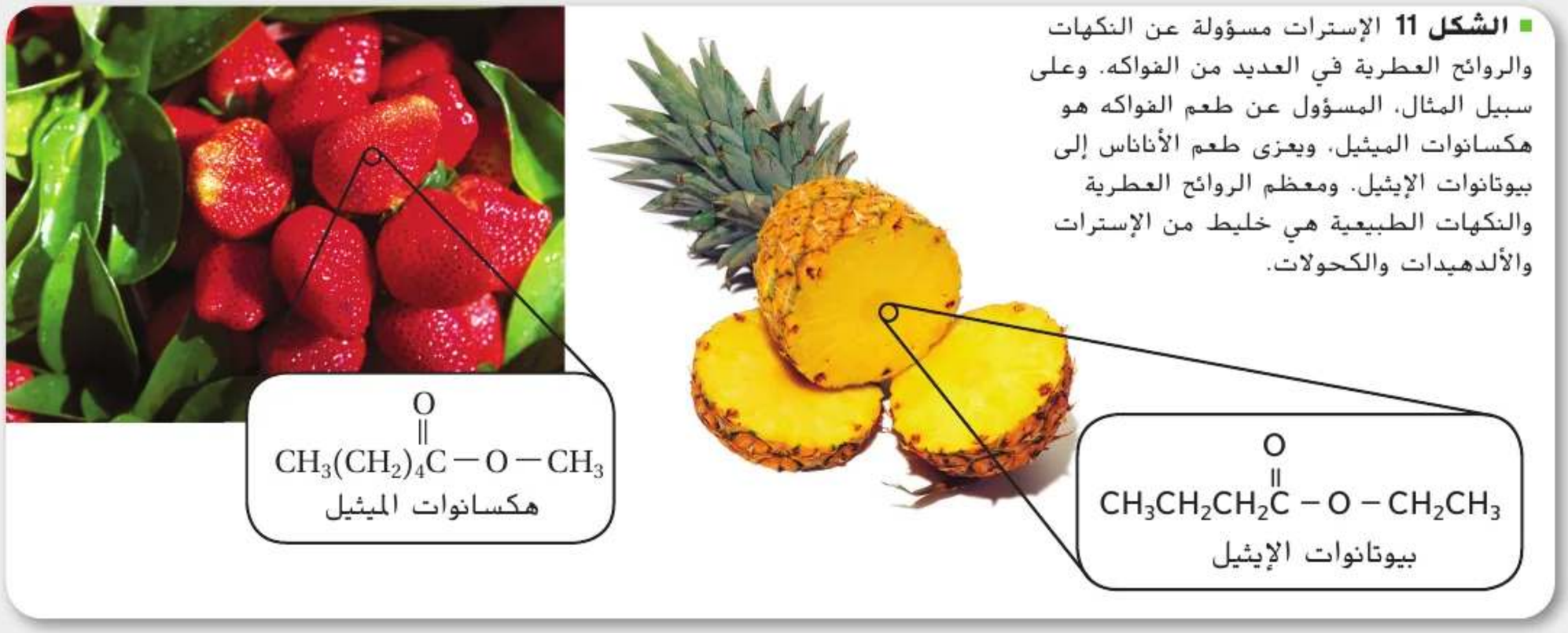
الصيغة العامة	مثال على الإستر
	

المركّبات العضوية المشتقة من الأحماض الكربوكسيلية

للكثير من فئات المركّبات العضوية صيغة بنائية لحمض كربوكسيلي استُبدلت فيها ذرة الهيدروجين أو مجموعة الهيدروكسيل بذرة أخرى أو مجموعة من الذرات. ومن أكثرها شيوعًا الأستر والأميدات.

الإسترات **الإستر** هو مركّب عضوي يحتوي على مجموعة كربوكسيل، استبدلت ذرة الهيدروجين فيها بمجموعة ألكيل، كما هو موضّح في **الجدول 10**. وعند تسمية الإستر، يكتب اسم الحمض الكربوكسيلي أولاً، ثم يستبدل المقطع (ويك) بالمقطع (وات) متبوعًا بمجموعة الألكيل، كما هو موضّح في **الجدول 10**. لاحظ الاسم بروبيل ينتج من الصيغة البنائية. يعتمد الاسم الظاهر في الأقواس على الاسم حمض الأسيتيك، الاسم الشائع لحمض الإيثانويك.

الإسترات هي جزيئات قطبية والعديد منها متطاير وذو رائحة عطرة، ويوجد الكثير منها في الروائح والنكهات الطبيعية للأزهار والفواكه، كما يظهر في **الشكل 11**. تنتج النكهات الطبيعية –مثل الموز والتفاح– عن خليط من جزيئات المركّبات العضوية ومنها الإستر، وبعض هذه النكهات قد يكون بسبب تركيب إستر واحد، لذا تستعمل الإسترات في النكهات والمشروبات، والعطور، والشموع المعطرة، والمواد المعطرة الأخرى.



■ **الشكل 11** الإسترات مسؤولة عن النكهات والروائح العطرية في العديد من الفواكه. وعلى سبيل المثال، المسؤول عن طعم الفواكه هو هكسانوات الميثيل، ويعزى طعم الأناناس إلى بيوتانوات الإيثيل. ومعظم الروائح العطرية والنكهات الطبيعية هي خليط من الإسترات والألدهيدات والكحولات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تجربة مصغرة

صنع إستر

كيف يمكنك تمييز الأستر؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. حضر حمام مائي ساخن من خلال وضع 150 mL من **ماء الصنبور** في **كأس سعته 250 mL** ضع الكأس على **سخان كهربائي**، واضبط درجة حرارته عند المتوسط.
3. استخدم **ميزان وورقة وزن** لقياس 1.5 g من **حمض الساليسيليك**. ضع حمض السالسليك في **أنبوب اختبار** وأضف إليه 3 mL من **الماء المقطر** بواسطة **مخبار مدرج** سعته **10 mL**. ثم أضف 3 mL من **الميثانول**. واستعمل **الماصة** في إضافة ثلاث قطرات من **حمض الكبريتيك المركّز** إلى أنبوب الاختبار. **تحذير: يمكن أن يسبب حمض الكبريتيك حروقًا، وقد يشتعل بخار الميثانول ويسبب انفجارًا، لذلك احفظه بعيدًا عن اللهب. وتعامل مع المواد الكيميائية بحرص وحذر شديد.**
4. عندما يصبح الماء ساخنًا، وقبل أن يغلي ضع أنبوب الاختبار في الحمام المائي مدة 5 دقائق. ثم ارفع أنبوب الاختبار من الحمام المائي باستخدام **الملقط**. وضعه في **حامل أنابيب الاختبار** لحين الحاجة له.
5. قم بوضع **قطعة قطنية** في **طبق بتري حتى المنتصف**. ثم قم بسكب محتويات أنبوب الاختبار على القطعة القطنية. سجل ملاحظاتك عن رائحة الناتج.

التحليل

1. **سمِّ** الاسم الشائع للإستر الذي قمت بإنتاجه هو زيت شاي كندا. قم بتسمية بعض المنتجات التي قد تحتوي على هذا الإستر.
2. **قيِّم** مضار وحسنات استخدام الإستر الصناعي في المنتجات الاستهلاكية مقارنة مع استخدام الإسترات الطبيعية.

الأميدات **الأميد** هو مركّب عضوي يحتوي على مجموعة كربوكسيل استُبدلت فيها مجموعة الهيدروكسيل (–OH) بذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى، والصيغة العامة للأميدات مبيّنة في **الجدول 11**. وتُسمّى الأميدات بكتابة اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسها، ويضاف المقطع "أميد" في نهاية الاسم. لذلك يكون اسم الأميد المبيّن في **الجدول 11** إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

التأكد من فهم النص كيف يختلف الأميد عن الحمض الكربوكسيلي؟

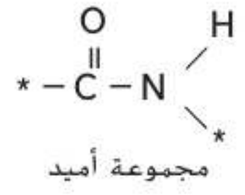
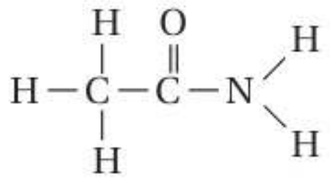
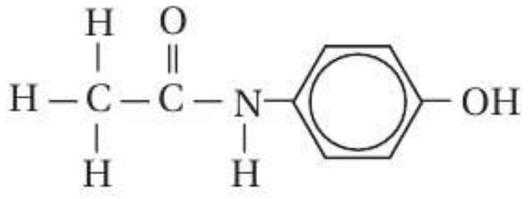
توجد المجموعة الوظيفية للأميد مكررة عدة مرات في البروتينات الطبيعية وفي بعض المواد الصناعية. لعلك تناولت مسكّنات ألم تحتوي على أسيتامينوفين بدلًا من الأسبرين، وبالنظر إلى تركيبه المبّين في **الجدول 11**. لاحظ أنه يتكون من مجموعة أميد (–NH–) مرتبطة مع مجموعة كربونيل ومجموعة أروماتية.

ومن أشهر الأميدات هو الكارأميد (NH_2CONH_2). والذي يعرف بالاسم الشائع يوريا. واليوريا هو آخر نواتج عملية هضم البروتينات في الثدييات، وتوجد في الدم والصفراء والحليب عند الثدييات. وعندما تتكسّر البروتينات تغادر مجموعات الأمين منها، وتتحول هذه المجموعات الأمينية (NH_2) إلى جزيئات أمونيا (NH_3) وتعتبر سامة للجسم. وتتحول الأمونيا السامة إلى يوريا في الكبد، وتُصفّى اليوريا خارج الدم في الكليتين، وتخرج من الجسم مع البول.

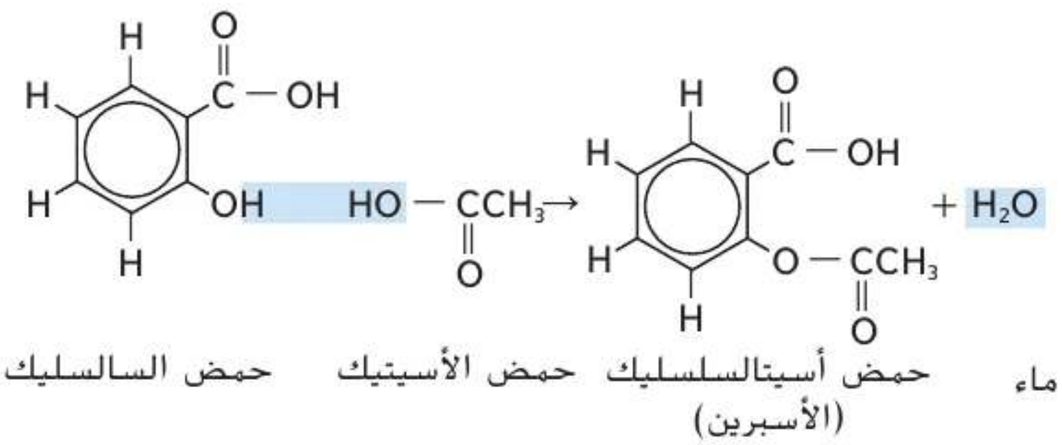
وبسبب النسبة العالية من النيتروجين في اليوريا، وسهولة تحويلها إلى أمونيا في التربة، تستعمل اليوريا كسماد تجاري. كما تستخدم اليوريا أيضًا كمصدر بروتيني للحيوانات العاشبة، مثل الماشية والأغنام، إذ تستخدم هذه الحيوانات اليوريا لإنتاج البروتين في أجسامها.

التأكد من فهم النص **حدِّد** أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.

الجدول 11 الأميدات

الصيغة العامة	أمثلة على الأميدات
 مجموعة أميد	 إيثان أميد (أسيتاميد)  أسيتامينوفين

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 12** لتحضير الأسبرين، يتحد جزيئين عضويين من خلال تفاعل تكثيف لتكوين جزيء أكبر.

تفاعلات تكثيف

تتطلب عمليات تحضير المركبات العضوية في المختبرات والعمليات الصناعية تفاعل مادتين لإنتاج مركّب عضوي جديد ضخم، مثل الأسبرين المبيّن في **الشكل 12**. ويسمى هذا التفاعل تفاعل تكثيف.

في **تفاعل التكثيف**، يرتبط جزيئين عضويين صغيرين لتكوين جزيء عضوي أكثر تعقيدًا، ومصحوبًا بجزيء صغير كالماء. وينتج الجزيء الصغير من كلا الجزيئين المتفاعلين. وتعتبر تفاعلات التكثيف من تفاعلات الحذف، حيث ترتبط فيه ذرتين لم يسبق لهما أن ارتبطا ببعضهما البعض. ومن أكثر تفاعلات التكثيف شيوعًا، تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية مع المواد العضوية الأخرى. والطريقة الشائعة لتحضير الإستر تتضمن تفاعل تكثيف بين حمض كربوكسيلي و كحول، يمكن التعبير عن مثل هذا التفاعل بالمعادلة العامة التالية.

$$RCOOH + R'OH \rightarrow RCOOR' + H_2O$$

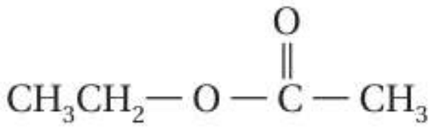
المطويات®
ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك.

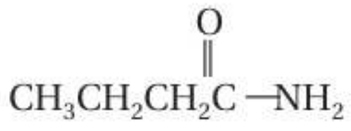
القسم 3 مراجعة

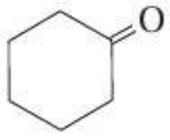
ملخص القسم

- مركّبات الكربونيل هي مركبات عضوية تحتوي على المجموعة C=O.
- يوجد خمسة أصناف من المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل هي الألدهيدات والكيتونات والأحماض الكربوكسيلية والإسترات والأميدات.

14. الفكرة الرئيسة **صنّف** كلًّا من مركّبات الكربونيل التالية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا القسم.

a.


b.


c.


d.


15. صِف نواتج تفاعل التكثيف بين حمض الكربوكسيليك والكحول.

16. حدِّد الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}. استنبط صيغًا عامة لكل من الألدهيد والكيتون والحمض الكربوكسيلي.

17. استدل لماذا تظهر المركبات العضوية الذائبة في الماء والتي تحتوي على مجموعات كربوكسيلية خصائص حمضية، بينما لا تظهر مركّبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدهيد هذه الخصائص.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 4

تفاعلات أخرى للمركّبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركّبات العضوية يجعل توقّع نواتج التفاعلات أسهل بكثير.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُصنّف التفاعلات العضوية؟
- لماذا يمثّل رسم الصيغ البنائية عند كتابة معادلات تفاعلات للمركّبات العضوية أمرًا مفيدًا؟
- كيف يمكن أن يساعدك تصنيف تفاعل في توقّع نواتج التفاعل؟

مفردات للمراجعة

العامل الحفاز catalyst: مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي من خلال خفض طاقات التنشيط ولكنها لا تُستهلَك في التفاعل

مفردات جديدة

تفاعل الحذف elimination reaction

تفاعل نزع الهيدروجين dehydrogenation reaction

تفاعل نزع الماء dehydration reaction

تفاعل الإضافة addition reaction

تفاعل إضافة الماء hydration reaction

تفاعل الهدرجة hydrogenation reaction

الكيمياء في حياتك

أثناء تناولك الغداء، قد لا يخطر ببالك أكسدة المركّبات العضوية، ولكن هذا ما سيحدث تمامًا، حيث تقوم الخلايا بتحطيم الطعام الذي تناولته للحصول على الطاقة اللازمة لجسمك.

تصنيف تفاعلات المواد العضوية

لقد اكتشف علماء الكيمياء العضوية آلاف التفاعلات التي يمكن أن تتغيّر من خلالها المركّبات العضوية إلى مركّبات عضوية مختلفة. وتعتمد الصناعات الكيميائية على هذه التفاعلات لتحويل جزيئات المركّبات العضوية البسيطة الموجودة في النفط والغاز إلى جزيئات أكثر تعقيدًا وضخمة، توجد في العديد من المنتجات المفيدة، كالأدوية والمواد الاستهلاكية، كما هو مبيّن في **الشكل 13**.

لقد قرأتَ سابقًا عن تفاعلات الاستبدال والتكثيف. يوجد نوعان مهمان آخران من التفاعلات التي يمكن من خلالها أن تتغيّر المركّبات العضوية إلى مركّبات مختلفة وهما تفاعلات الحذف وتفاعلات الإضافة.

تفاعلات الحذف إحدى الطرائق المتّبعة في تغيير الألكان إلى مادة كيميائية نشطة، ألا وهي تكوين رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتي كربون، لإنتاج الألكين. ويُعرف تكوين روابط ثنائية من روابط أحادية بين ذرات الكربون باسم **تفاعل الحذف**، وهو تفاعل يمكن من خلاله إزالة مجموعة من الذرات من ذرتَي كربون متجاورتين، مكونًا بذلك رابطة إضافية بينهما. عادةً ما تُكوّن الذرات التي تمت إزالتها جزيئات مستقرة، مثل H_2O أو HCl أو H_2.

☑ **التأكد من فهم النص** **عرّف** تفاعل الحذف بكلماتك الخاصة.



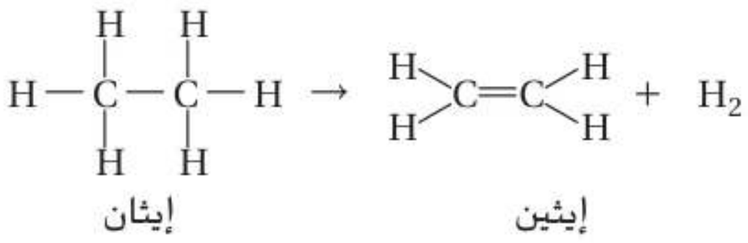
■ **الشكل 13** يُصنّع العديد من المنتجات الاستهلاكية -مثل الأواني البلاستيكية، وألياف الحبال والملابس، والزيوت والشموع التي تستعمل في مستحضرات التجميل- من النفط والغاز الطبيعي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 14** يصنع البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) من غاز الإيثين بوجود عامل حفاز. ويُستخدم البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) في تصنيع الأدوات الموجودة في ملاعب الأطفال. ويسهل تشكيله في أشكال متعددة. كما يسهل صباغته بالعديد من الألوان. بالإضافة إلى متانته وقدرته على تحمل الاستعمال المتكرر.

يتم إنتاج الإيثين، المادة الأولية لصناعة الأدوات الموجودة في الملاعب كما هو موضَّح في **الشكل 14**، من خلال إزالة ذرتَي هيدروجين من الإيثان. ويُطلق على التفاعل الذي يتم فيه حذف ذرتَي هيدروجين اسم **تفاعل نزع الهيدروجين**. لاحظ أنّ ذرتَي الهيدروجين تكوِّنان جزيء غاز الهيدروجين.

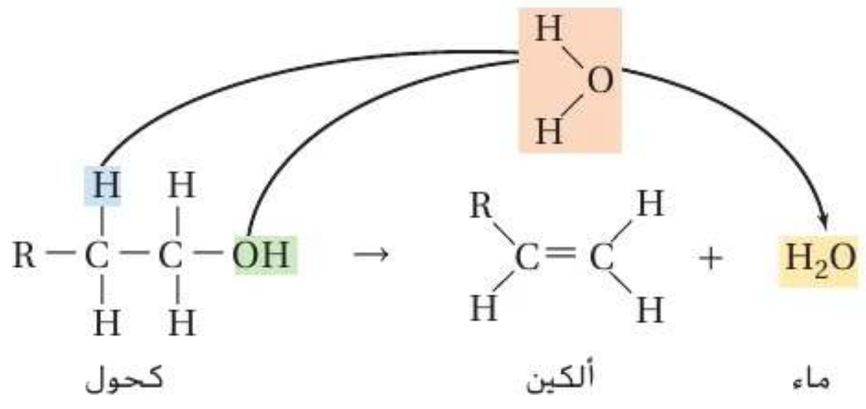


يمكن أن يخضع هاليد الألكيل لتفاعلات الحذف لإنتاج ألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو موضّح هنا.

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}X \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + HX$$

هاليد الألكيل — ألكين — هاليد الهيدروجين

بالمثل، يمكن أن تخضع الكحولات لتفاعلات الحذف عبر فقْد ذرة هيدروجين ومجموعة هيدروكسيل لتكوين الماء، كما هو موضّح أدناه. ويُعرف تفاعل الحذف الذي تتم فيه إزالة جزيئات من الماء باسم **تفاعل نزع الماء**. وفي هذا التفاعل، يتحول الكحول إلى ألكين وماء.

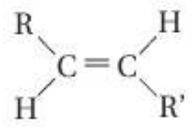
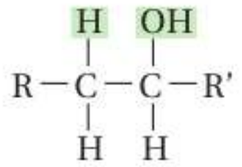
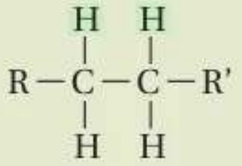
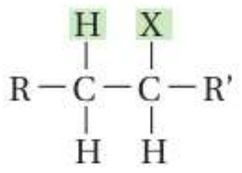
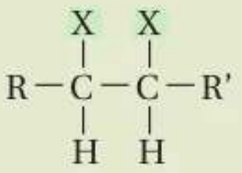


وتُكتب الصيغة العامة لتفاعل نزع الماء كما يلي.

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + H_2O$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 12 ملخص تفاعلات الإضافة

الألكين المتفاعل	المادة المتفاعلة بالإضافة	الناتج
	الماء 	الكحول 
	الهيدروجين (الهدرجة)	الألكان 
	هاليد الهيدروجين	هاليد الألكيل 
	الهالوجين 	ثنائي هاليد الألكيل 

تفاعلات الإضافة نوع آخر من التفاعلات العضوية تبدو وكأنها تفاعل حذف ولكن بطريقة معكوسة. ويحدث **تفاعل الإضافة** عندما تتحد الذرات الأخرى مع كل ذرة من الذرتين المرتبطتين معًا بروابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. تتضمّن تفاعلات الإضافة عادةً ذرات الكربون المرتبطة بروابط ثنائية في الألكينات أو ذرات الكربون المرتبطة بروابط ثلاثية في الألكاينات. وتحدث تفاعلات الإضافة بسبب تميّز الروابط الثنائية والثلاثية بوجود تركيز عالٍ من الإلكترونات. ولذلك تميل الجزيئات والأيونات إلى جذب الإلكترونات لتكوين روابط تستعمل فيها إلكترونات الرابطة الثنائية والثلاثية. أما تفاعلات الإضافة الأكثر شيوعًا، فهي تلك التي يتم فيها إضافة H_2O أو H_2 أو HX أو X_2 إلى الألكين، كما هو موضّح في **الجدول 12**.

إنّ **تفاعل إضافة الماء**، الموضّح في **الجدول 12**، هو تفاعل إضافة حيث تتم فيه إضافة ذرة هيدروجين ومجموعة هيدروكسيل من جزيء الماء إلى رابطة ثنائية أو ثلاثية. وتُظهر المعادلة العامة الموضّحة في **الجدول 12** أنّ تفاعل إضافة الماء عكس تفاعل نزع الماء.

يُطلق على التفاعل الذي يتضمّن إضافة هيدروجين إلى الذرات المرتبطة برابطة ثنائية أو ثلاثية اسم **تفاعل الهدرجة**، حيث يتفاعل جزيء واحد من H_2 ليعمل على هدرجة كل رابطة ثنائية في الجزيء بشكل كامل. وعند إضافة H_2 إلى الرابطة الثنائية في الألكين، يتحوّل الألكين إلى ألكان.

☑ **التأكد من فهم النص** **حدّد** التفاعل العكسي لتفاعل الهدرجة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تحتاج غالبًا إلى العوامل الحفازة في هدرجة الألكينات، لأن طاقة تنشيط التفاعل تكون كبيرة جدًا من دونها. فتوفر العوامل الحفازة مثل مسحوق البلاتين أو البلاديوم سطحًا يعمل على امتصاص المواد المتفاعلة ويجعل إلكتروناتها متوفرة بشكل أكبر لترتبط مع الذرات الأخرى.

تُستخدم تفاعلات الهدرجة بشكلٍ شائع لتحويل الدهون السائلة غير المشبعة الموجودة في الزيوت النباتية مثل حبوب الصويا والذرة والفول السوداني إلى دهون صلبة مشبعة في درجة حرارة الغرفة. وتُستخدم هذه الدهون المهدرجة لصنع السمن الصناعي والزبد الصلب.

يمكن أيضًا هدرجة الألكاينات لإنتاج الألكينات أو الألكانات. فيجب إضافة جزيء واحد من H_2 لكل رابطة ثلاثية بهدف تحويل الألكاين إلى ألكين، كما هو موضّح في المعادلة التالية:

$$R{-}C{\equiv}C{-}H + H_2 \rightarrow R{-}CH{=}CH_2$$

بعد إضافة الجزيء الأول من H_2، يتحوّل الألكاين إلى ألكين، وعند إضافة جزيء ثاني من H_2 يستمر تفاعل الهدرجة، ويتكون الألكان.

$$R{-}CH{=}CH_2 + H_2 \rightarrow R{-}CH_2{-}CH_3$$

في آلية مشابهة، تُعتبر إضافة هاليدات الهيدروجين إلى الألكينات تفاعل إضافة مفيد في مجال الصناعة من أجل إنتاج هاليدات الألكيل. كما في المعادلة العامة التالية:

$$R{-}CH{=}CH{-}R' + HX \rightarrow R{-}CHX{-}CH_2{-}R'$$

مختبر تحليل البيانات

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تفسير البيانات

ما الظروف المناسبة لهدرجة زيت الكانولا؟ يُهدرج الزيت النباتي الصالح للأكل للمحافظة على نكهته وتحسين قدرته على الانصهار. وتشير الدراسات إلى ارتباط أيزومورات الأحمض الدهنية من النوع (ضد (trans)) لذا نلاحظ أن مقدار أيزومورات الأحماض الأمينية من النوع (مع (cis)) أكبر بكثير من الأيزومورات من النوع ترانس.

تم استخدام النماذج الحاسوبية لمحاكاة الظروف، والتحكم في ثمانية متغيّرات لتحسين نواتج الزيت المرغوب فيه إلى الحد الأقصى. تم كذلك تحديد العديد من ظروف التشغيل المثالية. وتم استخدام كمية قليلة من نبات صناعي لتأكيد نتائج المحاكاة الحاسوبية.

البيانات والملاحظات

يُظهر الجدول الموجود على اليمين بعض البيانات التجريبية.

التفكير الناقد

1. **احسب** النسبة المئوية لكل تجربة في الجدول.
2. **قيّم** ما التجربة أو التجارب التي نتج عنها أعلى نسبة من أيزومورات (ضد (trans)) للأحماض الدهنية وأقل نسبة من أيزومورات (مع (cis)) لحمض الأوليك؟

بيانات زيت الكانولا

	المحاكاة الحاسوبية		التجربة	
رقم التجربة	ضد (trans)- الأحماض الدهنية (wt. %)	مع (cis)- حمض الأوليك (wt. %)	ضد (trans)- الأحماض الدهنية (wt. %)	مع (cis)- حمض الأوليك (wt. %)
1	4.90	69.10	5.80	70.00
2	4.79	63.75	4.61	64.00
3	4.04	68.96	4.61	67.00
4	5.99	62.80	7.10	65.00
5	4.60	68.10	5.38	66.50

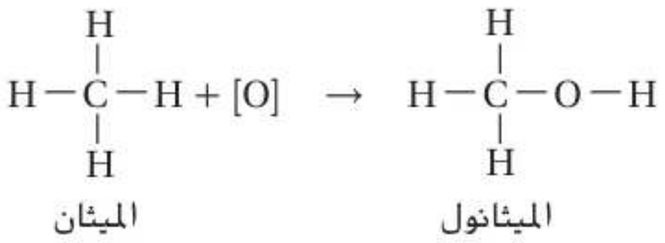
أخذت البيانات من Izadifar, M. 2005. Application of genetic algorithm for optimization of vegetable oil hydrogenation process. *Journal of Food Engineering*. 78 (2007) 1-8.

3. **اشرح** سبب اعتبار التقنيات المستخدمة في هذا الاستكشاف مفيدة في عمليات التصنيع.

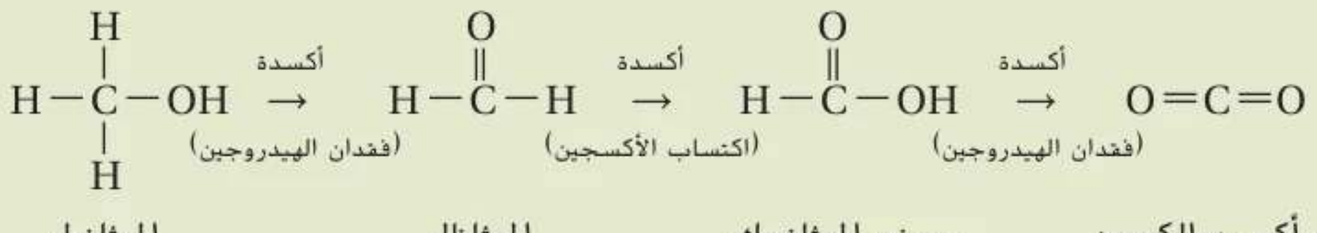
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الجدول 13 تفاعلات الأكسدة-الاختزال

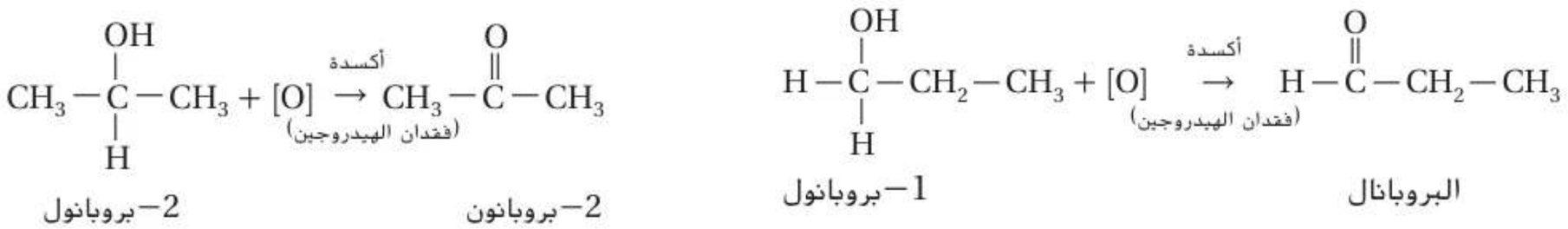
أكسدة الألكان إلى كحول



سلسلة من تفاعلات الأكسدة



أكسدة أيزومرين



تفاعلات الأكسدة-الاختزال يمكن تحويل العديد من المركّبات العضوية إلى مركّبات أخرى من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال. على سبيل المثال، افترض أنّك ترغب في تحويل الميثان، المكوّن الأساسي للغاز الطبيعي، إلى الميثانول وهو مذيب صناعي شائع ومادة خام تُستخدم في صناعة الفورمالدهيد وإستر ميثانوات الميثيل إستر الميثيل. ويمكن تحويل الميثان إلى الميثانول من خلال المعادلة الموضّحة في **الجدول 13**، حيث يمثّل [O] الأكسجين من عامل مثل أكسيد النحاس (II) أو ثاني كرومات البوتاسيوم أو حمض الكبريتيك.

ماذا يحدث للميثان في هذا التفاعل؟ قبل الإجابة عن هذا السؤال ينبغي مراجعة تعريفات الأكسدة والاختزال. الأكسدة هي عملية فقد الإلكترونات، وتكون المادة متأكسدة عندما تكتسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. أما الاختزال هو عملية اكتساب الإلكترونات، ويحدث للمادة اختزال عندما تفقد الأكسجين أو تكتسب الهيدروجين. لذا، يُعد الميثان متأكسدًا حيث إنّه يكتسب الأكسجين ويتحوّل إلى الميثانول. بالطبع، يتضمّن تفاعل الأكسدة-الاختزال عمليتَي الأكسدة والاختزال. ويمكن وصف تفاعل الأكسدة - اختزال للمركّب العضوي اعتمادًا على التغير الذي يطرأ عليه.

تعتبر أكسدة الميثانول الموضّحة في **الجدول 13** أول خطوة في سلسلة من التفاعلات التي يمكن أن تُستخدم لإنتاج الألدهيد، الموضّح أيضًا في **الجدول 13**. للتوضيح، تم إهمال العوامل المؤكسدة. لا يُعد تحضير الألدهيد باستخدام هذه الطريقة مهمة بسيطة حيث قد تستمر الأكسدة، مكوّنة حمضًا كربوكسيليًّا.

التأكد من فهم النص **حدِّد** استعن **بالجدول 13** في تحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألدهيد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ولكن لا يمكن أكسدة جميع الكحولات إلى ألدهيدات ومن ثمّ إلى أحماض كربوكسيلية. ولفهم سبب ذلك، قارن بين أكسدة 1-بروبانول و 2-بروبانول، كما هو موضّح في **الجدول 13**. لاحظ أنّ أكسدة 2-بروبانول ينتج عنها كيتون، وليس ألدهيد. وعلى عكس الألدهيدات، تقاوم الكيتونات الأكسدة الإضافية والتحوّل إلى الأحماض الكربوكسيلية. لذا، في حين يتأكسد البروبانال المتكوّن من أكسدة 1-بروبانول لتكوين حمض البروبانويك بسهولة، لا يتفاعل 2-بروبانون المتكوّن من أكسدة 2-بروبانول لتكوين حمض كربوكسيلي.

التأكد من فهم النص **اكتب** معادلة تكوّن حمض البروبانويك بالصيغ الجزيئية، بصورة مشابهة لتلك الموجودة **الجدول 13**.

ما أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ لقد رأيت أنّ تفاعلات الأكسدة والاختزال يمكن أن تغيّر مجموعة وظيفية إلى أخرى. واعتمادًا على ذلك، يستعمل الكيميائيين تفاعلات الأكسدة-الاختزال العضوية، بالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال والإضافة، لتصنيع مجموعة هائلة من المنتجات المتنوّعة المفيدة. وتعتمد كافة الأنظمة الحية، على الطاقة المنطلقة من تفاعلات الأكسدة. وكما تعتبر تفاعلات الاحتراق من أبرز تفاعلات الأكسدة-الاختزال. إذ تحترق جميع المركّبات العضوية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين بوجود كمية وافرة من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء. على سبيل المثال، يوصف احتراق الإيثان الطارد للحرارة العالية من خلال المعادلة الكيميائية الحرارية التالية:

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(l) \qquad \Delta H = -3120\ kJ$$

ويعتمد العالم في أغلبه على احتراق المركّبات الهيدروكربونية كمصدر أساسي للطاقة. ويتضح اعتمادنا على الطاقة من تفاعلات الأكسدة للمركبات العضوية المبيّنة في **الشكل 15**.

توقُّع نواتج التفاعلات العضوية

يمكن استخدام المعادلات العامة التي تمثّل أنواع التفاعلات العضوية التي تعلمتها، الاستبدال والحذف والإضافة والأكسدة-الاختزال والتكثيف، لتوقّع نواتج التفاعلات العضوية الأخرى من الأنواع نفسها. على سبيل المثال، افترض أنّه طُلب منك توقّع ناتج تفاعل الحذف الذي يكون فيه 1-بيوتانول مادة متفاعلة. وأنتَ تعلم أنّ تفاعل الحذف الشائع الذي يتضمّن الكحول يكون تفاعل نزع الماء.

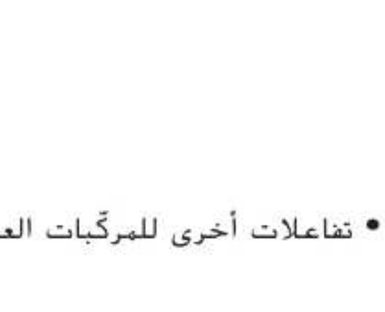
الكيمياء في الحياة اليومية

مركّبات هيدروكربونية أروماتية متعدّدة الحلقات (PAHs)



الجزيئات الحيوية

تتكوّن المركّبات الهيدروكربونية من العديد من الحلقات الأروماتية التي تُسمى المركّبات الهيدروكربونية الأروماتية متعدّدة الحلقات (PAHs). وتم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. قام العلماء بمحاكاة ظروف الفضاء ووجدوا أنّ حوالي 10% من PAHs قد تحوّلت إلى كحولات وكيتونات وإسترات. ويمكن استخدام هذه الجزيئات لتكوين مركّبات مهمة في الأنظمة الحيوية.





■ **الشكل 15** يعتمد الناس حول العالم على أكسدة المركّبات الهيدروكربونية للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

في ما يلي المعادلة العامة لحذف الماء من الكحول.

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + H_2O$$

المطويات® ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك.

لتحديد الناتج الفعلي، ارسم أولًا الصيغة البنائية لـ 1-بيوتانول. ثم استعن بالمعادلة العامة كنموذج لمعرفة كيفية تفاعل 1-بيوتانول. يُظهر التفاعل العام إزالة OH و H، من سلسلة الكربون. وأخيرًا، ارسم الصيغة البنائية للنواتج المحتملة، كما هو موضّح في المعادلة التالية:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + H_2O$$

1-بيوتانول — 1-بيوتين

مثال آخر، افترض أنّك ترغب في توقّع ناتج التفاعل بين البِنتين الحلقي وبروميد الهيدروجين. تذكر أنّ المعادلة العامة لتفاعل الإضافة بين الألكين وهاليد الألكيل هي كما يلي:

$$R{-}CH{=}CH{-}R' + HX \rightarrow R{-}CHX{-}CH_2{-}R'$$

أولًا، ارسم الصيغة البنائية للبنتين الحلقي، وهو المادة العضوية المتفاعلة ثم أضِف صيغة بروميد الهيدروجين، المادة المتفاعلة الأخرى، من المعادلة العامة. يمكنك ملاحظة مكان إضافة ذرة الهيدروجين وذرة الهالوجين على الرابطة التساهمية الثنائية لتكوين هاليد الألكيل. وأخيرًا، ارسم الصيغة للناتج المحتمل. إذا كنت مصيبًا، فيفترض أنّك قمتَ بكتابة المعادلة التالية:



البنتين الحلقي — بروميد الهيدروجين — بروميو بنتان حلقي

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركّبات العضوية إلى واحدة من خمس فئات: الاستبدال والحذف والإضافة والأكسدة-الاختزال والتكثيف.
- قد تمكّنك معرفة أنواع المركّبات العضوية المتفاعلة من توقّع نواتج التفاعل.

18. الفكرة الرئيسة **صنِّف** كل تفاعل كاستبدال أو حذف أو إضافة أو تكثيف.

a. $CH_3CH{=}CHCH_2CH_3 + H_2 \rightarrow CH_3CH_2{-}CH_2CH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 \rightarrow CH_3CH_2CH{=}CHCH_3 + H_2$

19. **حدِّد** نوع التفاعل العضوي الذي يحقق كل من التحويلات التالية بشكل أفضل.

a. هاليد ألكيل ← ألكين
b. ألكين ← كحول
c. كحول + حمض كربوكسيلي ← إستر
d. ألكين ← ثنائي هاليد الألكيل

20. **أكمل** المعادلات التالية بكتابة الصيغ البنائية للنواتج المحتملة.

a. $CH_3CH{=}CHCH_2CH_3 + H_2 \rightarrow$

b. $CH_3CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + OH^- \rightarrow$

21. **التوقع** فسّر سبب الحصول على ناتجين مختلفين عند إضافة الماء إلى 1-بيوتين، بينما يتكون ناتج واحد عند إضافة الماء إلى 2-بيوتين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

القسم 5

البوليمرات

الفكرة الرئيسة إنّ البوليمرات الصناعية هي جزيئات عضوية كبيرة مكوّنة من وحدات متكرّرة مرتبطة معًا من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثيف.

الكيمياء في حياتك

فكّر كيف ستكون حياتك مختلفة دون أكياس الشطائر البلاستيكية، والأكواب البلاستيكية، وأقمشة النايلون والبوليستر، وألواح الفينيل المستخدمة في المباني، والوسائد الإسفنجية، إضافة إلى مجموعة أخرى متنوعة من المواد الصناعية. تشترك هذه المواد جميعها في شيء واحد على الأقل، ألا وهو أنها جميعها تتكون من بوليمرات.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يساعدك تصميم الرسم التخطيطي في فهم العلاقة بين البوليمر والمونومرات التي يتكوّن منها؟
- ما الذي يميّز بين تفاعلات البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف؟
- كيف يُمكنك استخدام التراكيب الجزيئية ووجود المجموعات الوظيفية في توقّع خواص البوليمرات؟

مفردات للمراجعة

الكتلة الجزيئية molecular mass: هي كتلة جزيء واحد من المادة

مفردات جديدة

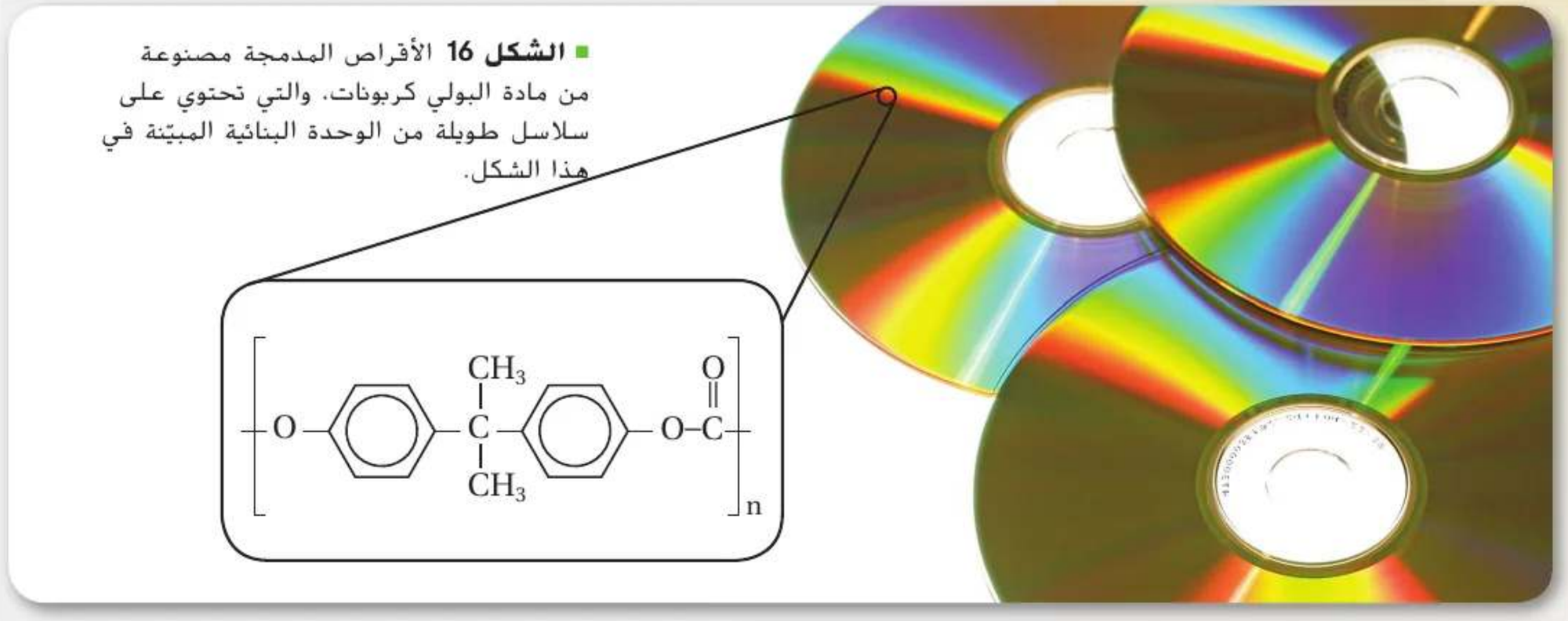
البوليمر polymer
المونومر monomer
تفاعل البلمرة polymerization reaction
البلمرة بالإضافة addition polymerization
البلمرة بالتكثيف condensation polymerization
البلاستيك الحراري thermoplastic
المتصلب بالحرارة thermosetting

عصر البوليمرات

تحتوي الأقراص المدمجة، الموضّحة في **الشكل 16**، على مادة البولي كربونات، وهي مادة مصنوعة من جزيئات طويلة جدًا تحتوي على مجموعات من الذرات ذات نمط تكراري منتظم. ويُعدّ هذا الجزيء مثالًا على البوليمر الصناعي. إنّ **البوليمرات** هي جزيئات كبيرة تتكوَّن من العديد من الوحدات البنائية المتكرّرة. ففي **الشكل 16**، يُمثِّل الحرف *n* الموجود بجانب الوحدة البنائية للبولي كربونات عدد الوحدات البنائية الموجودة في سلسلة البوليمر. وبسبب اختلاف قِيم *n* بشكل كبير بين بوليمر وآخر، نجد أن الكتل الجزيئية للبوليمرات تتراوح ما بين أقل من 10,000 amu لتصل إلى أكثر من 1,000,000 amu. فمثلًا، تحتوي سلسلة الطلاء الموجودة على الطبقة الخارجية غير اللاصقة للمقلاة على 400 وحدة بنائية، بحيث تكون كتلتها الجزيئية تساوي 40,000 amu.

قديمًا، كانت استخدامات الناس مقتصرة على المواد الطبيعية فقط، مثل الصخور، والأخشاب، والفلزات، والصوف، والقطن، وذلك قبل عملية تطوير البوليمرات الصناعية. ومع بداية القرن العشرين، توافر القليل من البوليمرات الطبيعة المعالجة كيميائيًا، مثل المطاط، والبلاستيك، والسيليلويد، بحيث أصبحت متاحة للاستخدام إلى جانب البوليمرات الطبيعية. والجدير بالذكر أن السيليلويد يُحضّر بوساطة معالجة السيليلوز الموجود في القطن، أو الألياف الخشبية في حمض النيتريك.

أول بوليمر صناعي، تم تصنيعه عام 1909، سُمّي الباكلايت، وهو بلاستيك صلب وهش؛ وبسبب قدرته على مقاومة الحرارة، فإنّه لا يزال يُستخدم في أجهزة الأفران وأجهزة الوقود. ومنذ العام 1909، طُوّرت المئات من البوليمرات الصناعية الأخرى. وبسبب التوسع الهائل في نطاق استخدام البوليمرات، قد يُطلِق الناس على هذا الزمن "عصر البوليمرات".



■ **الشكل 16** الأقراص المدمجة مصنوعة من مادة البولي كربونات، والتي تحتوي على سلاسل طويلة من الوحدة البنائية المبيّنة في هذا الشكل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 17** يُعدّ البولي إيثيلين بوليمر غير سام وغير قابل للكسر. لذا يستخدم في صناعة ألعاب الأطفال.

التفاعلات المستخدمة في صناعة البوليمرات

يُعدّ تصنيع البوليمرات أمرًا سهلًا نسبيًا، حيث يُمكن تصنيعها عادةً في خطوة واحدة تكون فيها المادة المتفاعلة الرئيسة عبارة عن مادة مكوَّنة من جزيئات عضوية بسيطة وصغيرة تُسمى المونومرات. و**المونومر** هو الجزيء الذي يُصنع منه البوليمر.

عند صناعة البوليمر، ترتبط المونومرات معًا واحدًا تلو الآخر في سلسلة سريعة من الخطوات. وفي العادة، يُستخدم العامل الحفاز لكي يحدث التفاعل بسرعة معقولة. ففي بعض البوليمرات، مثل ألياف البوليستر، والنايلون، يرتبط اثنان أو أكثر من المونومرات معًا في تسلسل متناوب. ويسمى التفاعل الذي ترتبط فيه المونومرات معًا لتكوين البوليمر **تفاعل البلمرة**. وتسمى مجموعة الذرات المتكررة الناتجة من ترابط المونومرات وحدة بناء البوليمر. وتتكون وحدة بناء البوليمر من اثنين من المونومرات المختلفة، والتي لها نفس المكونات.

يبيّن **الشكل 17** ألعاب الأطفال غير القابلة للكسر المصنوعة من البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE)، والذي تم تحضيره بوساطة بلمرة الإيثين تحت ضغط معيّن. كما يُمكن صناعة جليكول الإيثيلين من الإيثين، وهو المكوّن الأولي لمادة البولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)، والتي يمكن تحويلها إلى زجاجات أو غزلها إلى ألياف. وعندما تكون في صورة ألياف، تسمى ألياف البوليستر.

يُسلط **الشكل 18** الضوء على الأحداث البارزة في مراحل تطوّر البوليمر، والتي أدت إلى ظهور عصر البوليمرات. على الرغم من أن أول بوليمر تمت صناعته في العام 1909، إلّا أنّ صناعة البوليمرات لم تزدهر إلا بعد الحرب العالمية الثانية.

☑ **التأكد من فهم النص** **قارن وقابل** بين المونومر والوحدة البنائية للبوليمر.

■ **الشكل 18**

عصر البوليمرات

قام العلماء الذين يعملون على فهم تركيب وخواص المركبات العضوية بتطوير المركبات التي تؤثر في حياة الناس في كل مكان. وقد كانت إسهاماتهم بمثابة انطلاقة نحو عصر البوليمرات.



1909 تم تطوير أول بلاستيك مصنوع من البوليمرات الصناعية وهو الباكلايت.

1865 تم فيه تحديد تركيب البنزين. وأصبح الأساس لإنتاج المركبات الأروماتية.

1890

1860

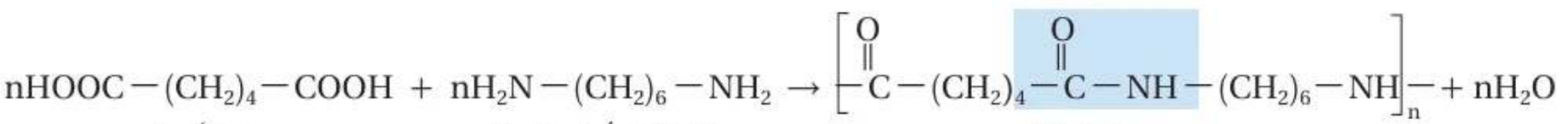
1830

1899 انتشر الأسبرين بشكل واسع من قِبَل الأطباء كعلاج للألم. وسرعان ما أصبح الدواء الأكثر مبيعًا في كل أنحاء العالم.

1879 اكتُشف السكرين بطريق الصدفة بواسطة كيميائي كان يعمل على مشتقات تقطير الفحم.

في أربعينيات القرن التاسع عشر بدأ الأطباء في استخدام الإيثر كمخدر أثناء الجراحة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 19** يُعدّ النايلون بوليمرًا مكوّنًا من خيوط رفيعة تشبه الحرير.

البلمرة بالإضافة في **البلمرة بالإضافة**، تظهر كل الذرات الموجودة في المونومرات في تركيب البوليمر الناتج. وعندما يكون الإيثين هو المونومر، ينتج عن البلمرة بالإضافة بوليمر البولي إيثيلين. فعند حدوث تفاعل البلمرة بالإضافة، تتكسر الروابط غير المشبّعة، تمامًا كما يحدث في تفاعلات الإضافة. لكن الاختلاف بينهما هو أنّ الجزيء المُضاف هو جزيء ثانٍ من المادة نفسها، وهو الإيثين. لاحظ أنّ بوليمرات الإضافة الموجودة في **الجدول 14** في الصفحة التالية تتشابه مع البولي إيثيلين من حيث التركيب. هذا يعني أنّ التركيب الجزيئي لكل منها مطابق للبولي إيثيلين، حيث ترتبط الذرات الأخرى أو مجموعات الذرات بالسلسلة لتحل محل ذرات الهيدروجين. وتُصنَّع كل هذه البوليمرات عن طريق البلمرة بالإضافة.

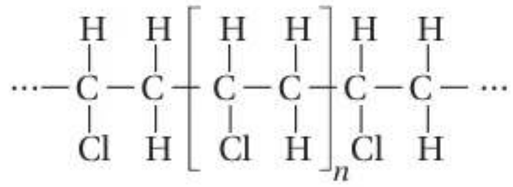
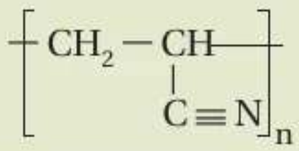
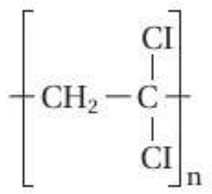
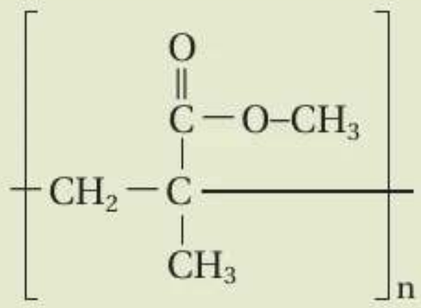
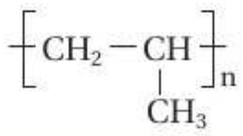
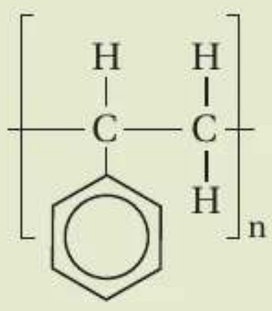
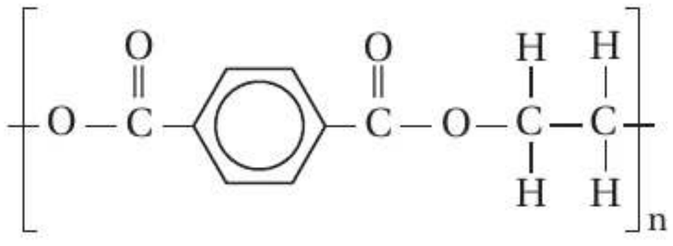
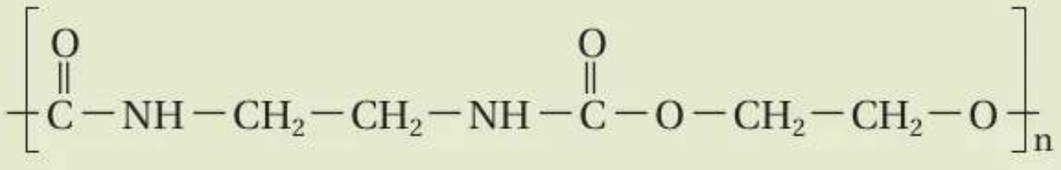
البلمرة بالتكثيف تحدث **البلمرة بالتكثيف** عندما تتحد المونومرات التي تحتوي على مجموعتين وظيفيتين على الأقل مع فقدان ناتج ثانوي صغير، وعادةً ما يكون الماء. ويُصنّع النايلون ونوع من الألياف المضادة للرصاص بهذه الطريقة. تم تصنيع النايلون لأول مرة عام 1931 وسرعان ما أصبح شائعًا ويعود السبب في ذلك إلى قوته والقدرة على سحبه في هيئة خيوط رفيعة تشبه الحرير. ونايلون 6,6 هو اسم أحد أنواع النايلون الذي تم تصنيعها. ويتكون أحد المونومرات من سلسلة في نهايتيها ذرتين كربون، وكل واحدة منهما هي جزء من مجموعة الكربوكسيل، كما هو موضّح في **الشكل 19**، والمونومر الآخر عبارة عن سلسلة فيها مجموعات أمين في كلتا النهايتين. وتخضع هذه المونومرات للبلمرة بالتكثيف وتُكوّن مجموعات الأميد التي ترتبط مع الوحدات الفرعية للبوليمر، كما هو موضّح في المربع الملوّن في **الشكل 19**. لاحظ تكوّن جزيء واحد من الماء مقابل تكوين كل رابطة أميد جديدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.





الجدول 14 البوليمرات الشائعة

البوليمر	التطبيقات	الوحدة البنائية
بولي كلوريد الفينيل (PVC)	الأنابيب البلاستيكية، أوراق تغليف اللحوم، مواد التنجيد، الملابس المضادة للمطر، الألواح الجانبية الخارجية المثبّتة على المنازل، خراطيم الماء 	 بولي كلوريد الفينيل
بولي أكريلونيتريل	أقمشة الملابس ومواد التنجيد والسجّاد	
بولي فينيلدين كلوريد	تغليف الأطعمة، الأقمشة 	
بولي ميثيل ميثاكريلات	(زجاج الأكريليك) "غير قابل للكسر" للنوافذ، عدسات غير مكلفة، التحف الفنية 	
بولي بروبيلين (PP)	عبوات المشروبات، الحبال، الشبكات، أدوات المطبخ	
البوليستيرين (PS) وبلاستيك الستايرين	رغوة التغليف والعزل وأصص النبات وعبوات الأطعمة المخصَّصة للاستعمال مرة واحدة وعمل النماذج 	
بولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)	زجاجات المشروبات الغازية، أسلاك الإطارات، الملابس، أشرطة التسجيل، الأدوات البديلة للأوعية الدموية	
بولي يورإيثان	وسائد الأثاث الإسفنجية، الطلاء الخارجي المضاد للماء، أجزاء من الأحذية	

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 20** تُصنع ألواح الخشب من البلاستيك المُعاد تدويره، مثل زجاجات المشروبات الغازية وعبوات اللبن المستهلكة وغيرها من نفايات البولي إيثيلين الأخرى.

خواص البوليمرات وإعادة تدويرها

لماذا نستخدم العديد من البوليمرات المختلفة في الوقت الحالي؟ يعود أحد الأسباب إلى سهولة تصنيعها. والسبب الآخر هو أنّ المواد الأولية المُستخدمة في تصنيعها غير مكلفة. وثمة سبب آخر أكثر أهمية وهو أنّ للبوليمرات نطاقًا واسعًا من الخواص. يُمكن سحب بعض البوليمرات للحصول على ألياف فاخرة أكثر نعومة من الحرير، بينما يكون البعض الآخر قويًّا كالفولاذ. ولا تصدأ البوليمرات كما يفعل الفولاذ، بالإضافة إلى أنّ العديد من البوليمرات تبقى مدة أطول من المواد الطبيعية مثل الأخشاب. فضلًا عن أنّ المواد البلاستيكية المستخدمة في تصميم الأرضية الخشبية، مثل تلك المبيّنة في **الشكل 20**، غير قابلة للتآكل ولا تحتاج إلى إعادة الطلاء.

خواص البوليمرات ثمّة سبب آخر يوضّح الطلب المتزايد على البوليمرات وهو سهولة تشكيلها إلى أشكال مختلفة أو سحبها لتكوين ألياف رفيعة. ولا يكون الأمر بهذه السهولة مع الفلزات والمواد الطبيعية الأخرى، حيث يجب تسخينها على درجات حرارة مرتفعة، وقد لا تنصهر على الإطلاق، أو تصبح ضعيفة للغاية كي تُستخدم في تشكيل أدوات صغيرة رفيعة.

وكما هو الحال مع كل المواد، فإن للبوليمرات خواص تتميّز بها بسبب تركيبها الجزيئي، مثل البولي إيثيلين، وهو ألكان ذو سلسلة طويلة. ولهذا، فإنّ لديه ملمسًا شمعيًا ولا يذوب في الماء ولا يتفاعل ويُعتبر موصّلًا رديئًا للكهرباء. تجعله هذه الخواص مثاليًا للاستخدام في عبوات حفظ الأطعمة والمشروبات وكعوازل في الأسلاك الكهربائية وكابل التلفاز.

تنقسم البوليمرات إلى فئتين مختلفتين، بناءً على خصائص انصهارها. بوليمر **البلاستيك الحراري** هو الذي يُمكن صهره وتشكيله عدة مرات إلى أشكال ثابتة عند التبريد. يُعدّ كل من البولي إيثيلين والنايلون أمثلة على بوليمرات البلاستيك الحراري. والبوليمر **المتصلب بالحرارة** هو الذي يُمكن تشكيله عند تحضيره أول مرة، ولكن بعد التبريد، لا يُمكن إعادة صهره. يُمكن شرح هذه الخاصية من خلال حقيقة أنّ البوليمرات المتصلبة بالحرارة تبدأ في تكوين شبكات من الروابط في العديد من الاتجاهات عند تصنيعها. وحينما تبرد، تُصبح هذه البوليمرات، في الواقع، جزيئًا واحدًا كبيرًا. ويُعدّ الباكلايت مثالًا على البوليمر المتصلب بالحرارة. وبدلًا من الانصهار، يتحلّل الباكلايت عند الإفراط في تسخينه.

☑ **التأكد من فهم النص** **قارن وقابل** بين بوليمرات البلاستيك الحراري والمتصلبة بالحرارة.

مهن في الكيمياء

كيميائي البلمرة هل تبدو لك فكرة تطوير بوليمرات فكرة جديدة وملهمة وتشكل تحديًا بالنسبة لك؟يعمل كيميائي البلمرة على تطوير بوليمرات جديدة وعلى ابتكار استخدامات أو عمليات تصنيع للقديمة منها.

المفردات

أصل الكلمة

البلاستيك الحراري thermoplastic

المقطع *thermo-* مشتق من الكلمة اليونانية *therme* التي تعني الحرارة؛ والمقطع *plastic* مشتق من الكلمة اليونانية *plastikos* التي تعني قولبة أو تشكيل

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.



■ **الشكل 21** تساعد الرموز الموجودة على المنتجات البلاستيكية في إعادة التدوير لأنها تحدّد مكوناتها.

إعادة تدوير البوليمرات تُشتق المواد الأولية لتصنيع أغلب البوليمرات من الوقود الأحفوري. ولأن الوقود الأحفوري مكلف ومهدد بالنفاد، تعد إعادة تدوير المواد البلاستيكية أمرًا أكثر أهمية، حيث تُقلّل إعادة التدوير وشراء البضائع المصنوعة من المواد البلاستيكية المُعاد تدويرها من كمية الوقود الأحفوري المستهلكَة، ومن ثَمَّ الحفاظ على الوقود الأحفوري.

تبلغ نسبة المواد البلاستيكية المُعاد تدويرها المُستخدمة في الولايات المتحدة حاليًا حوالي 5%. الجدير بالذكر أنّ إعادة تدوير المواد البلاستيكية صعب إلى حدٍ ما بسبب التنوُّع الضخم للبوليمرات المختلفة الموجودة في المنتجات. وعادةً يجب فرز المواد البلاستيكية وِفقًا لتركيب البوليمر قبل إعادة استخدامها. كذلك، إنّ إعادة تدوير البوليمرات المتصلبة بالحرارة أصعب مقارنةً مع بوليمرات البلاستيك الحراري لأنّ مواد البلاستيك الحراري هي فقط التي يمكن صهرها وإعادة تشكيلها بشكلٍ متكرّر. وقد تستغرق مهمة فصل المواد البلاستيكية وقتًا طويلًا، كما أنها مكلفة. ولهذا السبب تم تطوير الصناعات البلاستيكية من خلال توفير رموز موحدّة تُشير إلى تركيب كل منتج بلاستيكي. تظهر الرموز الموحدّة للمواد البلاستيكية في **الشكل 21**. وتوفِّر هذه الرموز طريقة سريعة للعاملين في مجال إعادة التدوير لتصنيف المواد البلاستيكية.

قدم أفكارك الذكية لإبتكار طريقة لإنتاج الماء؟ حدد أين سوف تذهب؟ وكيف ستعمل؟من ماذا سيكون مصنوع ؟ في ماذا سوف تستخدم الماء التي تجمعها؟

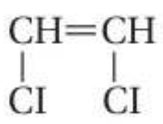
القسم 5 مراجعة

ملخص القسم

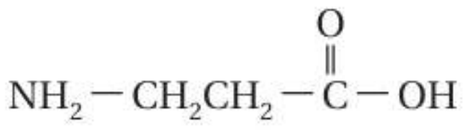
- إنّ البوليمرات جزيئات ضخمة تكوّنت عن طريق اتحاد جزيئات أصغر تُسمى مونومرات.
- يتم تصنيع البوليمرات من خلال تفاعلات التكثيف أو الإضافة.
- يُمكن استخدام المجموعات الوظيفية الموجودة في البوليمرات لتوقّع خواص البوليمر.

22. الفكرة الرئيسة **ارسم** الصيغة البنائية للبوليمر الذي يُمكن أن ينتج من كل المونومرات التالية باستخدام الطريقة المذكورة.

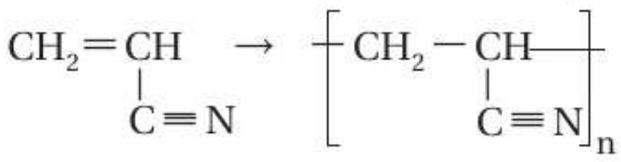
a. الإضافة



b. التكاثف

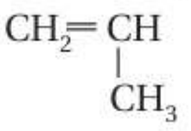


23. **سمِّ** تفاعل البلمرة التالي إمّا إضافة أو تكاثفًا. اشرح إجابتك.



24. **حدِّد** غالبًا ما تحل البوليمرات الصناعية محل الأحجار والأخشاب والفلزات والصوف والقطن في العديد من التطبيقات. حدّد بعض مزايا وعيوب استخدام المواد المُصنّعة بدلًا من المواد الطبيعية.

25. **توقّع** الخواص الفيزيائية للبوليمر المصنوع من المونومر التالي متطرقًا إلى الذائبية في الماء والتوصيل الكهربائي والملمس والنشاط الكيميائي. هل تعتقد أنه سيكون بوليمر من نوع البلاستيك الحراري أم متصلبًا بالحرارة؟ اذكر أسباب توقعاتك.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

الكيمياء في الحياة اليومية

الثوم: السعادة والألم

هل تعرف أن نكهتي الثوم الطازجة والمطبوخة مختلفتان تمامًا؟ يحتوي الثوم الطازج، كما هو موضح في **الشكل 1**، على مواد تسبب إحساسًا بالاحراق في فمك. إلا أن الثوم المطبوخ لا يسبب الاحساس هذا، ويرجع السبب في ذلك إلى التفاعلات الكيميائية.

عند طحن الثوم الطازج أو تقطيعه أو سحقه، ينتج مادة كيميائية تدعى الأليسين، كما هو موضح في **الشكل 2**. وإنتاج الأليسين آلية دفاع كيميائية لنبات الثوم ضد المخلوقات الحية الأخرى. الأليسين مركب غير مستقر يتحول إلى مركبات أخرى مع الوقت أو عند تسخين الثوم أو طبخه، مما يفسر سبب عدم الاحساس الحارق في الفم عند تناول الثوم المطبوخ.

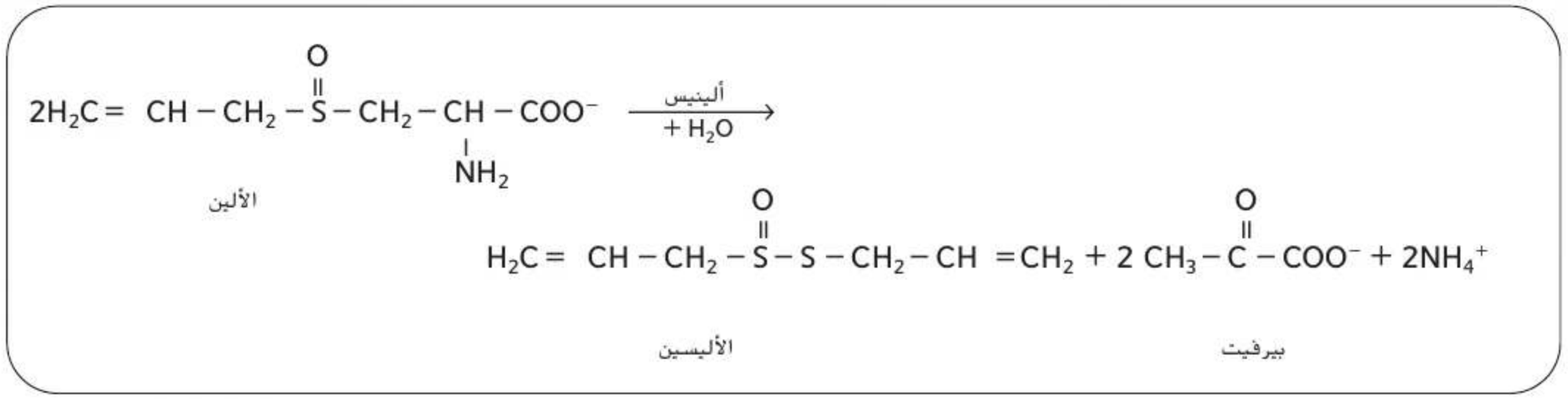


الشكل 1 يحتوي الثوم الطازج على مادة كيميائية مسببة للألم كوسيلة دفاعية ضد مفترساتها.

الإحساس بارتفاع درجة الحرارة والألم تستشعر الخلايا العصبية الموجودة في الجلد درجة الحرارة والألم، بما في ذلك الجلد الموجود داخل فمك، وتحوي هذه الخلايا العصبية جزيئات مُستشعِرة للحرارة أعلى أسطحها، والتي تدعى قنوات الاستقبال الناقلة للايون (TRP). وتنشط قنوات TRP عند اختلاف درجة الحرارة. على سبيل المثال، عندما يلمس المرء شيئًا ساخنًا، تفتح بعض القنوات الأيونية لـــ TRP وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول للخلية العصبية. وهذا يزيد الشحنة داخل الخلية العصبية. وعند زيادة الشحنة بما فيه الكفاية، تُرسل إشارة كهربائية للدماغ، تُفسر على أنها إحساس بالحرارة.

كما ينشط الأليسين الخلايا العصبية. ويعمل الأليسين بشكل فعال على زوج من بروتينات القناة الأيونية يطلق عليهما TRPA1 وTRPV1. وعند وجود مادة الأليسين الكيميائية، تسمح هذه القنوات للأيونات بالدخول للخلية العصبية. فترسل الشحنات الكهربائية الزائدة في الخلية العصبية إلى الدماغ، حيث يفسرها على أنها إحساس بالاحراق.

التقصي عن مستقبلات الألم في حين أنه من المثير معرفة سبب الإحساس بالألم عند تذوق الثوم، إلَّا أن فهم كيفية تسبب الأليسين بإحساس الألم أكثر إثارة وفائدة. يأمل الباحثون في أن يصلوا إلى فهم أعمق لكيفية عمل هذه المستقبلات من أجل اكتشاف طرائق جديدة للتحكم بالألم المزمن عند المرضى.



الشكل 2 عند تقطيع الثوم أو سحقه، تنتج مادة الألين مع أنزيم الألينيس مادة الأليسين. عند تذوقك للثوم الطازج، تحدث الخلايا العصبية الموجودة في فمك إشارة كهربائية ترسلها إلى الدماغ. ويفسر الدماغ الإشارة الكهربائية على أنها إحساس حارق.

الكتابة في ◀ الكيمياء

ابحث وأعد ملصقًا يعرض التفاعلات الكيميائية الأخرى في النباتات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

ملاحظة خصائص الكحولات

الخلفية النظرية: **الكحولات مركبات عضوية تحتوي على المجموعة الوظيفية (OH–)، ويشير الاختلاف في سرعة تبخر الكحولات إلى تفاوت قوى الترابط بين جزيئات الكحولات. وتبخر السائل عملية ماصة للحرارة، لذا عندما تتبخر المادة فإنها تمتص الطاقة من البيئة المحيطة؛ وهذا يعني أن درجة الحرارة سوف تنخفض خلال حدوث التبخر.**

السؤال: كيف تختلف القوى بين الجزيئية في ثلاث أنواع من الكحولات؟

المواد والأدوات

ثيرموميتر
ساعة توقيت
مناديل ناعمة
سلك ربط أو مطاطة
ماصة (عدد 5)
ميثانول
إيثانول (95%)
2–بروبانول (99%)
قطعة من الورق المقوى

احتياطات السلامة



تحذير: الكحولات مواد قابلة للاشتعال. أبقِ السوائل والأبخرة بعيدة عن ألسنة اللهب المشتعلةَ والشرر.

خطوات العمل

1. ناقش ارشادات الأمن والسلامة لهذا التجربة قبل بدء العمل.
2. ارسم جدولاً لتسجيل البيانات.
3. اقطع خمس شرائط من المناديل بعرض 2 cm وطول 6 cm.
4. ضع الثيرموميتر على منشفة مطوية موضوعة على سطح طاولة بحيث يكون مستودعه على الطاولة. والمقياس نفسه يمتد خارج الطاولة. تأكد أنه لا يمكن للثيرموميتر الوقوع من على الطاولة.
5. لفَّ شريط منديل حول مستودع مقياس الحرارة، واربطها بسلك الربط.
6. اطلب إلى أحد الطلاب ضبط ساعة الايقاف وقراءة الثيرموميتر، وإلى طالب آخر أن يُضيف السوائل المراد اختبارها باستخدام الماصة.
7. عندما يصبح كلاهما جاهزين، أضِف ما يكفي من السائل على المنديل حتى يتشبع تماما. وفي نفس الوقت، يبدأ الشخص الثاني في تشغيل ساعة التوقيت، ويقرأ درجة الحرارة ويسجِّلها في جدول البيانات.
8. استخدم قطعة الورق المقوى لتحريك الهواء حول قطعة المنديل التي تغلف مستودع الثيرموميتر. ثم اقرأ وسجل درجة الحرارة النهائية بعد دقيقة واحدة في جدول البيانات.



9. كرِّر الخطوات من 5–8 لكل كحول من الكحولات الثلاثة: الميثانول والإيثانول و 2–بروبانول.
10. احصل على درجة حرارة الغرفة ومقدار الرطوبة من معلمك.
11. **التنظيف والتخلص من النفايات** ضع المناديل المستخدمة في سلة المهملات. ويمكن إعادة استخدام الماصات بعد غسلها وتنشيفها.

التحليل والاستنتاج

1. **الملاحظة والاستنتاج** ما الذي يمكن استنتاجه من العلاقة بين انتقال الحرارة والتغيرات في درجة الحرارة التي لاحظتها؟
2. **قيِّم** إذا كان المحتوى الحراري المولي للتبخر (kJ/mol) للكحولات الثلاث عند درجة 25°C هو: الميثانول 37.4. والإيثانول 42.3. و 2–بروبانول 45.4. ما الذي يمكنك استنتاجه حول القوة النسبية للقوى بين الجزيئية الموجودة في الكحولات الثلاثة؟
3. **قارن** قارن بين الحجم الجزيئي للكحول من حيث عدد ذرات الكربون في سلسلة الكربون وسرعة تبخر الكحول.
4. **الملاحظة والاستناج** قارن بياناتك مع بيانات زملائك. واستنتج سبب اختلافها.
5. **تحليل الخطأ** حدِّد مكان وقوع الأخطاء في إجراءاتك.

التوسع في الاستقصاء

تصميم تجربة اقترح طريقة لجعل هذه التجربة أكثر دقة وضبط من حيث الكمية، وصمِّم تجربة باستخدام طريقتك الجديدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

دليل الدراسة

الوحدة 4

الفكرة الرئيسة

استبدال المجموعات الوظيفية المختلفة لذرات الهيدروجين في الهيدروكربونات يظهر في المجموعة المتنوعة للمركبات العضوية.

القسم 1 هاليدات الأكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن لذرة الهالوجين أن تحل محل ذرة الهيدروجين في بعض المواد الهيدروكربونية.

- استبدال المجموعات الوظيفية المختلفة للهيدروجين في الهيدروكربونات يُنشئ تنوع واسع للمركّبات العضوية.
- هاليد الألكيل مركّب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة بذرة الكربون في مركّب أليفاتي.

المفردات

- المجموعة الوظيفية — functional group
- الهالوكربون — halocarbon
- هاليدات الألكيل — alkyl halide
- هاليدات الأريل — aryl halide
- البلاستيك — plastic
- تفاعل استبدال — substitution reaction
- هلجنة — halogenation

القسم 2 الكحولات والإيثرات والأمينات

الفكرة الرئيسة يعد الأكسجين والنيتروجين الذرات الأكثر شيوعًا الموجودة في المجموعات الوظيفية العضوية.

- يتشكل الكحول والإسترات والأمينات عند استبدال المجموعات الوظيفية المحددة بالهيدروجين في الهيدروكربونات.
- لأنها تشكل روابط هيدروجينية بسهولة، يكون للكحولات أعلى درجة غليان وأعلى قابلية للذوبان في الماء من المركّبات العضوية الأخرى.

المفردات

- مجموعة الهيدروكسيل — hydroxyl group
- كحول — alcohol
- إيثر — ether
- أمين — amine

القسم 3 مركّبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين مرتبطة برابطة ثنائية مع ذرة كربون في المجموعة الوظيفية.

- تعد مركّبات الكربونيل هي المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعة C=O
- تحتوي خمس فئات هامة من المركبات العضوية على مركّبات الكربونيل وهي الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

المفردات

- مجموعة كربونيل — carbonyl group
- ألدهيد — aldehyde
- كيتون — ketone
- حمض كربوكسيلي — carboxylic acid
- مجموعة كربوكسيل — carboxyl group
- إستر — ester
- أميد — amide
- تفاعل التكثيف — condensation reaction

القسم 4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركّبات العضوية يجعل التنبؤ بنواتج التفاعل أسهل بكثير.

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركّبات العضوية كواحدة من خمس فئات وهي: الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثيف.
- تمكنك معرفة أنواع المركّبات العضوية المتفاعلة من التنبؤ بنواتج التفاعل.

المفردات

- تفاعل الحذف — elimination reaction
- تفاعل نزع الهيدروجين — dehydrogenation reaction
- تفاعل نزع الماء — dehydration reaction
- تفاعل الإضافة — addition reaction
- تفاعل إضافة الماء — hydration reaction
- تفاعل الهدرجة — hydrogenation reaction

القسم 5 البوليمرات

الفكرة الرئيسة تعد البوليمرات الصناعية هي الجزيئات العضوية الكبيرة التي تتكون من وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعل الإضافة أو التكثيف.

- تعد البوليمرات بأنها جزيئات كبيرة تشكلت من خلال دمج جزيئات أصغر تسمى المونومر.
- تم تجميع البوليمرات من خلال تفاعل الإضافة أو التكثيف.
- يمكن استخدام المجموعات الوظيفية الموجودة في البوليمرات للتنبؤ بخصائص البوليمر.

المفردات

- البوليمر — polymer
- المونومر — monomer
- تفاعل البلمرة — polymerization reaction
- البلمرة بالإضافة — addition polymerization
- البلمرة بالتكثيف — condensation polymerization
- البلاستيك الحراري — thermoplastic
- المتصلب بالحرارة — thermosetting

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

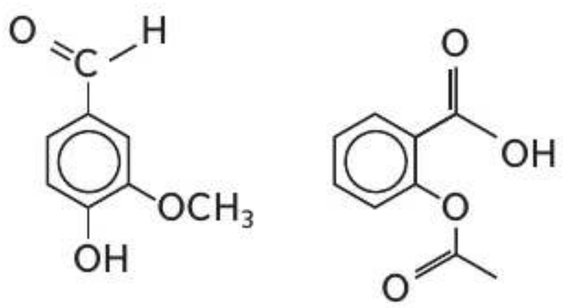
الوحدة 4 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

26. ما المجموعة الوظيفية؟
27. صف وقارن بين الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.
28. ما المادة الكيميائية التي ستستخدمها لتحويل غاز الميثان إلى بروموميثان؟
29. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:
    a. $CH_3(CH_2)_3CH_2NH_2$
    b. $CH_3(CH_2)_5CH_2NH_2$
    c. $CH_3(CH_2)_2CH(NH_2)CH_3$
    d. $CH_3(CH_2)_8CH_2NH_2$
30. فسر لماذا تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل كلما اتجهنا إلى الأسفل في مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري، من الفلور حتى اليود.

اتقان حل المسائل



a حمض الاسيتيل ساليسيليك

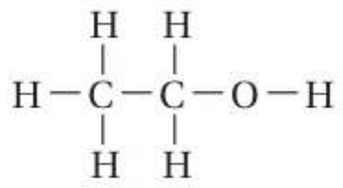
b الفنالين

■ الشكل 22

31. اذكر الاسم والصيغة العامة لكل مجموعة من المجموعات الوظيفية المرتبطة بحلقات البنزين الموضحة في الشكل (22).
32. ارسم الصيغ البنائية لكل من هاليدات الألكيل والأريل التالية:
    a. كلورو بنزين
    b. 1-برومو-4-كلورو هكسان
    c. 3-يودو-2،1-ثنائي فلورو هكسان حلقي
    d. 3،1-ثنائي برومو بنزين
    e. 2،2،1،1-رباعي فلورو إيثان
33. هاليد الكيل اسمه: 1-برومو-4-كلورو هكسان
    a. ارسم صيغته البنائية
    b. هل يحتوي المركب على أيزومرات ضوئية؟
    c. إذا كان المركب يحتوي على أيزومرات ضوئية؛ حدد ذرة الكربون الفعالة ضوئيًا (غير المتماثلة).
34. ارسم وسم جميع الصيغ البنائية الممكنة لهاليد الألكيل الذي له الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}Br_2$ والذي لا يوجد فيه تفرعات.
35. سم صيغة بنائية واحدة لأيزومر ينتج عن تغيير موقع ذرة أو أكثر من ذرات الهالوجين في كل من هاليدات الالكيل التالية:
    a. 2-كلورو بنتان
    b. 1،1-ثنائي فلورو بروبان
    c. 3،1-ثنائي برومو بنتان حلقي
    d. 1-برومو-2-كلورو إيثان

القسم 2

إتقان المفاهيم



■ الشكل 23

36. ما اسم المركب الظاهر في الشكل 23 ؟ وما نوع الروابط بين جزيئاته؟
37. **التطبيقات العملية:** سم كحول أو أمين أو إيثر واحد يتم استخدامه لكل من الأغراض التالية:
    a. مطهر
    b. مذيب للطلاء
    c. مضاد للتجمد
    d. مخدر
    e. إنتاج الصبغات
38. فسر لما ستكون قابلية الذوبان لجزيء الكحول في الماء دائمًا أكبر منها لجزيء الإيثر الذي يمتلك كتلة جزيئية مماثلة.
39. فسر لماذا يمتلك الإيثانول درجة غليان أعلى بكثير من الإيثيل أمين، على الرغم من أن كتلتيهما الجزيئية متساوية تقريبًا.

إتقان حل المسائل

40. سم إيثر واحدًا يكون أيزومر بنائي لكل من الكحولات التالية:
    a. 1-بيوتانول
    b. 2-هكسانول
41. ارسم الصيغة البنائية لكل مما يلي:
    a. 2،1-بروبان دايول
    b. 2-أمينو هكسان
    c. ثنائي أيزوبروبيل إيثر
    d. 2-ميثيل-1-بيوتانول
    e. بيوتيل بنتيل إيثر
    f. بيوتيل حلقي ميثيل إيثر
    g. 3،1-ثنائي أمينو بيوتان
    h. بنتانول حلقي

القسم 3

إتقان المفاهيم

42. ارسم الصيغة العامة لكل نوع من أنواع المركبات العضوية الآتية.
    a. ألدهيد
    b. كيتون
    c. حمض كربوكسيلي
    d. إستر
    e. أميد
43. **الاستخدامات الشائعة:** سمّ الألدهيد أو الكيتون أو الحمض الكربوكسيلي أو الإستر أو الأميد المستخدم لكل من الأغراض التالية:
    a. الحفاظ على العينات البيولوجية
    b. المذيبات في طلاء الأظافر
    c. حمض في الخل
    d. النكهات في الأطعمة والمشروبات
44. ما نوع التفاعل المستخدم لإنتاج الأسبرين من حمض الساليسيليك وحمض الأسيتيك؟

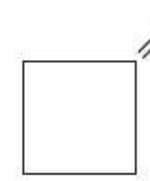
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إتقان حل المسائل

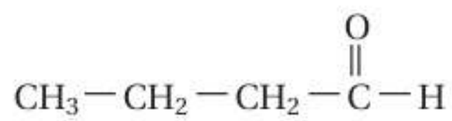
45. ارسم الصيغة البنائية لكل من مركبات الكربونيل الآتية:
   a. 2،2-ثنائي كلورو-3-بنتانون
   b. 4-ميثيل بنتانال
   c. هكسانوات الايزوبروبيل
   d. أوكتان أميد
   e. 3-فلورو-2-ميثيل حمض البيوتانويك
   f. بنتانال حلقي
   g. ميثانوات الهكسيل

46. سمِّ مركبات الكربونيل الآتية:

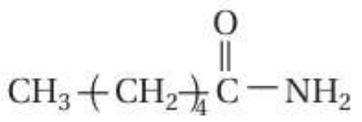
a.



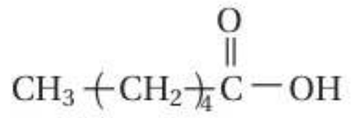
b.



c.



b.



القسم 4

إتقان المفاهيم

47. **تحضير المركبات العضوية:** ما المادة الأولية التي منها يمكن تحضير معظم المركبات العضوية؟
48. فسر أهمية تصنيف التفاعلات الكيميائية.
49. أكتب نوع التفاعل الكيميائي اللازم لإجراء كل من التغييرات التالية:
   a. ألكين ← الكان
   b. هاليدات الألكيل ← الكحول
   b. هاليدات الألكيل ← ألكين
   d. أمين + حمض كروكسيلي ← أميد
   e. الكحول ← هاليدات الألكيل
   f. ألكين ← الكحول

إتقان حل المسائل

50. صنف كل من التفاعلات العضوية الآتية من حيث كونها استبدال، أو إضافة، أو حذف أو أكسدة واختزال، أو تكثيف.
   a. 2-بيوتين + هيدوجين ← بيوتان
   b. بروبان + فلور ← 2-فلورو بروبان + فلوريد الهيدروجين
   c. 2-بروبانول ← بروبين + ماء
   d. بيوتين حلقي + ماء ← بيوتانول حلقي
51. استخدم الصيغ البنائية لكتابة معادلات للتفاعلات الآتية:
   a. تفاعل استبدال بين 2-كلورو بروبان والماء لتكوين 2-بروبانول وكلوريد الهيدروجين
   b. تفاعل إضافة بين 3-هكسين والكلور لتكوين 4،3-ثنائي كلورو هكسان.
52. ما نوع التفاعل الذي يحول الكحول إلى كل من أنوع المركبات الآتية:
   a. إستر **c.** ألكين
   b. هاليد الألكيل **d.** ألدهيد
53. استخدم الصيغ البنائية من أجل كتابة معادلة تفاعل التكثيف بين الإيثانول وحمض البروبانويك.

القسم 5

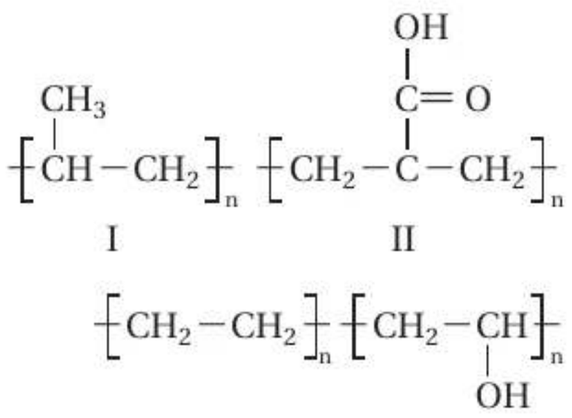
إتقان المفاهيم

54. فسر الفرق بين البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف.
55. أي نوع من البوليمر أسهل في إعادة تدويره، المتصلب الحراري أم البلاستيك الحراري؟ فسِّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

56. **تصنيع البوليمرات:** ما المونمرات التي تتفاعل لتشكل كل من البوليمرات التالية؟
   a. بولي إيثيلين
   b. بولي فينيل كلوريد (PVC)
   c. بولي رباعي فلورو إيثيلين (PTFE)
57. سمِّ البوليمرات المصنوعة من المونومرات الآتية:
   a. $H_2C = CHCl$ **b.** $CCl_2 = CH_2$
58. حدد البوليمر في كل من الأزواج الذي تتوقع أنه يمتلك قابلية ذوبان أعلى في الماء.

a.



I II

b.

59. ارسم الصيغ البنائية للبوليمرات التالية، ثم قرر ما إذا كان قد تم تصنيع كل منها عن طريق البلمرة بالإضافة أم بالتكثيف.
   a. النايلون **c.** البولي يور إيثان
   b. البولي أكريلونيتريل **d.** البولي بروبلين
60. **الهرمونات البشرية:** أي من الهالوجينات تم العثور عليها في الهرمونات التي تنتجها الغدة الدرقية للإنسان الطبيعي؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

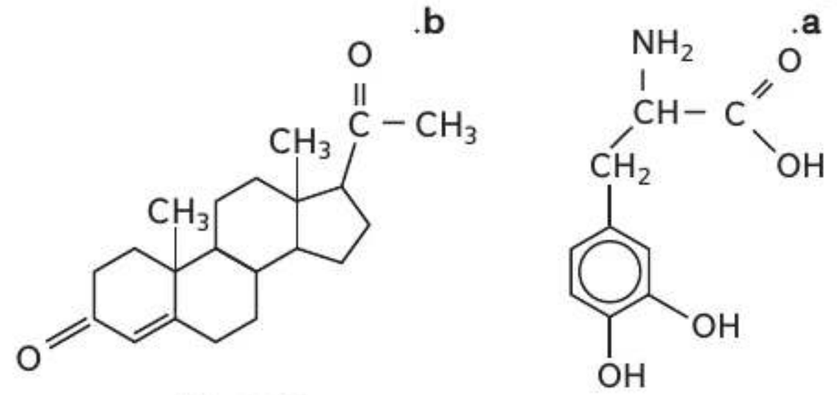
مراجعة عامة

61. صف خصائص الأحماض الكربوكسيلية.
62. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:
    a. بيوتانون
    b. بروبانال
    c. حمض الهكسانويك
    d. هيبتاناميد
63. سمِّ نوع المركب العضوي الناتج عن كل من التفاعلات التالية:
    a. الحذف من الكحول
    c. إضافة كلوريد الهيدروجين إلى ألكين
    c. إضافة الماء إلى ألكين
    d. استبدال مجموعة الهيدروكسيل بذرة الهالوجين
64. أذكر استخدامين لكل من البوليمرات الآتية:
    a. البولي بروبلين
    b. البولي يور إيثان
    c. بولي رباعي فلورو إيثيلين
    d. بولي فينيل كلوريد
65. ارسم وسمِّ صيغ المركبات العضوية الناتجة عن تفاعل الإيثين مع كل من المواد الآتية:
    a. الماء
    b. الهيدروجين
    c. كلوريد الهيدروجين
    d. الفلور
66. **قوة دفع آمنة على البيئة** تحل مركبات الهيدرو فلور ألكانات (HFAs) محل مركبات الكلوروفلوروكربون في بخاخات معالجة الربو والامراض التنفسية. وذلك بسبب ضرر مركبات الكلوروفلوروكربون لطبقة الأوزون. ارسم تركيبات الهيدرو فلورو الكانات المدرجة أدناه.
    a. 3،3،3،2،1،1،1–سباعي فلورو بروبان
    b. 2،1،1،1–رباعي فلورو إيثان

التفكير الناقد

67. **فسّر الصور والرسومات العلمية:** أنشئ قائمة في جميع المجموعات الوظيفية في كل من الجزيئات العضوية المعقدة الآتية:

a.



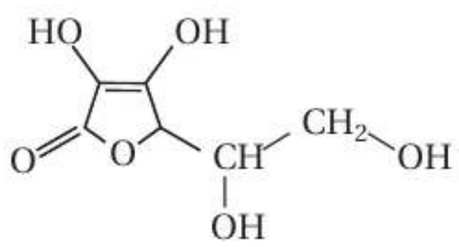
ليفادوا

b.

بروجيسترون

68. **قيّم:** حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) ذو قابلية عالية للذوبان في الماء. ولكن تتكون في الطبيعة أحماض كربوكسيلية ذات سلسلة كربون طويلة، مثل حمض البالمتيك $(CH_3(CH_2)_{14}COOH)$، لكنه غير قابل للذوبان في الماء. فسر ذلك.

69. **تواصل:** اكتب الصيغ البنائية لكل الأيزومرات البنائية لكل من الصيغ الجزيئية التالية، وسمِّ كل منها.
    a. C_3H_8O
    b. $C_2H_4Cl_2$



Vitamin C

الشكل 24

70. **فسّر الصور والرسوم العلمية:** تتطلب خلايا الإنسان فيتامين C لكي تصنع المواد المكونة للنسيج الضام مثل تلك الموجودة في الأربطة. اكتب قائمة بأسماء المجموعات الوظيفية الموجودة في الجزيء C الموضّح في **الشكل 24**.
71. **حدد:** ارسم الصيغة البائية لجزيء عضوي مكون من أربع ذرات كربون وينتمي لكل من الأنواع التالية:
    a. إستر
    a. ألدهيد
    c. إيثر
    d. كحول
72. **التنبؤ:** يصف تفاعل الهلجنة الأحادي تفاعل الاستبدال الذي يتم فيه استبدال ذرة هيدروجين واحدة بذرة من الهالوجين. بينما يصف تفاعل الهلجنة الثنائي تفاعل الاستبدال الذي يتم فيه استبدال ذرتين هيدروجين بذرتين هالوجين.
    a. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الأحادي ما بين البنتان والكلور Cl_2.
    b. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الثنائي ما بين البنتان والكلور Cl_2.

جدول 15 قابلية ذوبان الكحول في الماء (H_2O g 100/mol)

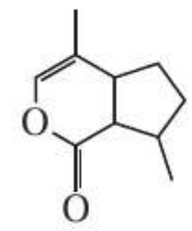
الاسم	كحول	قابلية الذوبان
الميثانول	CH_3OH	عالية
إيثانول	C_2H_5OH	عالية
بروبانول	C_3H_7OH	عالية
بيوتانول	C_4H_9OH	0.11
بنتانول	$C_5H_{11}OH$	0.030
هكسانول	$C_6H_{13}OH$	0.0058
هبتانول	$C_7H_{15}OH$	0.0008

73. **قيّم:** ادرس الجدول 15 لمقارنة بين بعض الكحولات وقابلية ذوبانها في الماء. استخدم الجدول للإجابة على الأسئلة الآتية:
    a. ما نوع الرابطة المتكونة بين مجموعة OH في الكحول والماء؟
    b. استعن بالبيانات الموجودة في الجدول لمعرفة العلاقة بين قابلية الذوبان في الماء وحجم الكحول.
    c. ضع تفسيرًا للعلاقة التي ذكرتها في الجزء b.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

74. **حدد:** يتم تصنيع معظم الجزيئات العضوية المفيدة من المواد الخام بخطوات عديدة. وهذا يسمى التحضير متعدد الخطوات. ضع اسمًا لأنواع التفاعلات أو العمليات التي تحدث في كل خطوة في التحضير متعدد الخطوات أدناه.
البترول ← الإيثان ← كلوريد الإيثيل ← الإيثين ← الإيثانول ← حمض الإيثانويك (الأسيتيك)

تحدَّ



■ الشكل 25

75. **الفيرومونات الحيوانية:** يحتوي النعناع البري على مادة كيميائية عضوية تعرف باسم النيبيتالاكتون، كما هو موضح في الشكل رقم 25، والتي يعتقد أنها تحاكي فيرومونات القطط. وتقوم القطط بالاحتكاك به، والتدحرج فوقه، وخربشته، ومضغه، ولعقه، والقفز من عليه، ثم الخرخرة بصوت عال، والتذمر، والمواء لعدة دقائق قبل أن تفقد اهتمامها به. تحتاج القطة إلى ما يصل الى ساعتين من أجل "إعادة الاهتمام"، ومن ثم يكون لها نفس رد الفعل مع النعناع البري.
   a. ما نوع المركب العضوي للنيبيتالاكتون؟
   b. ارسم الصيغة التركيبية للنيبيتالاكتون على ورقة ومن ثم ارسم جميع ذرات الهيدروجين غير الظاهرة. تذكر أن ذرات الكربون يجب أن تحتوي على أربعة روابط حتى تستقر.
   c. اكتب الصيغة الجزيئية لنيبيتالاكتون.

مراجعة تراكمية

76. فسر السبب من وراء انخفاض تركيز الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية في نفس الوقت تقريبًا من كل عام.
77. لماذا تعد هذه الخصائص من خصائص الفلزات الانتقالية؟
   a. اختلاف شحنة الأيونات.
   b. العديد منها مواد صلبة ملونة.
   c. العديد منها صلبة وقاسية.
78. حدد عدد الذرات في كل من:
   a. 56.1 g Al **b.** 2 mol C
79. ما الخطوة المحددة للتفاعل؟
80. وفقًا لمبدأ لوشاتيليه، كيف لزيادة حجم وعاء التفاعل أن يؤثر على حالة الاتزان $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightarrows 2SO_3(g)$؟
81. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

الكتابة في ◀ الكيمياء

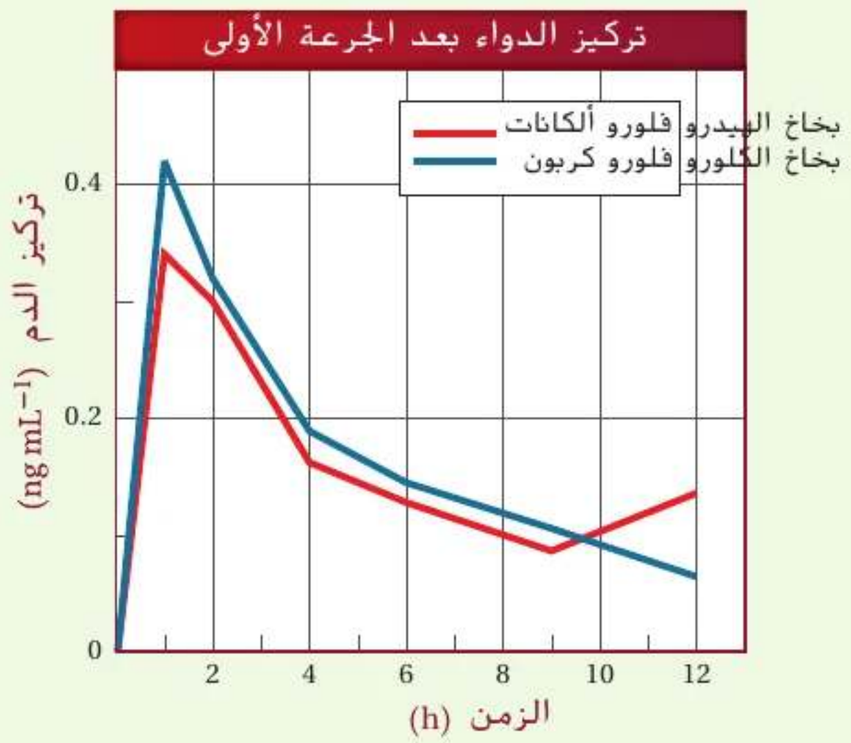
82. **المنظور التاريخي:** اكتب قصة قصيرة تصف كيف كانت ستختلف حياتك إذا كنت تعيش في بدايات القرن التاسع عشر، وقبل تطوير البوليمرات الصناعية.

DBQ أسئلة حول المستندات

قوة دفع الدواء: تحتوي العديد من الأدوية المستخدمة لعلاج الربو على مركبات الكلوروفلوروكربون. وبسبب ذلك، دعا بروتوكول مونتريال لفرض حظر على استعمال مركبات الكلوروفلوروكربون كمواد دافعة في الأدوية بحلول عام *2008*. واستبالها بمواد الهيدرو فلورو الكان. ووجد أن اثنين من هيدرو فلورو الألكانات (*HFAs*) غير فعالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين. وكما يلزم تخفيض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال مركبات الهيدرو فلورو الكانات.

يوضح الشكل 26 التركيز بعد جرعة واحدة من دواء بيكلوميثازون في دم المتطوعين باستخدام بخاخات مركبات الكلوروفلوروكربون أو بخاخات الهيدرو فلورو كربونات من أجل الاستنشاق.

ثم الحصول على البيانات من: أندرسون، بي جاي 2006. صدر، مجلة العناية الحرجة والقلبية الرئوية. 89:120-93



■ الشكل 26

83. بعد إعطاء جرعة واحدة من دواء بيكلوميثازون، أي البخاخات أدت إلى اعطاء أعلى تركيز للدواء في الدم، هل مركبات الكلوروفلوروكربون أم هيدرو فلورو الكانات؟
84. متى يصل الدواء إلى أعلى تركيز له؟
85. نحتاج إلى نصف الكمية من العلاج عند استعمال الهيدرو فلورو الكانات مقارنة مع الكلورو فلورو كربونات لكي يكون التركيز نفسه في الدم. استنتج مزايا استخدام أقل جرعة من الدواء للحصول على نتائج مماثلة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

تدريب تراكمي على الاختبار المعياري

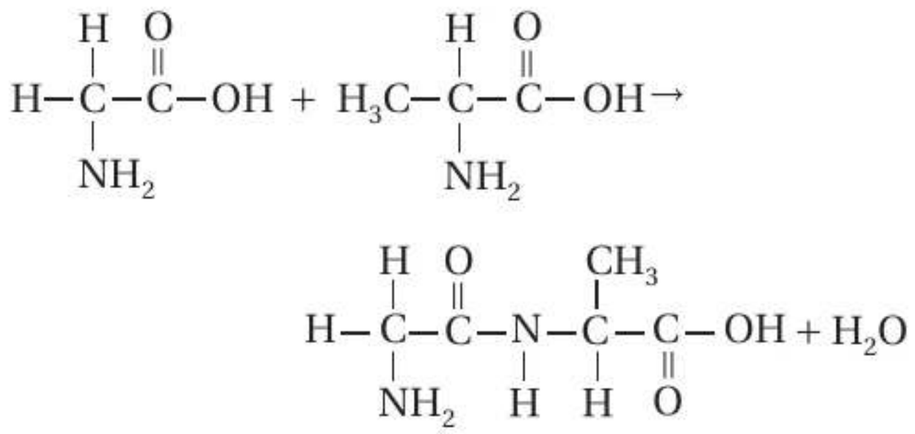
الاختيار من متعدد

1. ما نواتج التفاعل التالي:

$$CH_3CH_2CH_2Br + NH_3 \rightarrow ?$$

A. H_2، $CH_3CH_2CH_2NH_2Br$
B. Br_2، $CH_3CH_2CH_2NH_3$
C. HBr، $CH_3CH_2CH_2NH_2$
D. NH_2Br، $CH_3CH_2CH_3$

2. ما نوع هذا التفاعل؟

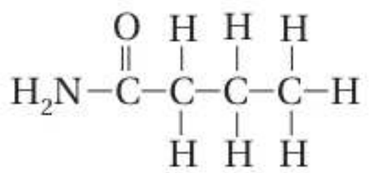


A. الاستبدال
B. التكثيف
C. الإضافة
D. الحذف

3. ما أعداد الأكسدة للعناصر في $CuSO_4$؟
A. $Cu = +2$، $S = +6$، $O = -2$
B. $Cu = +3$، $S = +5$، $O = -2$
C. $Cu = +2$، $S = +2$، $O = -1$
D. $Cu = +2$، $S = 0$، $O = -2$

4. يعد تآكل أو صدأ الحديد نموذج لخلية جلفانية تحدث بشكل طبيعي. لمنع التآكل، يعلق فلز آخر (متآكل) بالحديد المعرّض للصدأ. يجب أن يكون هذا الفلز المتآكل:
A. أكثر عرضة للاختزال من الحديد.
B. أكثر جهد اختزال من الحديد.
C. مسامي وقابل للإزالة أكثر من الحديد.
D. أكثر فقدًا للإلكترونات بسهولة من الحديد.

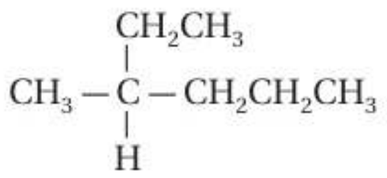
5. ما نوع المركب الذي يمثله هذا الجزيء؟



A. أمين
B. أميد
C. إستر
D. إيثر

6. يعد حمض السكسينيك ثنائي البروتون ($H_2C_4H_4O_4$) جزء مهم من عملية تحويل الجلوكوز إلى طاقة في جسم الإنسان. ما تعبير K_a للتأين الثاني لحمض السكسينيك؟
A. $K_a = [H_2C_4H_4O_4] / [H_3O^+][HC_4H_4O_4^-]$
B. $K_a = [HC_4H_4O_4^-] / [H_3O^+][C_4H_4O_4^{2-}]$
C. $K_a = [H_3O^+][HC_4H_4O_4^-] / [H_2C_4H_4O_4]$
D. $K_a = [H_3O^+][C_4H_4O_4^{2-}] / [H_2C_4H_4O_4]$

استخدم الشكل بالأسفل للإجابة عن السؤال 7.



7. ما الاسم الصحيح لهذا المركب؟
A. 3-ميثيل هكسان
B. 2-إيثيل بنتان
C. 2-بروبيل بيوتان
D. 1-إيثيل -1-بيوتان

8. شريط من الفلز X تم غمره في محلول من X^+ الذي تركيزه 1*M*. عندما يتم توصيل نصف هذه الخلية إلى قطب هيدروجين قياسي؛ فإن الفولتميتر يقوم بقراءة جهد اختزال موجب. ما الذي ينطبق على القطب X؟
A. إنه يستقبل الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات H^+.
B. يحدث له أكسدة.
C. إنه يضيف أيونات موجبة X^+ إلى محلوله.
D. إنه يمثل قطبًا موجبًا في الخلية.

9. ما كتلة وحدة صيغة من سداسي فلورو سيليكات الباريوم ($BaSiF_6$)؟
A. 4.64×10^{-22} g
B. 1.68×10^{-26} g
C. 2.16×10^{-21} g
D. 6.02×10^{-23} g

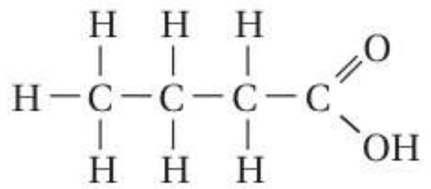
10. ما نوع المركب الذي يستقبل أيونات الهيدروجين H^+؟
A. حمض أرهينيوس
B. قاعدة أرهينيوس
C. حمض برونشيد-لوري
D. قاعدة برونشيد-لوري

11. ما المشتقات الهيدروكربونية التي لها الصيغة العامة R-OH؟
A. كحول
B. أمين
C. كيتون
D. حمض كربوكسيلي

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم الشكل بالأسفل للإجابة عن السؤالين *12* و *13*.

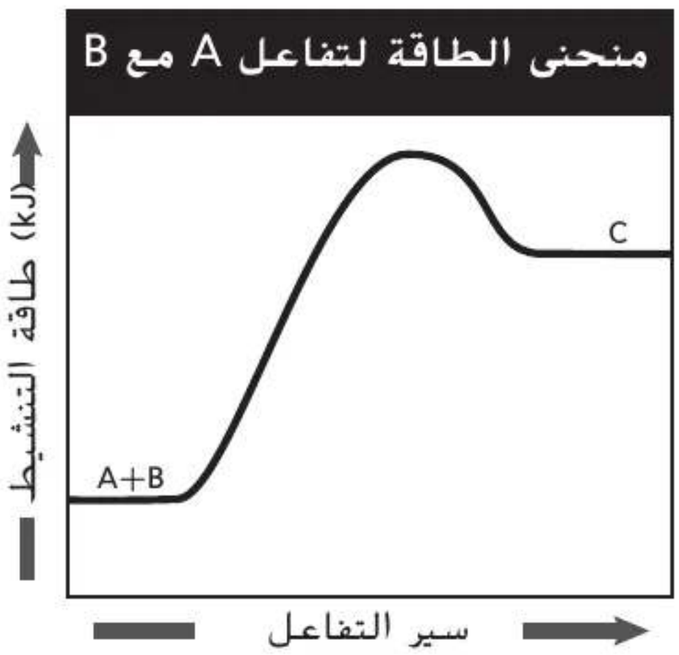


12. ما المجموعة الوظيفية الموجودة في هذا المركب؟

13. اذكر اسم المركب.

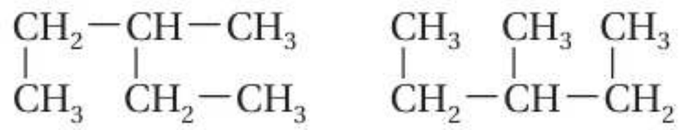
أسئلة ذات إجابات مفتوحة

استخدم الرسم بالأسفل للإجابة عن السؤال *14*.



14. ناقش التفاعل الذي تكون نتائجه في صورة المنحنى البياني المبين أعلاه.

استخدم الشكل بالأسفل للإجابة عن السؤال *15*.



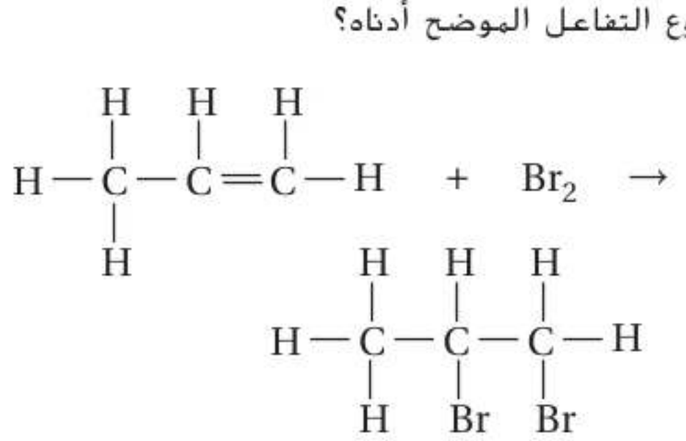
15. الصيغتان البنائيتان أعلاه لهما الصيغة الجزيئية C_6H_{14}. هل هما أيزومران؟ فسّر اجابتك.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

16. لطلاء ملعقة حديد بالفضة باستخدام التيار الكهربائي:

A. يجب أن يكون قطب الفضة أكبر كتلة من الملعقة.
B. يجب أن تكون الملعقة بمثابة القطب الموجب في الخلية.
C. يجب توصيل التيار الكهربائي إلى الملعقة.
D. يجب أن تكون أيونات الحديد موجودة في محلول الخلية.
E. يجب أن الكاثود في الخلية قطب من الفضة.

17. ما نوع التفاعل الموضح أدناه؟



A. التكثيف
B. الهدرجة
C. التبلمر
D. الهلجنة
E. إضافة الماء

استخدم الجدول بالأسفل للإجابة عن السؤال *18*.

البيانات التجريبية من أجل A + B → C			
الزمن	[A]*M*	[B]*M*	[C]*M*
0.00 sec	0.35	0.50	0.00
5.00 sec	0.15	0.30	0.40

18. ما سرعة هذا التفاعل من حيث الناتج المتكون mol/(L•s)؟

A. 0.40 mol/(L•s)
B. 0.85 mol/(L•s)
C. 0.08 mol/(L•s)
D. 0.17 mol/(L•s)
E. 0.93 mol/(L•s)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

شکر و تقدیر

نسخة الطلاب

iii Leksele/Shutterstock; **iv** Terry Whittaker/Alamy; **v** Cordelia Molloy/Science Source; **2-3** McGraw Hill; **4** Stephen Frisch/McGraw Hill; **6** Stephen Frisch/McGraw Hill; **9** Dean Conger/CORBIS; **10** Corbin17/Alamy; **13** Charles D. Winters/Science Source; **17** James Jordan Photography/Moment/Getty Images; **18** McGraw-Hill Education; **21** Mikael Karlsson/Alamy Stock Photo; **24** GIPhotoStock/Science Source; **25** (t) McGraw-Hill Education, (bl) Tony Freeman/Photo Edit, (br) Jewellery specialist/Alamy Stock Photo; **26** Charles D. Winters/Science Source; **27** (t) Stephen Frisch/McGraw-Hill Education, (bl)Mark Steinmetz/McGraw-Hill Education, (br)ramzihachicho/iStock/Getty Images; **30-31** (bkgd) Terry Whittaker/Alamy; **30** (t) bobo/Alamy Stock Photo, (c) McGraw-Hill Education, (bl) NHPA/SuperStock; **33** Gio.tto/Shutterstock; **34** (tr)Leonard Zhukovsky/Shutterstock, (cr) John Leung/Shutterstock; **43** (l)Sami Sarkis/Alamy Stock Photo, (r)McGraw-Hill Education; **45** Jeffrey Coolidge/Photodisc/Getty Images; **46** (tl) Paul Rapson/Science Source, (tr)Yiap See Fat/iStock/Getty Images, (br)Ferruccio/Alamy Stock Photo; **47** Pasquale Sorrentino/Science Source; **48** Ilianski/Alamy Stock Photo; **49** Aofza photoracing/Shutterstock; **54** Tetra Images/Alamy; **55** Amble Design/Shutterstock; **57** bdspn/iStock/Getty Images; **66-67** Bear Dancer Studios/Mark Dierker; **68** Panorama Media (Beijing)Ltd./Alamy Stock Photo; **69** A. T. Willett/Alamy Stock Photo; **72** Keith Dannemiller/Alamy Stock Photo; **73** Rachel Epstein/Photo Edit; **76** (l)McGraw-Hill Education, (r)Rodger Tamblyn/Alamy; **81** Robin Nelson/Photo Edit; **86** David Chapman/Design Pics; **88** Paul A. Souders/CORBIS; **91** (l)Ingram Publishing/SuperStock, (r)XiXinXing/Shutterstock; **94** Glow Images; **96** (tl)Exactostock/Stockbyte/SuperStock/Corbis, (tr)Stephen Barnes/Science/Alamy, (bl) Tom Gowanlock/Shutterstock, (br)Colin Garratt; Milepost 92 ½/CORBIS; **98** mcphoto/age fotostock; **100** Matt Meadows; **108-109** imagebroker/Alamy; **110** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **111** David Hoffman Photo Library/Alamy Stock Photo; **113** DK Limited/CORBIS; **114** Polina Petrenko/Shutterstock; **115** Everett Historical/Shutterstock; **121** Bill Aron/PhotoEdit; **122** Norm Thomas/Science Source; **123** (l)Pixtal/age fotostock, (r) J.Garcia/photocuisine/CORBIS; **126** Cordelia Molloy/Science Source; **127** Chuck Franklin/Alamy Stock Photo; **131** (tl) NASA/ESA/STScI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Science Source, (br)XXLPhoto/Shutterstock; **133** Peter Smith/Alamy Stock Photo; **134** (tr)Myrleen Ferguson Cate/PhotoEdit, (bl) VICTOR DE SCHWANBERG/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Photo Researchers Inc; **135** Danita Delimont/Alamy Stock Photo; **136** (t-b)Siede Preis/Photodisc Green/Getty Images, (2)Mark Steinmetz/The McGraw-Hill Companies, (3)McGraw-Hill Education, (4)Bob Coyle/McGraw-Hill Education; **137** DAVID R. FRAZIER Photolibrary, Inc.; **139** Jenny Cundy/Image Source; **140** Matt Meadows/McGraw-Hill Education.

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

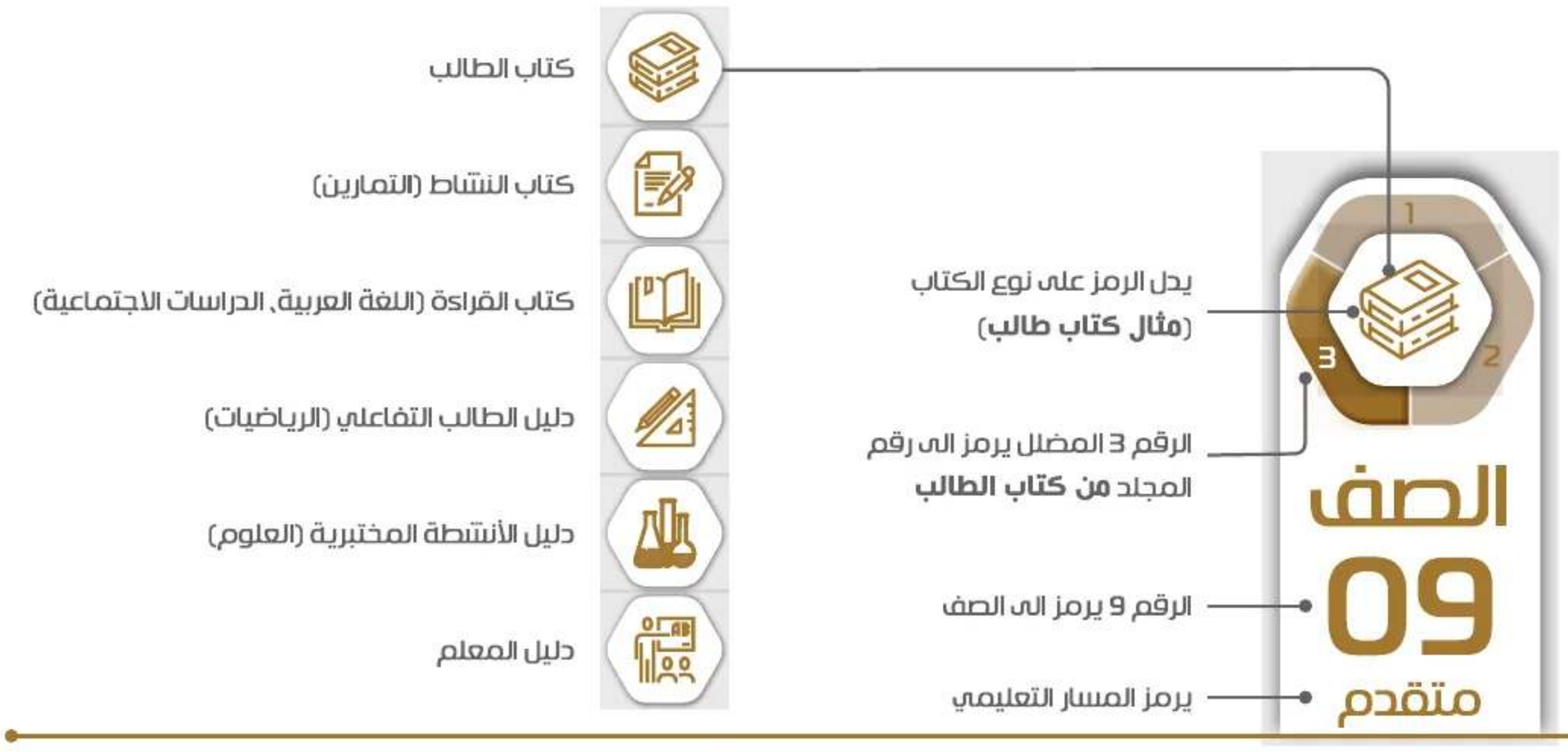
ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

ملاحظات الطالب

دلائـــل رمـــوز الغلاف

لون الحلقة الثالثة



يدل الرمز على نوع الكتاب
(**مثال كتاب طالب**)

الرقم 3 المضلل يرمز الى رقم المجلد **من كتاب الطالب**

الرقم 9 يرمز الى الصف

يرمز المسار التعليمي

- كتاب الطالب
- كتاب النشاط (التمارين)
- كتاب القراءة (اللغة العربية، الدراسات الاجتماعية)
- دليل الطالب التفاعلي (الرياضيات)
- دليل الأنشطة المختبرية (العلوم)
- دليل المعلم

مركز اتصال وزارة التربية والتعليم

اقتراح - استفسار - شكوى

80051115

www.moe.gov.ae

Info@moe.gov.ae