



الكيمياء

الصف الحادي عشر

متقدم

الفصل الدراسي الثاني





www.macmillanmh.com

www.obeikaneducation.com

أعدّ النسخة العربية شركة العبيكان للتعليم



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

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



حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل © ٢٠٠٨ م.

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

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



قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءَ • قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءَ
 قَطْرٌ سَبَقَ حُرَّةً • تَسْمُو بِرُوحِ الْأَوْفِيَاءِ
 سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الْأَلَى • وَعَلَى ضِيَاءِ الْأَنْبِيَاءِ
 قَطْرٌ بِقَلْبِي سِيرَةً • عِزٌّ وَأَمْجَادُ الْإِبَاءِ
 قَطْرُ الرَّجَالِ الْأَوَّلِينَ • حُمَاتُنَا يَوْمَ النَّدَاءِ
 وَحَمَائِمُ يَوْمِ السَّلَامِ • جَوَارِحُ يَوْمِ الْفِدَاءِ

لون علم دولة قطر العنابي والأبيض ، وتفصل بين اللونين تسعة رؤوس.

الأبيض : هو رمز السلام الذي يسعى له حكام قطر وأبنائها.

العنابي : يرمز إلى الدماء المتخثرة، وهي دماء الشهداء من أبناء قطر الذين

خاضوا معارك كثيرة في سبيل وحدة دولة قطر وخصوصاً في النصف الأخير من القرن التاسع عشر.



علم دولة قطر

الرؤوس التسعة : ترمز إلى أن دولة قطر هي

العضو التاسع في الإمارات

المتصالحة من دول الخليج العربية.

رؤية قطر الوطنية 2030

تهدف رؤية قطر الوطنية 2030 التي تمت المصادقة عليها بموجب القرار الأميري رقم 44 لسنة 2008م، إلى تحويل - قطر بحلول عام 2030م - إلى دولة متقدمة قادرة على تحقيق التنمية المستدامة، وعلى تأمين استمرار العيش الكريم لشعبها، جيلاً بعد جيل؛ حيث تحدد الرؤية الوطنية لدولة قطر النتائج التي تسعى إلى تحقيقها على المدى الطويل، كما أنها توفر إطاراً عاماً لتطوير استراتيجيات وطنية شاملة وخطط تنفيذها.

وتستشرf الرؤية الوطنية الآفاق التنموية من خلال الركائز الأربع المترابطة التالية :

التنمية البيئية

التنمية الاقتصادية

التنمية الاجتماعية

التنمية البشرية

الركيزة الأولى - التنمية البشرية الغايات المستهدفة :

سكان متعلمون :

- نظام تعليمي يرقى إلى مستوى الأنظمة التعليمية العالمية المتميزة، ويزود المواطنين بما يفي بحاجاتهم وحاجات المجتمع القطري، ويتضمن:
 - مناهج تعليم وبرامج تدريب تستجيب لحاجات سوق العمل الحالية والمستقبلية.
 - فرصاً تعليمية وتدريبية عالية الجودة تتناسب مع طموحات وقدرات كل فرد.
 - برامج تعليم مستمر مدى الحياة متاحة للجميع.
- شبكة وطنية للتعليم النظامي وغير النظامي تجهز الأطفال والشباب القطريين بالمهارات اللازمة والدافعية العالية للإسهام في بناء مجتمعهم وتقدمهم، وتعمل على:
 - ترسيخ قيم وتقاليد المجتمع القطري، والمحافظة على تراثه.
 - تشجيع النشء على الإبداع والابتكار وتنمية القدرات.
 - غرس روح الانتماء والمواطنة.
 - المشاركة في مجموعة واسعة من النشاطات الثقافية والرياضية.
- مؤسسات تعليمية متطورة ومستقلة تُدار بكفاءة، وبشكل ذاتي، وفق إرشادات مركزية، وتخضع لنظام المساءلة.
- نظام فعال لتمويل البحث العلمي يقوم على مبدأ الشراكة بين القطاعين العام والخاص بالتعاون مع الهيئات الدولية المختصة ومراكز البحوث العالمية المرموقة.
- دور فاعل دولياً في مجالات النشاط الثقافي والفكري والبحث العلمي.
- استقطاب التوليفة المرغوبة من العمالة الوافدة، ورعاية حقوقها، وتأمين سلامتها، والحفاظ على أصحاب المهارات المتميزة منها.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

يحظى الكتاب المدرسي بمكانة خاصة في العملية التعليمية؛ لأهميته في دعم التعلم الصفي، من حيث ترجمة أهداف المنهج الدراسي، وتجسيد توجهاته، وتنظيم محتواه، وإبراز مضامينه، فضلاً عن إحداث التوازن بين مجالات المنهج المعرفية والمهارية والقيمية. ومن هذا المنطلق تُولي دولة قطر الكتاب المدرسي وسائر المواد التعليمية المساندة اهتمامًا خاصًا لضمان تحقيق هذه المواد الدور المنوط بها، في ظل ما يشهده الكتاب المدرسي من تطوّر نوعي يستند إلى نتائج الدراسات والبحوث التربوية الحديثة في حقل التعلّم وتنظيم المعرفة، ويؤكد على تفعيل دور الطالب في التعامل الواعي والنشط مع محتوى الكتاب المدرسي.

ولما كان علم الكيمياء من الركائز الأساسية لنهضة الأمم وبناء المجتمع الحديث القائم على التكنولوجيا والمعرفة العلمية، فقد جاء اهتمام دولة قطر وعنايتها بالمنهج الدراسي لهذا العلم، وتدرسه شاملاً كافة الجوانب، وبخاصة الكتاب المدرسي؛ ليكون أداة فاعلة في تحقيق أهداف تدريس الكيمياء، وداعماً أساسياً لتعلم الطالب واكتسابه للمعارف والمهارات الكيميائية.

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

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها معايير مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجّه والمفتوح. فقبل البدء في دراسة محتوى كل وحدة من وحدات الكتاب، يقوم الطالب بالاطلاع على الفكرة العامة للوحدة التي تقدم صورة شاملة عن محتواه. ثم يقوم بتنفيذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان التجربة الاستهلاكية التي تساعد أيضاً على تكوين النظرة الشاملة لمحتوى الوحدة. وتتيح التجربة الاستهلاكية في نهايتها ممارسة شكل آخر من

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

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل درس ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسية خاصة بكل درس ترتبط بالفكرة العامة للوحدة. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى بواقع الحياة، أو بالعلوم الأخرى، وشرحاً وتفسيراً للمفردات الجديدة التي تظهر مظلمة باللون الأصفر، وتجد أيضاً أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمّق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الوحدة. وتضمّن كل درس مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضاً مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدّها في بداية كل وحدة.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة: التمهيدي والتكويني والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل وحدة بوصفها تقويمًا تمهيديًا لتعرّف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الوحدة، أو من خلال مناقشة الأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلاكية. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى يمكن أن تجد سؤالاً تحت عنوان «ماذا قرأت؟»، وتجد تقويمًا خاصًا بكل درس من دروس الوحدة يتضمن أفكار المحتوى، وأسئلة تعزز فهمك لما تعلمت وما ترغب في تعلمه في الدروس اللاحقة. وفي نهاية الوحدة تجد دليلاً لمراجعة الوحدة يتضمّن تذكيراً بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بدروس الوحدة، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل درس. ثم تجد تقويمًا للوحدة في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى إتقان المفاهيم، وحل المسائل، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومسائل تحفيز، وتقويمًا إضافيًا يتضمن تقويم مهارات الكتابة في الكيمياء، وأسئلة خاصة بالمستندات تتعلق بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية. وفي نهاية كل وحدة تجد اختباراً مقننًا يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي قمت بتعلمها سابقًا.

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

والله ولي التوفيق

قائمة المحتويات



9a كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

الوحدة 4

10	الكيمياء الكهربائية
12	4-1 الأكسدة والاختزال
34	4-2 الخلايا الكهروكيميائية
60	4-3 البطاريات
72	تقويم الوحدة

الوحدة 5

80	الهيدروكربونات
82	5-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات
90	5-2 الألكانات والألكينات
110	5-3 مشتقات الهيدروكربونات
116	5-4 النفط
128	تقويم الوحدة

الوحدة 6

134	مشتقات الهيدروكربونات وتفاعلاتها
136	6-1 الألكانات الهالوجينية
144	6-2 الكحولات و الأثيرات
156	6-3 مركبات الكربونيل
166	6-4 الزيوت والدهون
172	6-5 المركبات الأروماتية
193	تقويم الوحدة

الوحدة 7

200	الكيمياء الصناعية
202	7-1 صناعة الألمونيا
214	7-2 صناعة حمض الكبريتيك
224	7-3 الحجر الجيري والأسمت
232	7-4 البوليمرات
248	تقويم الوحدة
254	الملاحق

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

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

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** والتجربة

الاستهلاكية؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذه الوحدة.

لكل وحدة **فكرة عامة** تقدم صورة شاملة عنه. ولكل درس من دروس الوحدة **فكرة رئيسة** تدعم الفكرة العامة.

6 مشتقات الهيدروكربونات وتفاعلاتها
Substituted Hydrocarbons and Their Reactions



رقم الوحدة: 6، 11AC

الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

6-1 الألكانات، الهالوجينية

Haloalkanes

الفكرة الرئيسية مركبات عضوية تحمل فيها ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

6-2 الكحولات، والأمينات

Alcohols and Amines

الفكرة الرئيسية الكحولات مركبات عضوية تتكون من استبدال ذرة هيدروجين بمجموعة OH، بينما الأمينات تتكون من استبدال ذرة هيدروجين في جزيء الأمونيا NH₃ بشق هيدروكربوني.

6-3 مركبات الكربونيل

Carbonyl Compounds

الفكرة الرئيسية تحتوي الألكدهيدات والكيتونات على مجموعة الكربونيل في كل منها.

6-4 الزيوت والدهون

Oils and Fats

الفكرة الرئيسية تحمل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية غزيراً من الطاقة لكل من النبات والحيوان، وتنظم الأنشطة الحيوية.

6-5 المركبات الأروماتية

Aromatic Compounds

الفكرة الرئيسية تنصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، وظاهرة الرنين.

بعد زيت الزيتون من المعجزات الطبيعية التي خلقها الله عز وجل وأنعم على البشرية بها، وذلك بفضل تركيبته الطبيعية ومكوناته القليلة، ويتكون من عدد من الأحماض الدهنية، يا فيها الألكاليد والأولييك والإستيريك، بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من المواد الأخرى القليلة لجسم الإنسان.

تبدأ كل وحدة بتجربة استهلاكية تقدم المادة التي تتناولها. نفذ التجربة الاستهلاكية، لتكتشف المفاهيم التي ستتناولها الوحدة.

لتحصل على رؤية عامة عن الوحدة

- اقرأ عنوان الوحدة لتتعرف موضوعاتها.
- تصفح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظلمة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للوحدة باستخدام العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.

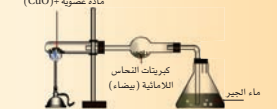
نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركب العضوي
تهدف هذه التجربة إلى إثبات وجود كل من الكربون والهيدروجين في المركب العضوي.

خطوات العمل

1. ركب الجهاز كما هو موضح في الشكل. استخدم أنبوب اختبار خاص بالسخن (Pyrex)، لأنه سيتعرض إلى درجة حرارة عالية.



2. اخلط كمية مناسبة من أكسيد النحاس II (CuO)، والمركب العضوي (سكر) في الجزء السفلي من أنبوب السخن.

3. ثبت أنبوب السخن أفقياً بال حامل.

4. ضع ملعقة من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء في وسط أنبوب آخر متصل مع أنبوب السخن.

5. صل هذا الأنبوب مع دورق يحتوي ماء الجير Ca(OH)₂.

6. ابدأ بسخن مزيج المركب العضوي وأكسيد النحاس II (CuO).

7. سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. هل تحول لون كبريتات النحاس اللامائية من اللون الأبيض إلى اللون الأزرق.

2. هل لماذا يتغير ماء الجير؟

3. اكتب معادلات كيميائية توضح تفسيرك في 1 و 2.

استقصاء ابحث عن أهم خصائص المركبات العضوية.

المطلوبات
مشتقات الألفا

المركبات الهيدروكربونية
اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونية بالتابع الخطوات الآتية

الخطوة 1 اثن ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معاً، واقطع خط الذي بطول 3 cm.

الخطوة 2 أمسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط التنسي، واترك آخر 3 cm دون قطع.

الخطوة 3 أدخل أول وورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سجل من 12 صفحة، وعنوانه بـ "المركبات الهيدروكربونية".

استعمل هذه المطوية مع الدروس
1-2، 3-5 من هذه الوحدة. وبعد قراءة هذه الدروس سجل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميزة، وأمثله من واقع الحياة.

تجربة
لتفيد التجربة الاستهلاكية ارجع إلى كراسة التجارب العملية.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل درس أدوات تعمّق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

4-1

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

23.1 – 23.2 – 23.3

معايير البحث والاستقصاء العلمي

23.1.1 – 23.1.4 – 23.3.1

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

يفسر تفاعلات الأكسدة والاختزال بدلالة: فقد واكتساب

الإلكترونات أو الهيدروجين،

وانتقال الإلكترونات، والتغير في عدد التأكسد.

يحدد المادة التي تأكسد، والمادة التي اختزلت، والعامل المؤكسد، والعامل المختزل في تفاعل الأكسدة والاختزال.

يحدد عدد التأكسد لعنصر ما في مركب.

يفسر تعدد حالات التأكسد للفترات الانتقالية.

مراجعة المفردات

صدأ الحديد مادة بيضاء تتكون نتيجة تفاعل الحديد أو الفولاذ مع أكسجين الهواء الجوي بوجود الرطوبة.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

Redox Reactions

يُعدّ تفاعلاً الأكسدة والاختزال تفاعلين متلازمين، إذ تتأكسد ذرة وتختزل أخرى.

الربط مع الحياة تتغير ألوان الكثير من أنواع الفواكه والخضروات، كالتفاح والخوخ، وهذا يحدث بسبب تفاعل الأيونات التي تحتوي غالباً على الحديد، مع أكسجين الهواء الجوي مما يؤدي إلى تآكل وذوبان أغشية هذه الأطعمة، مما يؤثر في شكل وطعم هذه الفواكه والخضروات.

تُحلّ تفاعلات الأكسدة والاختزال أهم أنواع التفاعلات الكيميائية، وكثيراً ما تحدث حولنا؛ فالطاقة التي نحتاجها للكائنات الحية جميعها ومنها الإنسان، تقوم بأداء أنشطتها المختلفة، مصدرها الطعام، وتنتج عن تفاعلات الأكسدة والاختزال. وأيضاً، فإن الطاقة الكهربائية التي نحصل عليها من البطاريات المختلفة ومنها بطاريات السيارة، أو الساعة، أو الكشاف الكهربائي تنتج من هذه التفاعلات. وربما لاحظت أن أشعال عود ثقاب قد يسبب احتراق غابة بأكملها، خصوصاً في فصل الصيف، وأن قطعة الحديد تصدأ عند تركها فترة زمنية في جو رطب، ويعدّ صدأ الحديد أشهر الأمثلة وأقربها على عمليات التأكسد، وتستخدم لحايته عدة طرق منها: الحفنة، والطلاء، فإما هي تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ وما هي أعداد التأكسد، والعوامل المؤكسدة، والعوامل المختزلة؟ هذا ما سنتناوله هذه الوحدة بالتفصيل.

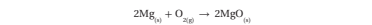
المفهوم الكلاسيكي للأكسدة والاختزال

Classical concept of oxidation and reduction

الأكسدة Oxidation تعرف الأكسدة على أنها التفاعل الذي يتم فيه إضافة الأكسجين إلى المادة أو إزالة الهيدروجين منها انظر الشكل 4-1a. لعل سبيل المثال، يتم إضافة الأكسجين إلى الماغنسيوم ويتحول إلى أكسيد الماغنسيوم Magnesium oxide كما يلي:



وتحدث الأكسدة أيضاً عند إزالة الهيدروجين من المادة كما في تفكك يوديد الهيدروجين HI

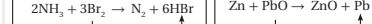


الشكل 4-1 تفاعلات الأكسدة والاختزال بدلالة فقد واكتساب الأكسجين والهيدروجين.

الأكسدة، فقدان الهيدروجين (عامل مختزل)



الاختزال، اكتساب الهيدروجين (عامل مؤكسد)

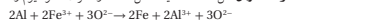


الاختزال، فقدان الأكسجين (عامل مؤكسد)

الأكسدة، اكتساب الأكسجين (عامل مختزل)

مثال 4-1

تفاعلات الأكسدة والاختزال تُحلّ المعادلة الأتية تفاعل أكسدة واختزال الألمنيوم والحديد.



حدد المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في هذا التفاعل.

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

تحليل المسألة

لقد أعطيت التفاعلات والنواتج في التفاعل، لذا عليك تحديد انتقال الإلكترونات الحاصل، ثم يمكنك تطبيق تعريف العامل المؤكسد والعامل المختزل للإجابة عن السؤال.

حساب المطلوب

حدد عمليتي التأكسد والاختزال.

فقد الألمنيوم 3 إلكترونات (فقدان الإلكترونات - أكسدة) $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$

وأصبح أيون الألمنيوم.

اكتسب الحديد 3 إلكترونات (اكتساب الإلكترونات - اختزال) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$

فقدوا الألمنيوم.

لأن الألمنيوم تأكسد لذا فهو العامل المختزل، ولأن الحديد اختزل لذا فهو العامل المؤكسد.

تقويم الإجابة

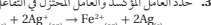
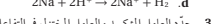
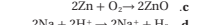
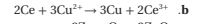
تأكسد الألمنيوم في هذه العملية بفقدانه الإلكترونات، في حين اختزل الحديد واكتسب الإلكترونات، ومن ثم يتفق تعريف كل من الأكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل مع ما تقدم. لاحظ أن عدد تأكسد الأكسجين لم يتغير في هذا التفاعل؛ لذا لا يعدّ الأكسجين عاملاً مفتاحياً لحل المسألة.

مسائل تدريبية

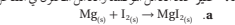
1. حدد التغيرات، في كل ما يلي سواء أكانت أكسدة أم اختزالاً؟ وتذكر أن e^- هو رمز الإلكترون:



2. حدد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختزلت في التفاعلات الآتية:



3. حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



4. تميز حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



مهارات القراءة

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

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

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

التقويم 5-2

17. **المقدمة** صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات والألكينات.
18. **سم الصيغ البنائية** التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.
 - a. CH_3
 - b. $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - c. $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_3$
19. **صف الخصائص العامة** للألكانات.
20. **وضح العلاقة** بين الكتلة الجزيئية للألكان وجودته كوقود.
21. **فسر لماذا** تزداد درجات غليان الألكانات مع زيادة الكتلة الجزيئية لها.
22. **حدد كيف** تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات عما تصنف به الألكانات.
23. **اكتب الصيغة البنائية** لكل مما يأتي:
 - a. 5.3- ثنائي ميثيل هيكسان
 - b. 1- إيثيل -4- ميثيل حلقي هكسان
 - c. 2.1- ثنائي ميثيل حلقي بروبان
24. **تفسير الصيغ البنائية** لماذا بعد الاسم 3-بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب، ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3-بيوتيل بنتان؟
25. **سم الصيغ البنائية** أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.
 - a. CH_3
 - b. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH} = \text{CHCH}_2\text{CH}_3$
26. **اكتب الصيغة البنائية** لـ 3.2- ثنائي ميثيل -2-بيوتين.
27. **أكمل المعادلتين** الكيميائيتين التاليين:

$$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$$

بلمرة بالإضافة
28. **استنتج** توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهَمْزَجَة، وهي زيوت تتفاعل مع الهيدروجين بوجود عامل حفّز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟

الخلاصة

- تحتوي الألكانات على روابط تساهمية أحادية فقط بين ذرات الكربون. وتحتوي الألكينات رابطة ثنائية واحدة على الأقل.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية مُحدّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تتميز الألكانات بضعف نشاطها الكيميائي.
- تتفاعل الألكانات بالاستبدال، ولا تتفاعل بالإضافة.
- للالكينات استخدامات متعددة في الصناعات الكيميائية.
- تعد الألكينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

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

الكيمياء والصحة

التيفلون Teflon

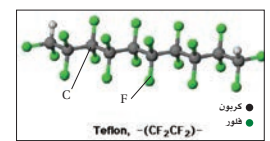
المستخدمة في عمليات الطبخ والقليل بسهولة تنظيفها، وعدم التصاق الأطعمة بسطحها، ومنها الأرز والخضراوات المحضرة فيها، وهذا النوع من الأواني لا يحتاج إلى وجود زيت لمنع التصاق الأطعمة بسطحها.

عيوب التيفلون Teflon is advantage بعد الاستعمال المتكرر للأوعية المصنوعة من التيفلون، وغوصها بالأدوات المعدنية المستخدمة في تحريك الطعام، تبدأ طبقة التيفلون بالتآكل، ويتلوث الطعام بمكونات التيفلون. ويُصح باستخدام الملاع الخشبية ناعمة السطح تجنباً لحدوث خدش في سطح الوعاء، ويجب إضافة قليل من الزيت عند وضع هذه الأواني فوق المهب، وذلك لتبليق ظاهرة التحلل الحراري للتيفلون، مع ضرورة عدم رفع درجة الحرارة بشكل كبير. وعندما أجرى العلماء تجاربهم على الفئران التي تتعرض لهذه المادة، وجدوا أنها تصاب بأنواع مختلفة من الأمراض الضارة والخطرة على صحة الإنسان فيما لو تعرض لها أيضاً، لذا يُفضل رمي هذه الأوعية عند تعرضها للتخدش.

انتشر استعمال البوليمرات على نطاق واسع في جميع مجالات الحياة، وأصبح لها فرع مستقل من فروع علم الكيمياء، يُسمى علم البوليمر "Polymer Science"، ومن ضمن هذه البوليمرات، البوليمرات الفلورية، التي تعتمد على وجود الفلور في المركب، ومن أهمها مركب التيفلون.

ما التيفلون؟ What Teflon is? التيفلون أو التيفال كما يسميه الكثير من الناس هو الاسم التجاري لبوليمر رباعي فلورو إيثيلين $(\text{CF}_2\text{CF}_2)_n$ -، ويُستخدم عادة في صناعة أواني القلي والطبخ، التي لا تنصق بها الأغذية وغيرها.

ويتكون التيفلون من سلسلة من ذرات الكربون كثيرة من البوليمرات، وهو سلسلة كربونية محاطة بذرات الفلور، وتكون الرابطة بين الكربون والفلور قوية جداً بحيث تكون ذرات الفلور حجائباً واقياً لسلسلة ذرات الكربون.



خصائص التيفلون Teflon properties يتميز تركيب التيفلون ببعض الصفات الفريدة، ومنها: صفة الانزلاق الشديد لسطحه، ونعومه ملمسه، فلا يلتصق به شيء مهما ارتفعت درجة الحرارة، وهو تركيب عامل ضد تأثير معظم الكيماويات الحضية والقلوية عند ملاصقتها له، ولا يؤثر في مكونات الطعام، ولا يتأثر بها، وهو مركب غير سام للإنسان عند دخول كميات صغيرة منه إلى الجهاز الهضمي نتيجة تناوله أو تقشره بسبب سوء الاستخدام، ولكن يجب استشارة الطبيب عند دخول كمية كبيرة منه إلى المعدة، وتصنف أواني التيفلون

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

رقم الوحدة: 11AC.4

الفكرة العامة يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية وبالعكس، في أثناء تفاعلات الأكسدة والاختزال

4-1 الأكسدة والاختزال

Oxidation and Reduction

الفكرة الرئيسية يعد تفاعلا الأكسدة والاختزال تفاعلين متلازمين؛ إذ تتأكسد ذرة وتختزل أخرى.

4-2 الخلايا الكهروكيميائية

Electrochemical cells

الفكرة الرئيسية تحدث الأكسدة في الخلايا الكهروكيميائية عند الأنود (المصعد) منتجة إلكترونات تتدفق نحو الكاثود (المهبط) حيث يحدث الاختزال.

4-3 البطاريات

الفكرة الرئيسية البطاريات أنواع من الخلايا الكهروكيميائية تعتمد على التفاعلات الكيميائية لإنتاج الطاقة لأغراض متعددة.



بطارية ليثيوم



بطارية قلوية



نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

شجرة الرصاص

يحدث تفاعل كيميائي في الخلايا الكهروكيميائية عند إمرار تيار كهربائي.

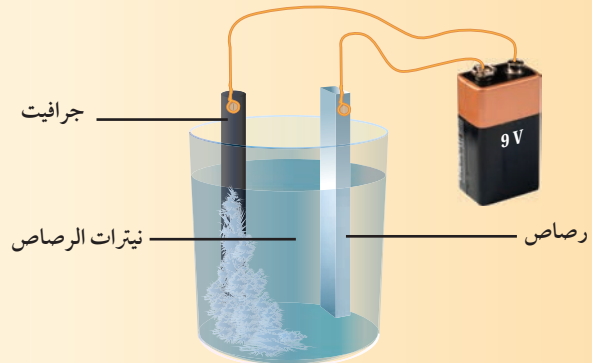
خطوات العمل

تحذير: أيون الرصاص من الأيونات الثقيلة السامة؛ حيث يؤثر على مختلف أجهزة الجسم، لذا تعامل مع نترات الرصاص بحذر.

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. كوّن خلية التحليل الكهربائي مستخدماً أقطاب الجرافيت، كما هو مبين في الشكل.
3. ضِعْ 150 mL من محلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ في الكأس الزجاجية.
4. انتظر مدة 5 min. ماذا تلاحظ؟

تحليل النتائج

1. ما الأدلة على حدوث تفاعل كيميائي؟
 2. اكتب معادلة التفاعل الذي حدث في الخلية.
- استقصاء** صمّم تجربة تدرس فيها نواتج عملية التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 .

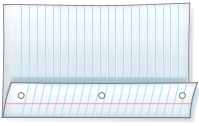


الخلايا الجلفانية صمّم المطوية التالية؛ لمساعدتك على تلخيص أبرز الأفكار الرئيسة المتعلقة بالخلايا الجلفانية والبطاريات.

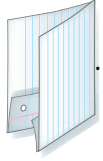
المطويات

منظمات الأفكار

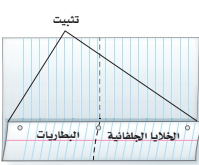
الخطوة 1 اثن 5 cm من أسفل الورقة أفقيًا.



الخطوة 2 اثن الورقة رأسيًا نصفين.



الخطوة 3 افتح الورقة، ثم ثبّت الشية في أسفلها لعمل قسمين منفصلين، وعنّونها كما في الشكل.



المطويات استعمل هذه المطوية مع الدرسين 1-4

و2-4، و3-4، وذلك عند قراءتك للخلايا الجلفانية. لخص المعلومات في بطاقات، واحفظها في الدرس الخاص بها.

لتنفيذ التجربة الاستهلاكية ارجع إلى كراسة التجارب العملية.

تجربة استهلاكية

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يفسر تفاعلات الأكسدة والاختزال بدلالة: فقد واكتساب الأكسجين أو الهيدروجين، وانتقال الإلكترونات، والتغير في عدد التأكسد.

• يحدد المادة التي تأكسدت، والمادة التي اختزلت، والعامل المؤكسد، والعامل المختزل في تفاعل الأكسدة والاختزال.

• يحدد عدد التأكسد لعنصر ما في مركب.

• يفسر تعدد حالات التأكسد للفلزات الانتقالية.

مراجعة المفردات

صدأ الحديد مادة بنية حمراء تتكون نتيجة تفاعل الحديد أو الفولاذ مع أكسجين الهواء الجوي بوجود الرطوبة.

تفاعلات الأكسدة والاختزال

Redox Reactions

الفكرة الرئيسية يُعدّ تفاعل الأكسدة والاختزال تفاعلين متلازمين؛ إذ تتأكسد ذرة وتُختزل أخرى.

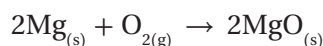
الربط مع الحياة تتغير ألوان الكثير من أنواع الفواكه والخضروات، كالتفاح والكمثرى والخس نتيجة لتعرضها للهواء الجوي، وقد تتعفن. وهذا يحدث بسبب تفاعل الانزيمات التي تحتوي غالبًا على الحديد، مع أكسجين الهواء الجوي مما يؤدي إلى تآكل وذوبان أغشية هذه الأطعمة، مما يؤثر في شكل وطعم هذه الفواكه والخضروات.

تمثل تفاعلات الأكسدة والاختزال أهم أنواع التفاعلات الكيميائية، وكثيرًا ما تحدث حولنا؛ فالطاقة التي تحتاجها الكائنات الحية جميعها ومنها الإنسان، لتقوم بأداء أنشطتها المختلفة، مصدرها الطعام، وتنتج عن تفاعلات الأكسدة والاختزال. وأيضًا، فإن الطاقة الكهربائية التي نحصل عليها من البطاريات المختلفة ومنها بطاريات السيارة، أو الساعة، أو الكشاف الكهربائي تنتج من هذه التفاعلات. وربما لاحظت أن اشتعال عود ثقاب قد يسبب احتراق غابة بأكملها، خصوصًا في فصل الصيف، وأن قطعة الحديد تصدأ عند تركها فترة زمنية في جو رطب، ويُعد صدأ الحديد أشهر الأمثلة وأقربها على عمليات التأكسد، وتستخدم لحمايته عدة طرق منها: الجلفنة، والطلاء. فما هي تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ وما هي أعداد التأكسد، والعوامل المؤكسدة، والعوامل المختزلة؟ هذا ما سنتناوله هذه الوحدة بالتفصيل.

المفهوم الكلاسيكي للأكسدة والاختزال

Classical concept of oxidation and reduction

الأكسدة Oxidation تعرف الأكسدة على أنها التفاعل الذي يتم فيه إضافة الأكسجين إلى المادة أو إزالة الهيدروجين منها انظر الشكل 1a-4. فعلى سبيل المثال، يتم إضافة الأكسجين إلى الماغنسيوم ويتحول إلى أكسيد الماغنسيوم Magnesium oxide كما يلي:



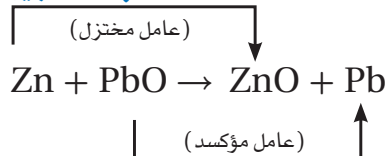
وتحدث الأكسدة أيضًا عند إزالة الهيدروجين من المادة؛ كما في تفكك يوديد الهيدروجين HI

b الأكسدة: فقدان الهيدروجين



الاختزال: اكتساب الهيدروجين

a الأكسدة: اكتساب الأكسجين



الاختزال: فقدان الأكسجين

الشكل 1-4 تفاعلات

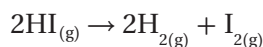
الأكسدة والاختزال بدلالة فقد واكتساب الأكسجين والهيدروجين.

المفردات

أصل الكلمة

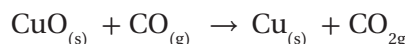
الاختزال (Reduction)
جاءت من الأصل اللاتيني
re، وتعني الخلف،
و ducere وتعني يقود.

مكوناً غاز الهيدروجين وغاز اليود كما يلي:

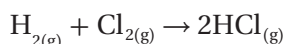


وتسمى المادة التي يحدث لها أكسدة عن طريق اكتساب الأكسجين أو فقدان الهيدروجين عاملاً مختزلاً Reducing agent.

الاختزال Reduction يعرف الاختزال على أنه التفاعل الذي يتم فيه إزالة الأكسجين من المادة أو إضافة الهيدروجين إليها، انظر الشكل 1b-4؛ فعلى سبيل المثال يتم إزالة الأكسجين من أكسيد النحاس لتكوين فلز النحاس وغاز ثاني أكسيد الكربون، كما يلي:



ويحدث الاختزال أيضاً عند إضافة الهيدروجين إلى المادة؛ كما في إضافة الهيدروجين إلى الكلور لتكوين كلوريد الهيدروجين، كما يلي:

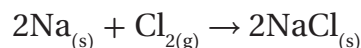


وتسمى المادة التي يحدث لها اختزال عن طريق اكتساب الهيدروجين أو فقدان الأكسجين عاملاً مؤكسداً Oxidizing agent. مع مرور الوقت، شاع استخدام هذه المفاهيم، ولم تقتصر على وصف تفاعلات المواد مع الأكسجين وحده، بل تجاوزتها إلى وصف أنواع أخرى من التفاعلات الكيميائية التي لا يدخل فيها الأكسجين.

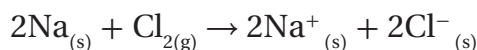
تفاعل الأكسدة والاختزال بدلالة انتقال الإلكترونات

Electron transfer and redox reaction

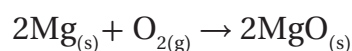
درست في الصف العاشر أن الصوديوم Na يتفاعل مع الكلور Cl_2 لتكوين المركب الأيوني NaCl، وينتقل إلكترون من كل ذرة صوديوم إلى كل ذرة في جزيء الكلور Cl_2 ويتكون أيونان من الصوديوم وأيونان من الكلوريد، وتكون المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل على النحو الآتي: المعادلة الكيميائية الكاملة:



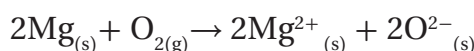
والمعادلة الأيونية الكلية (الأيونات في صورة بلورات):



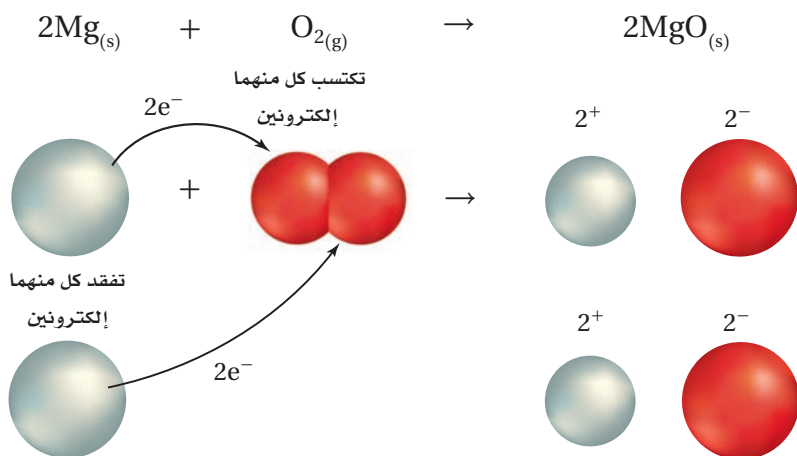
أما تفاعل الماغنسيوم في الهواء الذي يتضمن انتقال الإلكترونات فهو مثال على تفاعل الاحتراق. المعادلة الكيميائية الكاملة:



المعادلة الأيونية الكلية (الأيونات في صورة بلورات)



عندما يتفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين، كما في الشكل 2-4، فإن كل ذرة ماغنسيوم تعطي



إلكترونين إلى كل ذرة أكسجين، وتتحول ذرة الماغنسيوم إلى أيون Mg^{2+} ، وتتحول ذرة الأكسجين إلى الأيون O^{2-} ، ويسمى التفاعل الذي انتقلت فيه الإلكترونات من إحدى الذرات إلى ذرة أخرى تفاعل الأكسدة والاختزال **Redox reaction**.

تفاعلات الأكسدة والاختزال Redox reactions أطلقت كلمة الأكسدة فيما مضى على التفاعلات التي تتضمن اتحاد المادة بالأكسجين، أما الآن فتعرف عملية الأكسدة **Oxidation** على أنها فقدان ذرة المادة للإلكترونات. تفحص مرة أخرى معادلة تفاعل الصوديوم والكلور الكلية، وستلاحظ أن الصوديوم قد تأكسد؛ لأنه فقد إلكترونًا.

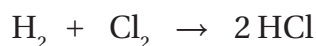


وحتى يحدث تفاعل الأكسدة يجب أن تكتسب الإلكترونات التي تفقدها المادة المتأكسدة من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى، وبعبارة أخرى يجب أن تكون هناك عملية مرافقة تتضمن اكتساب الإلكترونات المفقودة. أما عملية الاختزال **Reduction** فتعرف على أنها اكتساب ذرات المادة للإلكترونات. وبالرجوع إلى مثال كلوريد الصوديوم فإن تفاعل الاختزال المرافق لتفاعل الأكسدة هو اختزال الكلور.



إذن فالأكسدة والاختزال عمليتان مترافقتان متلازمتان؛ فلا يحدث تفاعل الأكسدة إلا إذا حدث تفاعل اختزال، ومن المهم جدًا التمييز بين تفاعلي الأكسدة والاختزال.

وهنا، لا بد من الإشارة إلى أن بعض عمليات التأكسد والاختزال قد لا تؤدي إلى كسب الإلكترونات أو فقدها تمامًا؛ فعلى سبيل المثال، يتحد H_2 مع Cl_2 لتكوين جزيء HCl وفق المعادلة الآتية:



ففي المركب الناتج من التفاعل السابق، تكتسب ذرة الهيدروجين - الأقل سالبية كهربائية - شحنة جزئية موجبة؛ بسبب إزاحة إلكترونات الرابطة المشتركة نحو ذرة الكلور الأعلى سالبية كهربائية، والتي تكتسب بالتالي شحنة جزئية سالبة. وهذه الإزاحة

الشكل 2-4 يتضمن تفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين انتقال الإلكترونات من الماغنسيوم إلى الأكسجين؛ لذا فإن هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة واختزال.

المفردات الجديدة

• تفاعل الأكسدة والاختزال

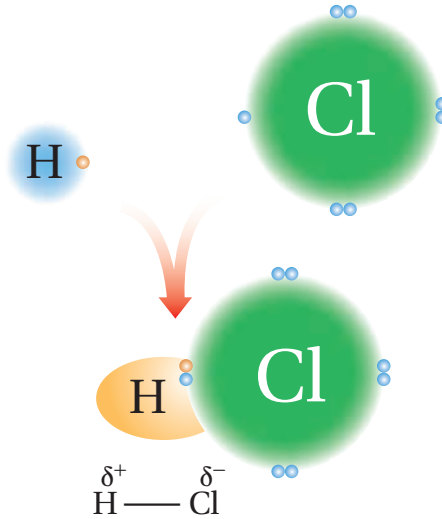
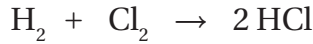
• Redox reaction

• الأكسدة Oxidation

• الاختزال Reduction

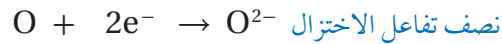
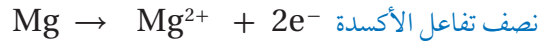
الشكل 3-4 إزاحة إلكترونات الرابطة

المشتركة نحو ذرة الكلور في جزيء HCl،
بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



الجزئية لإلكترونات الرابطة يجعل التفاعل السابق تفاعل أكسدة واختزال، كما هو موضح في الشكل 3-4.

وقد عرفت سابقاً أنه يمكن استخدام أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال للتعبير عن هذه التفاعلات؛ حيث يمثل أحد نصفي التفاعل فقدان الإلكترونات، ويمثل النصف الآخر اكتسابها، على شكل معادلة كيميائية موزونة منفصلة، ومن هنا ينقسم التفاعل إلى جزأين؛ أحدهما يعبر عن عملية الأكسدة، بينما يعبر الآخر عن عملية الاختزال، ويمكن تمثيل هذين الجزأين في معادلة تكوين MgO على الصورة الآتية:



✓ **ماذا قرأت؟** ما الذرة التي تأكسدت، والذرة التي اختزلت في التفاعل الآتي؟
وضّح إجابتك بكتابة أنصاف التفاعلات:



التغيير في عدد التأكسد Change in oxidation number تُستخدم أعداد التأكسد في الاستدلال على عمليتي التأكسد والاختزال خلال التفاعلات الكيميائية، وهي تعبر عن عدد الإلكترونات التي يتم فقدانها أو اكتسابها أو المشاركة بها، وقد يكون عدد التأكسد موجباً، أو سالباً، أو صفراً، ويمكن تعريف عدد تأكسد الذرة في المركبات الأيونية بأنه الشحنة الفعلية لأيون الذرة. أمّا في المركبات الجزيئية؛ التي لا يحدث فيها انتقال كامل للإلكترونات بين الذرات خلال التفاعلات الكيميائية، بل تتم المشاركة بها، فيكون عدد التأكسد هو الشحنة التي ستكتسبها الذرة لو أعطيت إلكترونات الرابطة كلياً للذرة الأعلى سالبة كهربائية، ومن ثمّ يكون عدد تأكسدها سالباً، بينما يكون عدد تأكسد الذرة الأخرى موجباً.

مهن في الكيمياء

صانع الفخار قنّان يصنع

الفخار، ويستعمل مواد تحتوي

على أيونات فلزية لإضفاء

الألوان المختلفة على الفخار

عند حرقه. وتظهر المواد

الزجاجية، التي تحتوي على

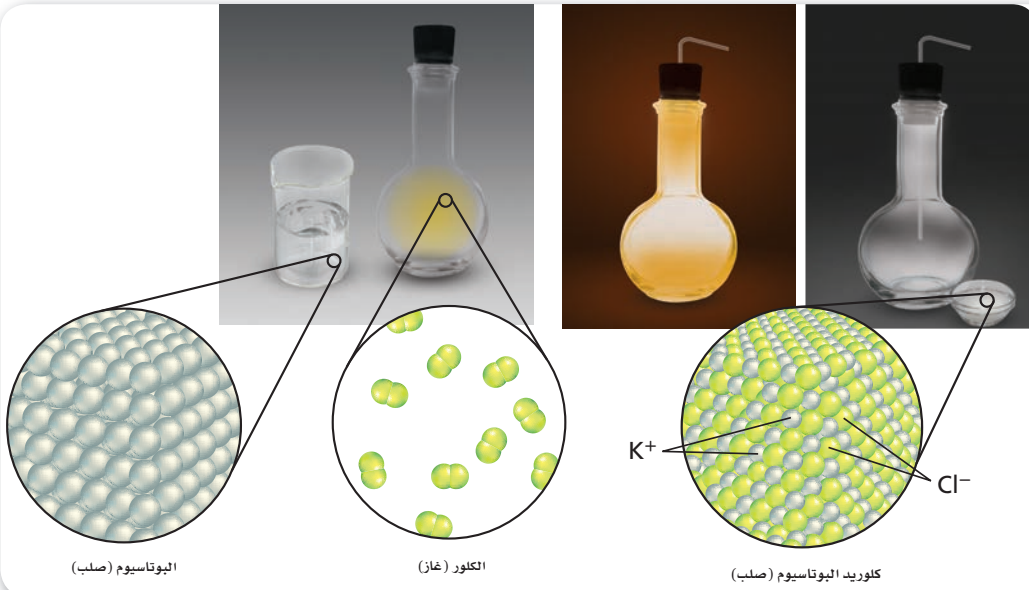
أيونات النحاس، باللون الأخضر

المائل إلى الزرقاء عند تأكسدها،

وتعطي اللون الأحمر عند حرقها

في الفرن.

الشكل 4-4 يتفاعل كل من فلز البوتاسيوم وغاز الكلور تفاعل أكسدة واختزال لتكوين كلوريد البوتاسيوم.

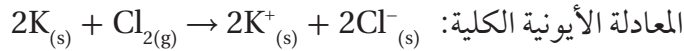
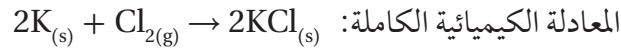


المفردات الجديدة

• عدد التأكسد

• Oxidation number

تذكر أن **عدد التأكسد Oxidation number** لذرة في المركب الأيوني أو التساهمي يعبر عنه بالشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة التي تظهر على ذرة العنصر نتيجة لفقدان أو اكتساب الإلكترونات خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال. ويعدُّ تفاعل البوتاسيوم مع الكلور تفاعل أكسدة واختزال، ومعادلة تفاعل فلز البوتاسيوم مع بخار الكلور هي على النحو الآتي:



يوجد البوتاسيوم ضمن عناصر المجموعة الأولى في الجدول الدوري، التي تميل إلى فقد إلكترون واحد في التفاعل، ولذا تظهر عليه شحنة موجبة واحدة، ويكون عدد تأكسدها (+1). ومن ناحية أخرى يوجد الكلور ضمن عناصر المجموعة 17 التي تميل إلى اكتساب الإلكترونات، ولذا تظهر عليه شحنة سالبة واحدة، ويكون عدد تأكسدها (-1). ففي مفهوم الأكسدة والاختزال يمكنك القول إن ذرات البوتاسيوم تأكسدت وتغير عدد تأكسدها من الصفر (عدم وجود شحنة) إلى (+1)؛ لأن كل ذرة فقدت إلكترونًا، واختزلت ذرات الكلور وتغير عدد التأكسد من الصفر إلى الحالة (-1)، ونستنتج من ذلك أن عملية الاختزال يصاحبها نقص في عدد التأكسد، وأن عملية التأكسد يصاحبها زيادة في عدد التأكسد، انظر الشكل 4-4.

ويعدُّ عدد التأكسد أداةً يستعملها العلماء لكتابة المعادلة الكيميائية لمساعدتهم على الاحتفاظ بمسار حركة الإلكترونات في تفاعل الأكسدة. ويكتب عدد التأكسد مع الإشارة السالبة أو الموجبة قبل العدد (+2، +3)، في حين تُكتب إشارة الشحنة الأيونية بعد العدد (+2، +3).

عدد التأكسد: +3 الشحنة الأيونية: 3+

✓ **ماذا قرأت؟ حدّد أي العناصر أكثر قابليةً لاكتساب الإلكترونات: البوتاسيوم أم الكلور؟**

الكيمياء في واقع الحياة

الأكسدة



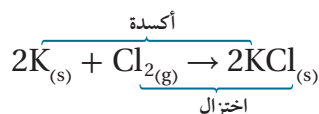
الصدأ يتأكسد الحديد عندما يلامسه الهواء الرطب، مكونًا أكسيد الحديد III Fe_2O_3 ويسمى الصدأ، والصدأ شائع جدًا؛ لأن مركبات الحديد سريعة التفاعل مع الأكسجين، والحديد النقي غير شائع في الطبيعة. وحاليًا يستعمل الفولاذ وهو سبيكة يحدّد الحديد المكون الأساسي لها.

وهناك طرائق كثيرة يمكن اتباعها لحماية الحديد كالطلاء، والدهان، وإضافة المواد البلاستيكية لحماية منتجات الحديد من الأكسدة.

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

Oxidizing and reducing agents

يمكن وصف تفاعل البوتاسيوم - الكلور في الشكل 4-4 بأن البوتاسيوم قد تأكسد بواسطة الكلور. المادة التي يحدث لها اختزال (تكتسب إلكترونات) تُسمى **العامل المؤكسد** **Oxidizing agent**، أما المادة التي يحدث لها أكسدة (تفقد إلكترونات) فتُسمى **العامل المختزل** **Reducing agent**؛ لذا فالعامل المختزل في تفاعل البوتاسيوم مع الكلور هو البوتاسيوم؛ أي المادة التي تأكسد.



العامل المختزل: K

العامل المؤكسد: Cl₂

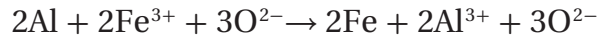
ومن التطبيقات الشائعة على تفاعلات الأكسدة والاختزال إزالة الشوائب من الفلزات. وتُعدُّ العوامل المؤكسدة والمختزلة الأخرى مفيدة في الحياة اليومية. فعلى سبيل المثال، عند إضافة مبيض الغسيل إلى الملابس لتبييضها، فإنك تستعمل محلولاً من هيبوكلوريت الصوديوم NaClO، وهو عامل مؤكسد يؤدي إلى أكسدة البقع والأصبغ ومواد أخرى. ويلخص الجدول 4-1 الطرائق المختلفة لوصف تفاعلات الأكسدة والاختزال.

ملخص الأكسدة والاختزال		الجدول 4-1
الاختزال	الأكسدة	أوجه المقارنة
- فقدان الأكسجين $\text{X} + \text{YO} \rightarrow \text{XO} + \text{Y}$ - Y: حدث له اختزال بسبب فقدانه للأكسجين	- اكتساب الأكسجين $\text{X} + \text{YO} \rightarrow \text{XO} + \text{Y}$ - X: حدث له تأكسد بسبب اكتسابه للأكسجين	التعريف بدلالة انتقال الأكسجين
اكتساب الإلكترونات $\text{Y} + \text{e}^- \rightarrow \text{Y}^-$	فقدان الإلكترونات $\text{X} \rightarrow \text{X}^+ + \text{e}^-$	التعريف بدلالة انتقال الإلكترونات
- النقص في عدد التأكسد $\text{Y} + \text{e}^- \rightarrow \text{Y}^-$ - التغير: من صفر إلى -1	- الزيادة في عدد التأكسد $\text{X} \rightarrow \text{X}^+ + \text{e}^-$ - التغير: من صفر إلى +1	التعريف بدلالة التغير في عدد التأكسد

المفردات الجديدة

- العامل المؤكسد
- Oxidizing agent
- العامل المختزل
- Reducing agent

تفاعلات الأكسدة والاختزال تمثل المعادلة الآتية تفاعل أكسدة واختزال الألومنيوم والحديد.



حدّد المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في هذا التفاعل.

حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

1 تحليل المسألة

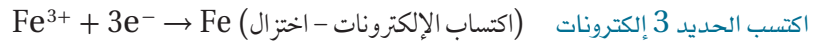
لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج في التفاعل، لذا عليك تحديد انتقال الإلكترونات الحاصل، ثم يمكنك تطبيق تعريف العامل المؤكسد والعامل المختزل للإجابة عن السؤال.

2 حساب المطلوب

حدّد عمليتي التأكسد والاختزال.



وأصبح أيون الألومنيوم.



فقدما الألومنيوم.

لأن الألومنيوم تأكسد لذا فهو العامل المختزل، ولأن الحديد اختزل لذا فهو العامل المؤكسد.

3 تقويم الإجابة

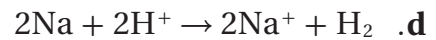
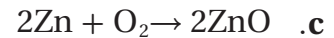
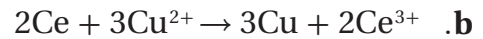
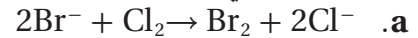
تأكسد الألومنيوم في هذه العملية بفقدته الإلكترونات، في حين اختزل الحديد واكتسب الإلكترونات، ومن ثمّ يتفق تعريف كل من الأكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل مع ما تقدم. لاحظ أن عدد تأكسد الأكسجين لم يتغير في هذا التفاعل؛ لذا لا يعدّ الأكسجين عاملاً مفتاحياً لحل المسألة.

مسائل تدريبية

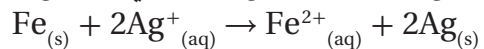
1. حدّد التغيرات، في كل مما يلي سواء أكانت أكسدة أم اختزالاً؟ وتذكر أن e^- هو رمز الإلكترون:



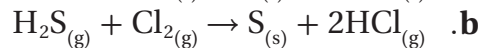
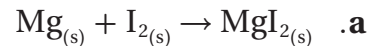
2. حدّد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختزلت في العمليات الآتية:



3. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



4. تحفيز حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:





الشكل 4-5 صخر يوضح طبقات من الحديد ناتجة عن الاختلاف في حالة تأكسد الحديد.

تحديد أعداد التأكسد Determining oxidation numbers

لفهم جميع أنواع تفاعلات الأكسدة والاختزال لا بد من تعرّف الطريقة التي يتم بها تحديد عدد التأكسد (n) لذرات العناصر الداخلة في التفاعل، ويلخص الجدول 2-4 القواعد التي يستعملها الكيميائيون لتسهيل عملية حساب عدد التأكسد.

لاحظ أن الجدول لا يتضمن العناصر الانتقالية وأشباه الفلزات واللافلزات التي قد يكون لها أكثر من عدد تأكسد في المركبات المختلفة. فعلى سبيل المثال، للحديد أعداد تأكسد مختلفة يُستدلُّ عليها من خلال الألوان الموضحة في الشكل 4-5.

الجدول 2-4 قواعد تحديد أعداد التأكسد للعناصر		
عدد التأكسد (n)	مثال	القاعدة
0	Na, O ₂ , Cl ₂ , H ₂	1. عدد تأكسد أي عنصر في حالته الذرية أو في صورة جزئ من ذرات متماثلة يساوي صفرًا.
+2	Ca ²⁺	2. عدد تأكسد الأيون الأحادي الذرة يساوي شحنة الأيون.
-1	Br ⁻	
-1	LiF في F	3. عدد تأكسد العنصر الأكثر سالبية كهربائية (الفلور) هو دائماً (-1) عندما يرتبط بعنصر آخر.
-2	NO ₂ في O	4. عدد تأكسد الأكسجين في المركب دائماً يساوي (-2) ما عدا مركبات فوق الأكاسيد كما في المركب فوق أكسيد الهيدروجين H ₂ O ₂ ، حيث يساوي (-1). وعندما يرتبط بالفلور العنصر الوحيد الذي له سالبية كهربائية أعلى من الأكسجين يكون عدد تأكسده موجباً (+2)، ويكون عدد تأكسد الأكسجين (-1/2) في حالة مركب سوبر أكسيد البوتاسيوم KO ₂ .
+1	HCl في H	5. عدد تأكسد الهيدروجين في معظم مركباته يساوي (+1)، ما عدا الهيدريدات فيساوي (-1)
-1	NaH في H	
+1	K	6. عدد تأكسد فلزات المجموعتين الأولى والثانية والألومنيوم يساوي عدد إلكترونات المستوى الخارجي (رقم المجموعة).
+2	Ca	
+3	Al	
(+2) + 2(-1) = 0	CaBr ₂	7. مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات المكونة للمركبات المتعادلة يساوي صفرًا.
(+4) + 3(-2) = -2	SO ₃ ²⁻	8. مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات للمجموعات الذرية يساوي شحنة المجموعة.

تحديد أعداد التأكسد استعمل قواعد تحديد أعداد التأكسد لحساب عدد التأكسد لكل عنصر في مركب كلورات البوتاسيوم KClO_3 وفي أيون الكبريتيت SO_3^{2-} .

1 تحليل المسألة

أعطيت أعداد التأكسد في قواعد تحديد أعداد التأكسد لكل من الأكسجين والبوتاسيوم، وأعطيت الشحنة الكلية للأيون أو المركب. استخدم هذه المعلومات، وطبق القواعد، وحدد عدد التأكسد لكل من الكلور والكبريت (اجعل n عدد التأكسد للعنصر في السؤال).

المطلوب

$$n_{\text{Cl}} = ?$$

$$n_{\text{S}} = ?$$

المعطيات



$$n_{\text{O}} = -2$$

$$n_{\text{K}} = +1$$

2 حساب المطلوب

بين أعداد التأكسد لكل من العناصر المعروفة، واجعل مجموع أعداد التأكسد للعناصر في المركب أو الأيون مساوية للصفر أو لشحنة الأيون، ثم جد القيمة المجهولة من أعداد التأكسد.

$$(n_{\text{K}}) + (n_{\text{Cl}}) + 3(n_{\text{O}}) = 0$$

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

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

$$n_{\text{Cl}} = +5$$

$$(n_{\text{S}}) + 3(n_{\text{O}}) = -2$$

$$(n_{\text{S}}) + 3(-2) = -2$$

$$n_{\text{S}} + (-6) = -2$$

$$n_{\text{S}} = +4$$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل هو صفر.

ولفلزات المجموعة الأولى يكون $n = +1$.

$$n_{\text{K}} = +1, n_{\text{O}} = -2$$

جد قيمة n_{Cl} .

مجموع أعداد التأكسد للأيون المتعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.

$$n_{\text{O}} = -2$$

جد قيمة n_{S} .

3 تقويم الإجابة

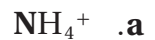
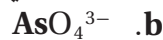
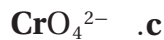
لقد طبقت قواعد حساب أعداد التأكسد تطبيقاً صحيحاً. فجميع أعداد التأكسد لكل عنصر أخذت القيمة الصحيحة لها.

مسائل تدريبية

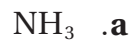
5. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في الصيغ الجزيئية الآتية:



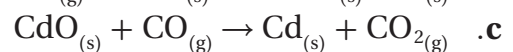
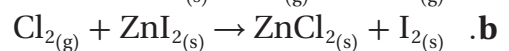
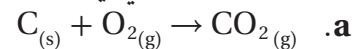
6. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في صيغ الأيونات الآتية:



7. حدّد عدد التأكسد للنيتروجين في الجزيئات الآتية:



8. تحفيز حدّد التغير الكلي في عدد تأكسد كل من العناصر في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:



تحديد أعداد التأكسد استعمل قواعد تحديد أعداد التأكسد لحساب عدد تأكسد الحديد Fe في المركب FeO.

1 تحليل المسألة

أُعطيَت قواعد تحديد أعداد التأكسد، ومن خلال القاعدة السابعة من الجدول 2-4، استخدم هذه المعلومات، وطبّقها لتحديد عدد التأكسد للحديد (استخدم الرمز n لتمثيل عدد التأكسد للعنصر المطلوب في السؤال).

المعطيات

FeO

$n_O = -2$

المطلوب

$n_{Fe} = ?$

2 حساب المطلوب

يُبين أعداد التأكسد لكل من العناصر المعروفة، واجعل مجموع أعداد التأكسد لعناصر المركب تساوي صفرًا، ثم أوجد القيمة المجهولة من أعداد التأكسد.

$$(1 \times n_{Fe}) + (1 \times n_O) = 0$$

مجموع أعداد التأكسد للمركب المتعادل يساوي صفر.

ولفلزات المجموعة الأولى يكون $n = +1$.

$$(1 \times n_{Fe}) + (1 \times -2) = 0$$

عوّض، $n_O = -2$

$$n_{Fe} + (-2) = 0$$

أوجد قيمة n_{Fe} .

$$n_{Fe} = +2$$

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق قواعد حساب أعداد التأكسد تطبيقًا صحيحًا، وبالتالي أخذ عدد التأكسد للحديد في المركب FeO القيمة الصحيحة له.

مسائل تدريبية

9. ما عدد تأكسد العنصر الذي تحته خط في كلٍّ مما يلي؟

a. $\underline{V}O_3^-$

b. $\underline{Mn}O_4^-$

c. $\underline{P}_2O_5$

d. $\underline{Li}_2C_2$

10. تحفيز. ما عدد تأكسد عنصر الكروم Cr في كلٍّ من: CrO_3 ، CrO_2^- ؟

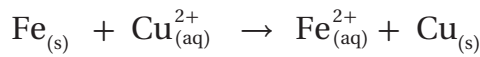
الشكل 4-6 مخطط يوضح
علاقة عمليات الأكسدة والاختزال
بأعداد التأكسد.



أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال

Oxidation numbers in redox reactions

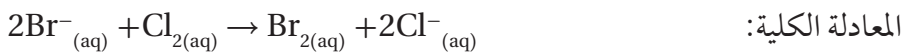
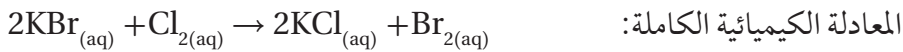
يتم استخدام التغير في أعداد التأكسد للذرة بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة لتحديد أي العناصر تأكسد، وأيها اختزل. وللتعرف على الطريقة المستخدمة في ذلك، ادرس معادلة التفاعل أدناه، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:



- أي العنصرين تأكسد؟ وأيها اختزل؟
- كيف يتغير عدد تأكسد الحديد أثناء التفاعل؟
- كيف يتغير عدد تأكسد النحاس أثناء التفاعل؟

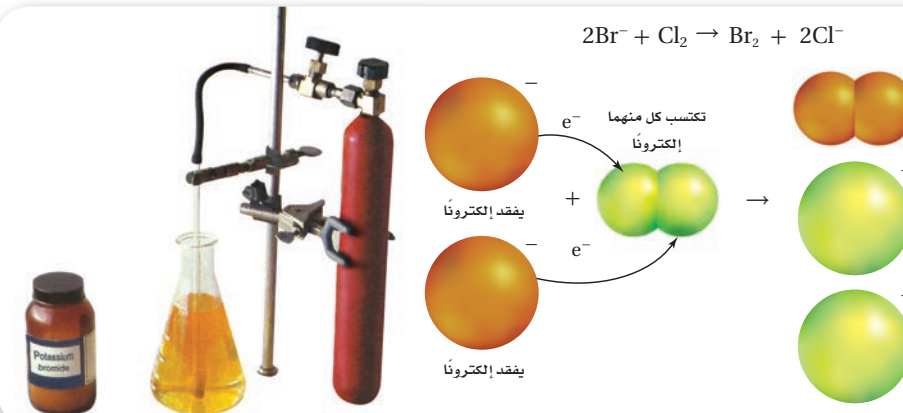
لاحظ تغير عدد تأكسد Fe من صفر إلى +2؛ أي زيادته بمقدار 2، بينما تغير عدد تأكسد أيون Cu^{2+} من +2 إلى صفر؛ أي تناقص بمقدار 2. وبهذا، يصحب تفاعلات الأكسدة والاختزال تغير في أعداد التأكسد لبعض ذرات العناصر في التفاعل؛ حيث يزداد عدد تأكسد الذرات المتأكسدة، ويقل عدد تأكسد الذرات المختزلة، كما الشكل 4-6.

لنأخذ تفاعل الإحلال البسيط بين المحلول المائي للكلور وأيونات البروميد لتكوين محلول مائي من كلوريد البوتاسيوم والبروم الموضح في الشكل 4-7.

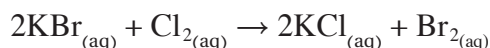


يلاحظ أن الكلور يكتسب الإلكترونات من أيونات البروميد ليكوّن أيونات الكلوريد، وعندما يفقد أيون البروميد الإلكترونات تتحد ذرات البروم برابطة تساهمية لتكوين جزيء

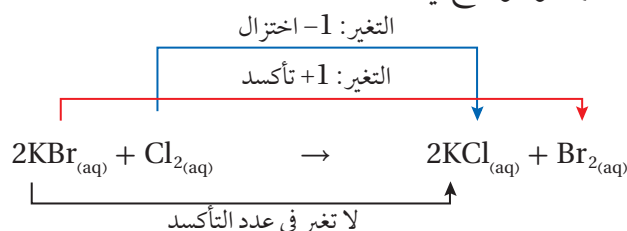
الشكل 4-7 التفاعل بين محلول
أيونات البروميد وغاز الكلور هو
تفاعل أكسدة، هنا تنتقل الإلكترونات
من أيونات البروم إلى الكلور.



Br_2 . إن تكوين الرابطة التساهمية بمشاركة الإلكترونات هو أيضاً تفاعل أكسدة واختزال. وبعد أن درست أعداد التأكسد عليك أن تكون قادراً على الربط بين تفاعلات الأكسدة والاختزال والتغير في عدد التأكسد. وبالرجوع إلى معادلة التفاعل الذي شاهدته في بداية الدرس، وهو استبدال البروم بالكلور Cl_2 في محلول بروميد البوتاسيوم KBr .



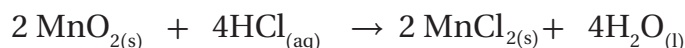
ابدأ أولاً بتحديد عدد التأكسد لجميع العناصر في المعادلة الموزونة مستخدماً الجدول 3-4، ثم راجع التغيرات كما هو موضح في المعادلة أدناه.



ستلاحظ أن عدد تأكسد البروم قد تغير من (-1) إلى صفر، بزيادة مقدارها (1). وقد تغير في الوقت نفسه عدد تأكسد الكلور من صفر إلى (-1)؛ أي قلّ بمقدار 1؛ لذا اختزل الكلور وتأكسد البروم. عندما تتأكسد الذرة يزيد عدد التأكسد، وعندما تختزل يقل عدد التأكسد. لاحظ أنه ليس هناك تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم؛ لأن أيون البوتاسيوم لا يشترك في التفاعل؛ لذا يعد أيوناً متفرجاً. على الرغم من أن التأكسد أو الاختزال يحدث لذرة واحدة فقط في المركب أو الأيون المتعدد الذرات، إلا أن ما يُعدّ عاملاً مؤكسداً أو عاملاً مختزلاً هو المركب أو الأيون بأكمله، وليس الذرة فقط.

أعداد التأكسد لبعض العناصر					الجدول 3-4
-2	-1	+3	+2	+1	عدد التأكسد
		×			الألومنيوم
			×		الباريوم
	×				البروم
			×		الكاديوم
			×		الكالسيوم
				×	السيزيوم
	×				الكلور
	×				الفلور
	×			×	الهيدروجين
	×				اليود
				×	الليثيوم
			×		الماغنسيوم
×					الأكسجين
				×	البوتاسيوم
				×	الصوديوم
				×	الفضة
			×		الإسترونتيوم

تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت من خلال التغير في أعداد التأكسد مستخدماً التغير في أعداد التأكسد، وضح الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في التفاعل الآتي:



1 تحليل المسألة

علمت أن عدد تأكسد الذرة يزداد عندما تتأكسد، ويقل عندما تختزل، ولا يحدث أكسدة أو اختزال للذرة المشتركة في التفاعل إذا كان التغير في عدد التأكسد لها صفراً.

المعطيات

أعداد التأكسد للعناصر

المطلوب

أيها حدث له أكسدة أو اختزال

2 حساب المطلوب

حدد عدد التأكسد لكل ذرة في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

حدد التغير في عدد التأكسد لكل ذرة في التفاعل

$$(1 \times n_f) + (1 \times n_o) = 0$$

Mn: اختزل؛ لأن عدد التأكسد له نقص بمقدار 2

حدد أي الذرات تأكسد وأيها اختزل

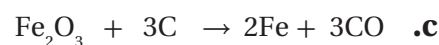
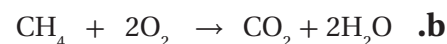
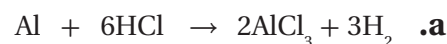
Cl: تأكسد؛ لأن عدد التأكسد له زاد بمقدار 1

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق قواعد حساب أعداد التأكسد تطبيقاً صحيحاً، وتم حساب التغير في أعداد التأكسد لجميع الذرات المشاركة في التفاعل بشكل صحيح.

مسائل تدريبية

11. مستخدماً التغير في أعداد التأكسد، حدد الذرة التي تأكسدت، والذرة التي اختزلت في كلٍّ من المعادلات الآتية:



حالات التأكسد للعناصر الانتقالية

Oxidation states of the transition elements

تقع العناصر الانتقالية في منتصف الجدول الدوري للعناصر، انظر الشكل 8-4. يعرف العنصر الانتقالي Transition element بأنه العنصر الذي تكون فيه الأفلاك الذرية d أو f مشغولة بالإلكترونات، ولكنها غير ممتلئة في الحالة الذرية، أو الأيونية. وتقع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى في الدورة الرابعة، وتبدأ بعنصر السكندريوم الذي تركيبه الإلكتروني $[Ar] 3d^1 4s^2$ ، بحيث يملأ المستوى الفرعي 4s بالإلكترونات أولاً؛ لأنه أقل طاقة، ثم يبدأ بعد ذلك ملء المستوى الفرعي 3d على التوالي حتى نصل إلى المنجنيز Mn الذي تركيبه الإلكتروني $[Ar] 4s^2 3d^5$ ، ثم يزداد عدد الإلكترونات في 3d حتى الوصول إلى الخارصين $(Zn)_{30}$.

ويختلف التوزيع الإلكتروني لكل من الكروم والنحاس حتى يكون لذرتيهما استقراراً أكثر، فالتركيب الإلكتروني الأكثر استقراراً للكروم هو $[Ar] 4s^1 3d^5$ بدلاً من $[Ar] 4s^2 3d^4$ ، وللنحاس $[Ar] 4s^1 3d^{10}$ بدلاً من $[Ar] 4s^2 3d^9$ ؛ وذلك لأن المستويات الفرعية الممتلئة أو نصف الممتلئة تكون أكثر استقراراً.

وتتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها، بينما لا تلاحظ هذه الظاهرة في الفلزات العادية مثل الصوديوم الذي يكون له حالة تأكسد واحدة. ويرجع السبب في ذلك إلى تقارب طاقة المستويين الفرعيين 3d و 4s؛ ولهذا تتم عملية فقد الإلكترونات من المستوى الفرعي 4s أولاً، ثم المستوى الفرعي 3d. وتزداد حالات التأكسد من

الشكل 8-4 موقع الفلزات الانتقالية في الجدول الدوري للعناصر.

حدد دورة ومجموعات الفلزات في السلسلة الانتقالية الأولى.

العناصر الانتقالية في الجدول الدوري

العناصر الانتقالية في الجدول الدوري																		18		
																		VIII		
																		عنصر من الفئة p		
																		عنصر انتقالي من الفئة d		
																		عنصر انتقالي من الفئة f		
																		عنصر من الفئة s		
1	1	2													13	14	15	16	17	2
	I	II													III	IV	V	VI	VII	He
2	3	4													5	6	7	8	9	10
	Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
6	55	56	57 to 70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	Cs	Ba		Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	87	88	89 to 102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
	Fr	Ra		Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
لائثانيديات	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70						
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb						
أكتينيدات	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102						
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No						

تعدد حالات التأكسد لفلزات السلسلة الانتقالية الأولى										الجدول 4-4
العدد الذري	اسم العنصر	رمز العنصر	أعداد التأكسد الموجبة					التوزيع الإلكتروني		
21	السكانديوم	Sc	+1	+2	+3				[Ar]4s ² 3d ¹	
22	التيتانيوم	Ti	+1	+2	+3	+4			[Ar]4s ² 3d ²	
23	الفناديوم	V	+1	+2	+3	+4	+5		[Ar]4s ² 3d ³	
24	الكروم	Cr	+1	+2	+3	+4	+5	+6	[Ar]4s ¹ 3d ⁵	
25	المنجنيز	Mn	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	[Ar]4s ² 3d ⁵
26	الحديد	Fe	+1	+2	+3	+4	+5	+6		[Ar]4s ² 3d ⁶
27	الكوبلت	Co	+1	+2	+3	+4	+5			[Ar]4s ² 3d ⁷
28	النيكل	Ni	+1	+2	+3	+4				[Ar]4s ² 3d ⁸
29	النحاس	Cu	+1	+2	+3	+4				[Ar]4s ¹ 3d ¹⁰
30	الزئبق	Zn	+1	+2						[Ar]4s ² 3d ¹⁰

عنصر السكانديوم (+3)، ويقع في المجموعة الثالثة لتصل لأقصى قيمة لها في عنصر المنجنيز (+7)، الذي يقع في المجموعة السابعة ثم يعود إلى التناقص بعد ذلك حتى تصل إلى (+2).

وعلى سبيل المثال؛ العدد الذري للفناديوم 23 وتركيبه الإلكتروني: [Ar]4s²3d³. يلاحظ أن المستويين الأخيرين يحتويان على 5 إلكترونات، لذلك يكون له 5 حالات تأكسد كما هو موضح في الجدول 4-4، الذي يتضمن أعداد التأكسد لفلزات السلسلة الانتقالية الأولى، وتظهر الحالات الأكثر ثباتاً بلون غامق. وتعدد حالات التأكسد للعنصر الانتقالي يجعل أيوناته متعددة الألوان، انظر الشكل 4-9 الذي يوضح تغير لون أيون الفناديوم بتغير حالة تأكسده.

الحديد Iron فلز انتقالي، ويعد من أقدم الفلزات المكتشفة، رمزه "Fe" وعدده الذري 26، ويقع في الجدول الدوري في المجموعة الثامنة والدورة الرابعة، وهو عنصر ضروري لحياة الإنسان؛ لأنه يدخل في تركيب هيموجلوبين الدم، وكذلك لحياة النباتات؛ لأنه يدخل في تركيب الكلوروفيل. وله التوزيع الإلكتروني الآتي:

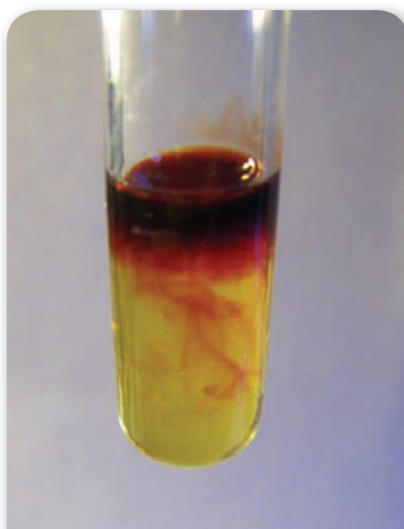


يوجد 6 حالات تأكسد للحديد تتراوح بين (+1) و (+6)، يتم فقدان الإلكترونات من المستويين الفرعيين 4s و 3d، ويمكن تعرف عدد تأكسد الحديد من خلال الصيغ الكيميائية لمركباته أو تغير لون المحلول في التفاعلات الكيميائية أنظر الشكل 4-10.

ومن أكثر حالات التأكسد شيوعاً للحديد في مركباته +2 و +3؛ فعند تفاعل الحديد مع محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك يتكون كلوريد الحديد II أو كبريتات



الشكل 4-9 تعدد ألوان أيونات فلز الفناديوم في محاليلها.

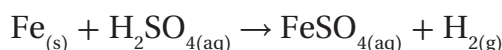
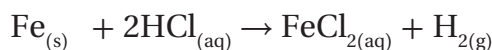


الشكل 10-4 يتحول لون المحلول الذي يحتوي على أيونات الحديد الثنائي من الأصفر إلى البني المحمر بسبب التغير في عدد تأكسد الحديد من ثنائي إلى ثلاثي.

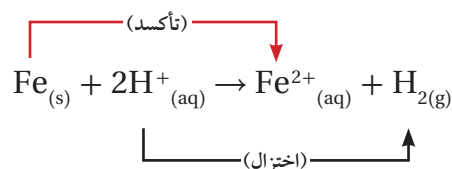


الشكل 11-4 تفاعل الحديد مع حمض الهيدروكلوريك يؤدي إلى تأكسد ذرات فلز الحديد، ويتغير عدد التأكسد من صفر إلى +2. احسب مقدار التغير في عدد التأكسد للهيدروجين في أثناء تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الحديد.

الحديد II على الترتيب، انظر الشكل 11-4 الذي يمثل تفاعل الحديد مع الحمض.



وتكون معادلة الأكسدة والاختزال لهذه التفاعلات:



يقل عدد التأكسد للهيدروجين من +1 إلى صفر، ويزداد للحديد من صفر إلى +2، وهذا يعني أن الهيدروجين حدث له اختزال ولذلك فهو عامل مؤكسد، بينما حدث تأكسد للحديد ولذلك فهو عامل مختزل.

وإذا تم إمرار غاز الكلور على الحديد الساخن يتكون كلوريد الحديد III ذو اللون البني.



يقل عدد التأكسد للكلور من صفر إلى (-1)، ويزداد للحديد من صفر إلى (+3)، وهذا يعني أن الكلور حدث له اختزال ولذلك فهو عامل مؤكسد، بينما حدث تأكسد للحديد ولذلك فهو عامل مختزل.

المنجنيز Manganese فلز انتقالي، رمزه "Mn" وعدده الذري 25، ويقع في الجدول الدوري في المجموعة السابعة والدورة الرابعة، وله التوزيع الإلكتروني الآتي:



يوجد 7 حالات تأكسد للمنجنيز تتراوح بين (+1) و(+7)، ويتميز كل مركب بلون معين بحسب عدد تأكسد المنجنيز في المركب أو الأيون، انظر الشكل 12-4. ويمكن تعرف عدد تأكسد المنجنيز من خلال الصيغ الكيميائية لمركباته أو تفاعلاتها الكيميائية. ومن أبرز استخدامات المنجنيز أنه يمكن استخدام مركباته أو أيوناته بوصفها عوامل مؤكسدة قوية في عدة تفاعلات.



الشكل 12-4 تختلف ألوان مركبات المنجنيز بحسب حالات التأكسد.

ويختلف سلوك المادة إذا كانت عاملاً مؤكسداً أو مختزلاً وفقاً لطبيعة المواد المتفاعلة معها؛ فبعض المواد تكون عاملاً مؤكسداً في تفاعل كيميائي، بينما تكون عاملاً مختزلاً في تفاعل آخر. وهناك مواد تكون عوامل مؤكسدة، أو عوامل مختزلة فقط في معظم تفاعلاتها، وتوصف هذه المواد بأنها عوامل مؤكسدة قوية أو عوامل مختزلة قوية، ويبيّن الجدول 4-5 بعض العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأكثر شيوعاً.

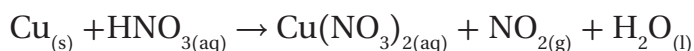
✓ **ماذا قرأت؟ فسر لماذا تمتلك الفلزات الانتقالية حالات تأكسد متعددة؟**

* وزن معادلات الأكسدة والاختزال

Balancing redox reactions

عندما تفسد المواد الدهنية في الأطعمة، يقال إنها أصبحت حمضية؛ إذ تتكسر الجزيئات الكبيرة خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال منتجة رائحة كريهة. وتعد المعادلة الخاصة بهذه العملية معقدة جداً، ولكننا نستطيع وزنها باستعمال القواعد نفسها التي استعملناها في وزن المعادلات الأبسط.

طريقة عدد التأكسد The oxidation—number method يجب وزن المعادلات الكيميائية لتوضيح الكميات الصحيحة للمتفاعلات والنواتج. لذا ادرس المعادلات غير الموزونة الآتية للتفاعل الذي يحدث عندما يوضع النحاس في محلول مركّز من حمض النيتريك، كما في الشكل 4-13. ينتج غاز بُني اللون هو ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 من اختزال أيونات النترات NO_3^- ، أما المحلول الأزرق فينتج عن تأكسد النحاس Cu إلى أيون النحاس Cu^{2+} (II).



لاحظ أن الأكسجين يظهر فقط في مادة متفاعلة واحدة هي HNO_3 ، ولكنه يظهر في النواتج الثلاثة جميعها، أما النيتروجين فيظهر في HNO_3 وفي اثنين من النواتج. مثل معادلة الأكسدة والاختزال هذه التي يظهر فيها العنصر نفسه في عدة مواد متفاعلة وناتجة

الجدول 4-5 العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأكثر شيوعاً	
عوامل مؤكسدة	عوامل مختزلة
جزيئات العناصر ذات السالبة الكهربية العالية، مثل: $\text{Cl}_2, \text{O}_2, \text{F}_2, \text{O}_3$	الفلزات النشطة، مثل: $\text{Zn}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{Na}$
المركبات والأيونات متعددة الذرات، التي تحتوي على ذرات ذات أعداد تأكسد عالية، مثل: $\text{HClO}_4, \text{HNO}_3, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{CrO}_4^{2-}, \text{MnO}_4^-$	بعض هيدرات الفلزات وأشباه الفلزات، مثل: $\text{NaBH}_4, \text{LiAlH}_4$



الشكل 4-13 من الصعب أحياناً وزن بعض المعادلات الكيميائية كما في تفاعلات الأكسدة والاختزال بين النحاس وحمض النيتريك؛ لأن العناصر تظهر أكثر من مرة في كل جهة من المعادلة.

طريقة عدد التأكسد

الجدول 4-6

حدّد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المعادلة.

حدّد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت.

حدّد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت.

اجعل التغير في أعداد التأكسد متساوياً في القيمة؛ وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.

استعمل الطريقة التقليدية في وزن المعادلة الكيميائية الكلية، إذا كان ذلك ضرورياً.

المفردات الجديدة

• طريقة عدد التأكسد

• Oxidation—number method

يصعب وزنها. وكما تعلم، فعندما تفقد الذرة الإلكترونات يزداد عدد تأكسدها، وعندما تكتسب الذرة الإلكترونات يقل عدد تأكسدها. ويجب أن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة عدد الإلكترونات المفقودة. ولذا يجب أن يكون مجموع الزيادة في عدد التأكسد مساوياً لمجموع الانخفاض في أعداد التأكسد للذرات المشتركة في التفاعل. وتسمى مثل هذه الطريقة طريقة عدد التأكسد **Oxidation—number method**، وتعتمد على المبادئ في الجدول 4-6.

تجربة

ملاحظة تفاعل الأكسدة والاختزال

كيف يمكن إزالة الشوائب من الفضة؟

الخطوات 

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. قم بتلميع قطعة من رقائق الألومنيوم برفق مستعملاً الصوف لإزالة أي طبقة مؤكسدة تغطيها.
3. قم بتغطية قطعة صغيرة متأكسدة من فلز الفضة برفائق الألومنيوم، وتأكد من التصاق المنطقة المتأكسدة تماماً برفائق الألومنيوم.
4. ضع القطعة الملفوفة في كأس سعتها 500 mL، وأضف كمية من ماء الصنبور حتى تغطيها تماماً.

5. أضف مقدار ملعقة من صودا الخبز، ومقدار ملعقة من ملح المائدة إلى الكأس.
6. أمسك الكأس بالماسك وضعها على السخان، وسخن محتوياتها حتى درجة الغليان، مع الحفاظ على الحرارة مدة 15 دقيقة تقريباً حتى تزول الشوائب.

التحليل

1. اكتب معادلة تفاعل كبريتيد الفضة (الشوائب) مع رقائق الألومنيوم والتي تنتج كبريتيد الألومنيوم والفضة.
2. حدّد أي الفلزات أكثر نشاطاً: الألومنيوم أم الفضة؟ وكيف تعرف ذلك من النتائج؟
3. فسّر بفضل عدم استعمال مواد من الألومنيوم عند تنظيف خاتم من الفضة؟

* مثال 4-5

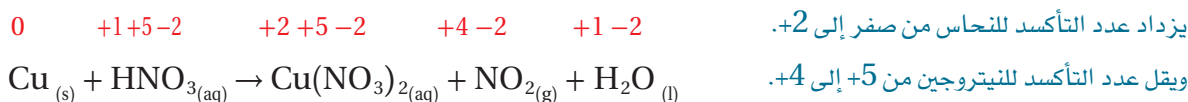
طريقة عدد التأكسد زن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية: $\text{Cu}_{(s)} + \text{HNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{NO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

1 تحليل المسألة

استخدم قواعد تحديد عدد التأكسد، ويجب أن تتساوى زيادة عدد التأكسد للذرات المتأكسدة مع نقصان عدد التأكسد للذرات المختزلة. ثم اضبط المعاملات لوزن المعادلة.

2 حساب المطلوب

حدّد أعداد التأكسد للذرات كلها في المعادلة:



* إثراء

حدّد أعداد التأكسد للذرات كلها في المعادلة:

Cu تأكسد N اختزلت H لم تتغير O لم تتغير N لم تتغير في أيون النترات NO_3^-

حدّد التغيرات في عدد التأكسد لجميع الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت.

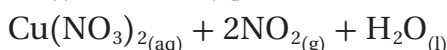
تأكسد النحاس؛ لأنه خسر إلكترونات التغير في عدد تأكسد $\text{Cu} = +2$

اختزل النيتروجين؛ لأنه اكتسب إلكترونات التغير في عدد تأكسد $\text{N} = -1$

اجعل التغير في أعداد التأكسد متساوياً في القيمة؛ وذلك بضبط المعاملات في المعادلة:

لما كان التغير في عدد التأكسد لـ N هو -1، فإنه يجب إضافة المعامل 2

إلى الوزن. وهذا المعامل ينطبق على كل من HNO_3 و NO_2 .



استعمل الطريقة التقليدية في وزن بقية المعادلة:

يجب زيادة معامل HNO_3 من 2 إلى 4 لموازنة 4



ذرات نيتروجين في النواتج.



أضيف المعامل 2 إلى H_2O لموازنة 4 ذرات



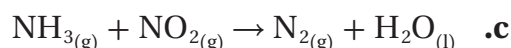
هيدروجين في الجهة اليسرى.

3 تقويم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر متساوية على جانبي المعادلة.

مسائل تدريبية

12. استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:



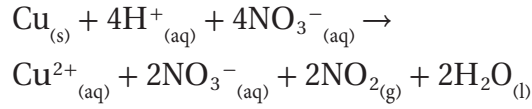
13. تحفيز. زن المعادلة التالية: $\text{SO}_{2(g)} + \text{Br}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HBr}_{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$

* وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الكلية Balancing net ionic redox equations

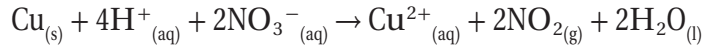
يفضل الكيميائيون في بعض الأحيان التعبير عن تفاعلات الأكسدة والاختزال بأبسط ما يمكن، كما في المعادلات التي توضح عمليات الأكسدة والاختزال فقط. وبالرجوع مجدداً إلى المعادلة الموزونة لتفاعل تأكسد النحاس في محلول حمض النيتريك:



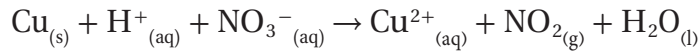
نلاحظ أن التفاعل يحدث في محلول مائي؛ لذا فإن HNO_3 ، وهو حمض قوي، سوف يتأين كلياً، كما أن نترات النحاس $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ستتفكك إلى أيونات؛ لذا يمكن كتابة المعادلة على النحو الآتي:



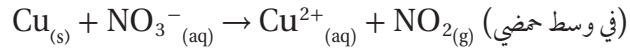
توجد أربعة أيونات من النترات في طرف المواد المتفاعلة؛ اثنان منها فقط قد تغيرا إلى ثاني أكسيد النيتروجين، وبقي الأيونان الآخران متفرجين، بحيث يمكن حذفهما من المعادلة. ولتبسيط الأمور، يكتب الكيميائيون أيونات الهيدروجين في صورة $\text{H}^{+}_{(aq)}$ مع الاتفاق على وجودها في صورة $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)}$. والآن يمكن كتابة المعادلة لبيان المواد المشتركة في التفاعل على النحو الآتي:



والآن إذا نظرت إلى المعادلة الآتية غير الموزونة:



تلاحظ أن التفاعل نفسه يُعبر عنه بطريقة توضح فقط المواد التي تأكسدت والتي اختزلت في وسط حمضي:



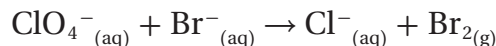
وفي هذه الحالة، تحذف أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء لأن أيًا منها لم يحدث لها أكسدة أو اختزال. وتوجد في المحلول أيونات الهيدروجين H^{+} وجزيئات الماء بوفرة وتستطيع المشاركة في تفاعل الأكسدة والاختزال سواء في صورة متفاعلات أو نواتج. وتحدث بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال فقط في المحاليل القاعدية، وعند وزن معادلات هذه التفاعلات يمكنك إضافة أيونات الهيدروكسيد OH^{-} وجزيئات الماء إلى طرفي المعادلة.

الربط مع علم الأحياء فيم تشترك أسماك أعماق المحيط والذباب الناري مع البكتيريا المضيئة؟ إن هذه الأنواع من الكائنات - وكائنات أخرى - تطلق الضوء. والضوء المنبعث ما هو إلا تحويل لطاقة الوضع في الروابط الكيميائية إلى طاقة ضوئية خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال. وينبعث الضوء بوسائط مختلفة اعتمادًا على أنواع الكائنات. ففي الذباب الناري الموضح في الشكل 14-4، ينتج الضوء عن تأكسد جزيئات اللوسيفيرين Luciferin. ولا يزال العلماء يكتشفون سر الإضاءة الحيوية؛ فبعض الكائنات المضيئة تطلق الضوء باستمرار، في حين تطلق الكائنات الأخرى ضوءًا عندما تتعرض للمضايقة. ويبدو أن بعض أسماك أعماق البحار وقناديل البحر لها قدرة على التحكم في الضوء الذي تطلقه.



الشكل 14-4 تُصدر بعض الكائنات الحية ضوءًا لأهداف مختلفة؛ لجذب الإناث، أو للدفاع عن الصغار. ويساعد الضوء المنبعث على الرؤية والتمييز والإدراك.

وزن معادلة الأكسدة والاختزال الأيونية الكلية زن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:

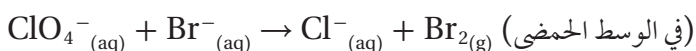


1 تحليل المسألة

استعمل قواعد تحديد عدد التأكسد. يجب أن تتساوى الزيادة في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت مع النقصان في عدد التأكسد للذرات التي اختزلت. يحدث التفاعل في وسط حمضي، اضبط المعاملات لوزن التفاعل.

2 حساب المطلوب

حدّد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المعادلة.



استعمل القواعد في الجدول 1-2

حدّد الذرات التي اختزلت والذرات التي تأكسدت.

Br تأكسدت

ازداد عدد تأكسد البروم من -1 إلى الصفر

Cl اختزلت

نقص عدد تأكسد الكلور من +7 إلى -1.

حدّد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت. التغير في عدد التأكسد:

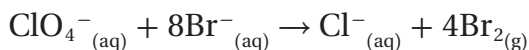
التغير في عدد تأكسد Br = +1

ازداد عدد تأكسد البروم من -1 إلى الصفر

التغير في عدد تأكسد Cl = -8

نقص عدد تأكسد الكلور من +7 إلى -1.

اجعل التغير في قيم عدد التأكسد متساويًا، وذلك بضبط معاملات المعادلة:

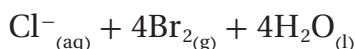
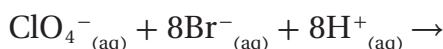


بما أن التغير في عدد التأكسد لـ Br هو +1؛ لذا يجب أن تضيف المعامل

8 لوزن المعادلة الكيميائية. 4Br₂ تمثل 8 ذرات Br لوزن 8Br - في

الجانب الأيسر.

أضف عددًا كافيًا من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء إلى المعادلة؛ لوزن ذرات الأكسجين على طرفي المعادلة:



بما أنك تعرف أن التفاعل يتم في وسط حمضي، يمكنك

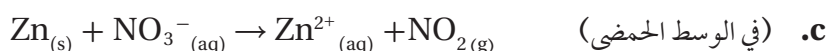
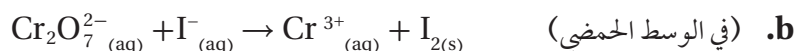
إضافة أيونات الهيدروجين H⁺ إلى طرفي المعادلة.

3 تقويم الإجابة

عددا ذرات كل عنصر متساويان في كلا طرفي المعادلة. وكما في المعادلة الأيونية فإن الشحنة الكلية في الطرف الأيمن تساوي الشحنة الكلية في الطرف الأيسر.

مسائل تدريبية

14. استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلات الأيونية الكلية الآتية:



15. تحفيز. زن المعادلة التالية: (في الوسط القاعدي) $\text{I}^- (\text{aq}) + \text{MnO}_4^- (\text{aq}) \rightarrow \text{I}_{2(\text{s})} + \text{MnO}_{2(\text{s})}$

استراتيجية حل المسألة

وزن معادلات الأكسدة والاختزال حدّد المواد التي تأكسدت والمواد التي اختزلت، وأيّها تعد عوامل مؤكسدة، وأيّها تعد عوامل مختزلة؟



التقويم 4-1

الخلاصة

- يمكن معرفة تفاعلات الأكسدة والاختزال من خلال فقد واكتساب الأكسجين أو الهيدروجين؛ أو من خلال فقد واكتساب الإلكترونات؛ أو من خلال التغير في عدد التأكسد.
- عندما يتأكسد أيون أو ذرة يزداد عدد تأكسد كل منها، وعندما يختزل أيون أو ذرة يقل عدد تأكسد كل منها.
- المادة التي يحدث لها تأكسد تسمى عاملاً مختزلاً، والتي يحدث لها اختزال تسمى عاملاً مؤكسداً.
- تتميز الفلزات الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها.

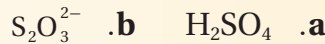
16. الفكرة الرئيسية ما المقصود بتفاعل الأكسدة والاختزال؟ ولماذا يعتبر

تفاعلين متلازمين؟

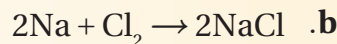
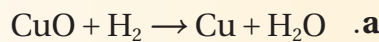
17. في التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl باستخدام أقطاب من الجرافيت:

- a. اكتب معادلات التفاعل عند كل من المصعد والمهبط؟
b. اكتب معادلة التفاعل الكلي.

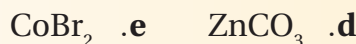
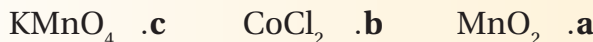
18. احسب عدد التأكسد للكبريت في المركبات التالية:



19. حدّد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في التفاعلات التالية:



20. حدّد عدد التأكسد للعنصر الانتقالي للمركبات التالية:



- يصنف الخلايا الكهروكيميائية إلى خلايا جلفانية وخلايا تحليل كهربائي (إلكتروليتيكية).
- يكتب معادلات كيميائية رمزية تمثل تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلايا الجلفانية.
- يتعرف مكونات قطب الهيدروجين القياسي.
- يحسب القوة الدافعة الكهربائية (جهد الخلية) في الخلايا الجلفانية.
- يطبق قانون فارادي الأول في حساب كمية الشحنة، وكتل المواد المترسبة في خلايا التحليل الكهربائي.

مراجعة المفردات

الأكسدة والاختزال: عمليتان متلازمتان يتم فيهما فقد أو اكتساب إلكترونات.

الخلايا الكهروكيميائية

Electrochemical cells

الفكرة الرئيسية تحدث الأكسدة في الخلايا الكهروكيميائية عند الأنود (المصدر) منتجة إلكترونات تتدفق نحو الكاثود (المهبط) حيث يحدث الاختزال.

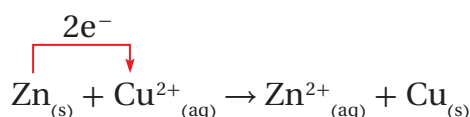
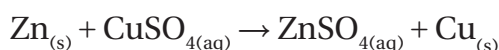
الربط مع الحياة تحتوي معظم منازلنا على العديد من الألعاب التي تعمل بعدد من البطاريات التي يجب أن توضع باتجاه معين حتى تعمل اللعبة بشكل صحيح، بحيث يوضع القطب الموجب للبطارية ملاصقاً للقطب السالب للبطارية التالية وهكذا. وينبغي الانتباه إلى الأطفال الذين يستخدمون الألعاب التي تعمل بالبطاريات، نظراً لخطورتها على صحتهم.

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

Redox in electrochemistry

الكيمياء الكهربائية هي دراسة عمليات تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وبالعكس عبر تفاعلات الأكسدة والاختزال.

من المعروف أن تفاعلات الأكسدة والاختزال جميعها تتضمن انتقال الإلكترونات من المواد المتأكسدة إلى المواد المختزلة. ويوضح الشكل 15-4 تفاعلاً بسيطاً للأكسدة والاختزال بين الخارصين ومحلول كبريتات النحاس II؛ حيث تتأكسد ذرات الخارصين لتكوّن أيونات الخارصين Zn^{2+} ، ويكتسب أيون النحاس Cu^{2+} الإلكترونين اللذين فقدتهما ذرة خارصين ليكون ذرة النحاس. وتبين المعادلة الأيونية الكلية انتقال الإلكترونات:



أنصاف التفاعل يتألف هذا التفاعل من نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال الآتين:



تُرى، ماذا يحدث لو فصل نصف تفاعل الأكسدة عن نصف تفاعل الاختزال؟ وهل يمكن أن يحدث التفاعل؟ مع الأخذ في الاعتبار الشكل 16a-4 الذي غُمست فيه شريحة الخارصين في محلول كبريتات النحاس II، والشكل 16b-4 الذي غُمست فيه شريحة النحاس في محلول كبريتات النحاس II.

هناك مشكلتان تمنعان حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال: الأولى أنه لا توجد أي وسيلة لنقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس، وهذه يمكن حلها بتوصيل شريحتي

الشكل 15-4

التفاعل بين

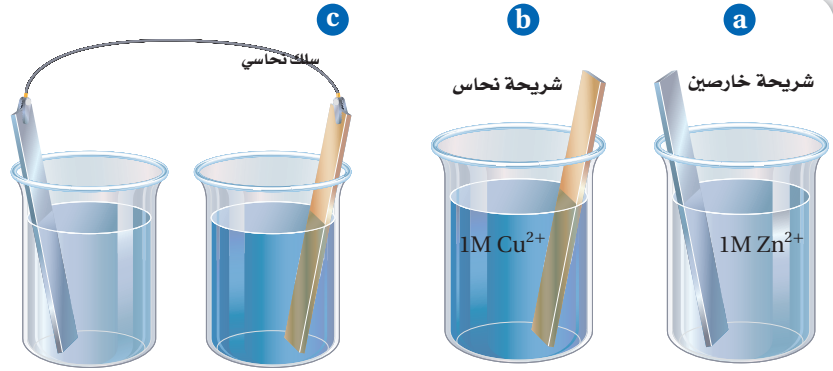
الخارصين ومحلول

كبريتات النحاس II.



الشكل 16-4

- a.** غُمست شريحة الخارصين في محلول 1M من كبريتات الخارصين،
b. غُمست شريحة النحاس في محلول 1M من كبريتات النحاس.
c. تم توصيل شريحتي الخارصين والنحاس بسلك كهربائي لتوفير طريق لتدفق الإلكترونات، إلا أن الطريق لم تكتمل بعد، ولا يمكن مرور الإلكترونات فيها.



الخارصين والنحاس بأسلاك معدنية، كما في الشكل 16-4؛ إذ يعمل السلك عمل ممر لتدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس. أما الثانية فعندما توضع الشرائح المعدنية في محاليلها تبدأ الأكسدة عند الخارصين، في حين يبدأ الاختزال عند النحاس. إلا أن هذه التفاعلات لا تستمر؛ بسبب زيادة تركيز أيونات الخارصين الموجبة Zn^{2+} وتراكمها حول قطب الخارصين خلال تأكسده ويقل تركيز أيونات النحاس Cu^{2+} خلال اختزاله وتتراكم أيونات الكبريتات السالبة حول قطب النحاس خلال اختزاله، وهذا التراكم للأيونات يوقف أي استمرار للتفاعل. ولحل هذه المشكلة تستعمل القنطرة الملحية **Salt bridge**؛ وهي ممر لنقل الأيونات من جهة إلى أخرى، كما في الشكل 17-4. وتتكون من أنبوب يحتوي على محلول موصل للتيار الكهربائي (محلول إلكتروليتي) ملح ذائب في الماء مثل KCl، ويحفظ داخل الأنبوب بواسطة جل هلامي أو أي مادة تسمح للأيونات بالحركة من خلالها، على ألا يختلط المحلولان في الكأسين.

وعند توصيل السلك المعدني والقنطرة الملحية في مكانيهما يبدأ تفاعل الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي، وتنتقل الإلكترونات عبر السلك من نصف تفاعل الأكسدة إلى نصف تفاعل الاختزال أي من الأنود إلى الكاثود، في حين تنتقل الأيونات السالبة والموجبة خلال القنطرة الملحية. ويسمى تدفق الإلكترونات عبر السلك من الأنود إلى الكاثود بالتيار الكهربائي. ففي الشكل 17-4 تتدفق الإلكترونات خلال السلك، وتنتقل الأيونات خلال القنطرة الملحية لضمان استمرار سريان التيار الكهربائي لإضاءة المصابيح.

المفردات الجديدة

- القنطرة الملحية

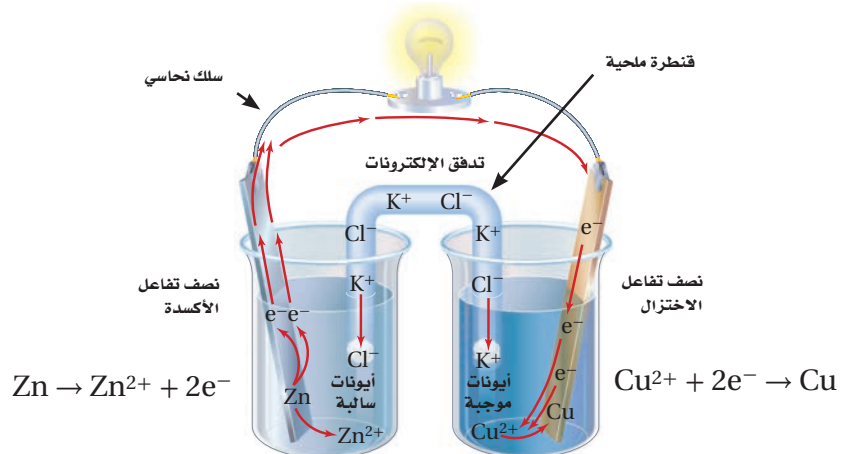
• Salt bridge

المطويات

أدخل معلومات من هذا الدرس في مطوّيتك.

الشكل 17-4 إضافة القنطرة الملحية إلى

جانب السلك تعمل على إكمال طريق التدفق؛ فتتحرك الأيونات السالبة خلال القنطرة الملحية نحو الخارصين. أما الأيونات الموجبة فتتحرك خلال القنطرة نحو النحاس.



الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical cells

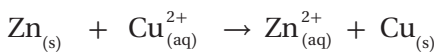
الخلايا الكهروكيميائية **Electrochemical cells** خلايا تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية أو العكس؛ نتيجة لحدوث عدد من تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلايا أو يستعمل الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. ويمكن تصنيف الخلايا الكهروكيميائية إلى خلايا جلفانية والتي تسمى أيضاً الخلايا الفولتية نسبة إلى العالم الفيزيائي الإيطالي أليساندرو فولتا الذي نُسب إليه هذا الاختراع عام 1800م، وخلايا تحليل كهربائي. انظر الشكل 18-4.

الخلايا الجلفانية Galvanic cells تقوم الخلايا الجلفانية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. وتتكون الخلايا الجلفانية **Galvanic cells** من جزأين يطلق على كل منهما نصف الخلية؛ حيث يحدث فيهما تفاعلات الأكسدة والاختزال المنفصلين. ويحتوي كل نصف خلية على **قطب Electrode** من مادة موصلة للتيار الكهربائي، وعادة ما تكون هذه المادة قطعة معدنية توصل الإلكترونات من محلول نصف الخلية وإليه، ومغموسة في محلول يحتوي على أيونات. ويوضح الشكل 19a-4 كأس قطب الخارصين التي يحدث فيها نصف تفاعل الأكسدة، وكأس قطب النحاس التي يحدث فيها نصف تفاعل الاختزال. ويسمى التفاعل الذي يحدث في كل نصف خلية تفاعل نصف الخلية. ويسمى القطب الذي يحدث عنده تفاعل الأكسدة **الأنود Anode** (المصعد) ويحمل الإشارة (-)، في حين يسمى القطب الذي يحدث عنده تفاعل الاختزال **الكاثود Cathode** (المهبط)، ويحمل الإشارة (+).

فعندما تُغلق الخلية الجلفانية، يحدث تفاعل أكسدة واختزال بين الخارصين وأيونات النحاس، من دون أن يتماساً مباشرة؛ حيث يحدث نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال في وعاءين منفصلين، فتتأكسد بعض ذرات الخارصين Zn عندما تفقد إلكترونات وتتحول إلى أيونات Zn^{2+} تنتشر في المحلول. وبما أن ذرات الخارصين تميل كثيراً إلى منح الإلكترونات لأيونات النحاس، فإنّ هذا يدفع الإلكترونات إلى التحرك خلال الأسلاك من القطب السالب للخارصين إلى القطب الموجب للنحاس؛ حيث تختزل أيونات النحاس Cu^{2+} الموجودة في المحلول وتحوّلها إلى ذرات نحاس متعادلة Cu تترسب على القطب، والمعادلتان التاليتان توضّحان التفاعلات التي تتم في الخلية:



ويمكن تمثيل معادلة التفاعل الكلي بجمع نصفي التفاعل:



1745م – 1827م

الشكل 18-4 أليساندرو فولتا عالم فيزيائي إيطالي، يرجع له الفضل في اختراع أول بطارية كهربائية، حيث أثبت أن الكهرباء يمكن أن تتولد كيميائياً.

المفردات الجديدة

• الخلايا الكهروكيميائية

• Electrochemical cells

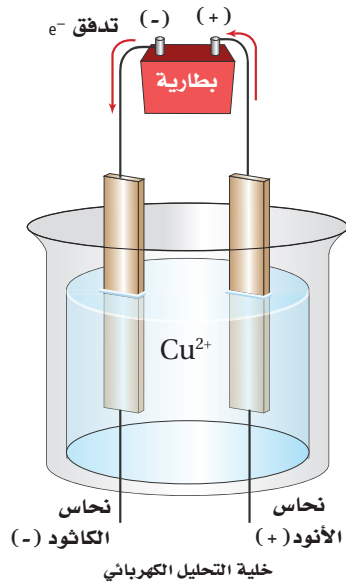
• الخلايا الجلفانية

• Galvanic cells

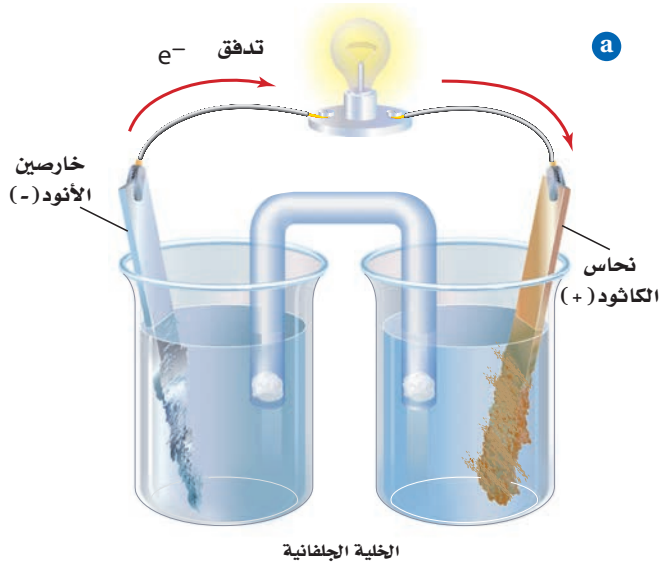
• Electrode القطب

• Anode الأنود

• Cathode الكاثود



عندما يتم تزويد الخلية الكهروكيميائية بطاقة خارجية ينعكس تدفق الإلكترونات ويحدث التفاعل غير التلقائي، بحيث تتأكسد ذرات النحاس على الأنود، وتختزل أيونات النحاس Cu^{2+} عند الكاثود



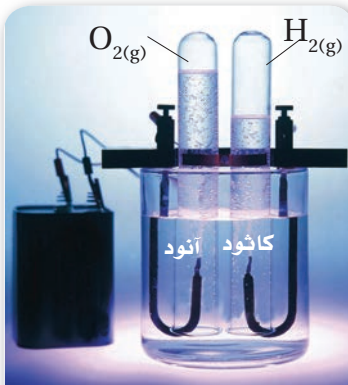
تعمل أكسدة الخارصين في هذه الخلية على تزويد المصباح بالإلكترونات لإضاءته واختزال أيونات النحاس. ويستمر التفاعل التلقائي حتى يستهلك الخارصين.

الشكل 19-4 يمكن أن تكون الخلية الكهروكيميائية خلية جلفانية أو خلية تحليل كهربائي.

المفردات الجديدة

• خلية التحليل الكهربائي

• Electrolytic cell

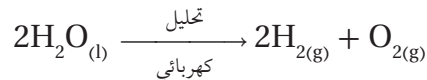


الشكل 20-4 جهاز فولتامتر هوفمان لتحليل الماء كهربائياً.

ولكن ماذا سيحدث لتركيز أيونات الخارصين Zn^{2+} وأيونات النحاس Cu^{2+} في محلوليهما إذا استمر التفاعل؟ إذا استمر التفاعل سينقص تركيز أيونات النحاس Cu^{2+} بسبب اختزالها، ويزيد تركيز أيونات SO_4^{2-} في محلول نصف خلية النحاس، بينما يزيد تركيز أيونات الخارصين Zn^{2+} عن تركيز أيونات SO_4^{2-} في محلول نصف خلية الخارصين؛ بسبب تأكسد ذرات الخارصين، مما يسبب اختلال التوازن الكهربائي في كل من نصفي الخلية؛ لذا يبرز دور القنطرة الملحية في موازنة الشحنة الكهربائية في المحاليل؛ حيث تؤدي أيونات Cl^- الموجودة في القنطرة الملحية إلى حفظ التعادل الكهربائي في نصف خلية الخارصين، من خلال معادلة أيونات Zn^{2+} الزائدة فيها، أما أيونات K^+ في القنطرة الملحية فتحفظ التعادل الكهربائي في نصف خلية النحاس، عن طريق معادلة أيونات SO_4^{2-} الزائدة.

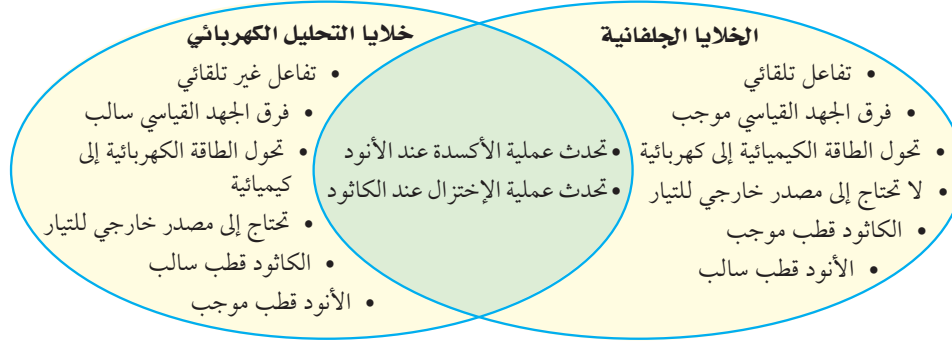
خلايا التحليل الكهربائي Electrolytic cells يسمى استعمال الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي التحليل الكهربائي. وتسمى الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها تحليل كهربائي خلية التحليل الكهربائي **Electrolytic cell**.

وتعمل خلايا التحليل الكهربائي على استخدام الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي. انظر الشكل 19b-4. ومن الأمثلة الشائعة التحليل الكهربائي للماء باستخدام جهاز فولتامتر هوفمان، انظر الشكل 20-4.



ويوضح الشكل 21-4 في الصفحة التالية مقارنة أوجه التشابه والاختلاف بين الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي.

الشكل 21-4 شكل فن لمقارنة أوجه التشابه والاختلاف بين الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي.



الربط مع الفيزياء **الخلايا الجلفانية والطاقة Galvanic cells**

and energy لأن طاقة الوضع لأي جسم ناتجة عن موضعه أو مكوناته. لذا تعد طاقة الوضع الكهربائية في الكيمياء الكهربائية مقياس كمية التيار التي يمكن توليدها من خلية جلفانية للقيام بشغل. وتستطيع الشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين فقط عندما يكون هناك فرق في طاقة الوضع الكهربائية بينهما. وهاتان النقطتان في الخلايا الكهروكيميائية هما القطبان؛ حيث تدفع الإلكترونات المتكونة عند الأنود موقع التأكسد أو تتحرك نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية التي تنشأ عن وجود فرق في طاقة الوضع الكهربائية بين القطبين، وتعرف بجهد الخلية. والفولت هو الوحدة المستعملة في قياس جهد الخلية. وفرق الجهد في الخلية الجلفانية هو إشارة إلى كمية الطاقة المتوفرة لدفع الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود. انظر إلى التماثل الظاهر في الشكل 22-4، حيث تقف الأفعوانية عند قمة المنحدر لحظة قصيرة، ثم تتحرك من موقعها المرتفع نزولاً إلى أسفل؛ بسبب اختلاف طاقة الوضع للجاذبية الأرضية بين قاع المسار وقمته. وتحدد طاقة الأفعوانية الحركية بواسطة الاختلاف في الارتفاع بين قاع المسار وقمته. وكذلك تحدد طاقة الإلكترونات المتدفقة من الأنود إلى الكاثود في الخلايا الجلفانية بواسطة الاختلاف في طاقة الوضع الكهربائية بين القطبين. ووفقاً لمفردات تفاعل الأكسدة والاختزال يتحدد فرق جهد الخلية بمقارنة مدى الفرق في قابلية مادتي الأقطاب على اكتساب الإلكترونات؛ فكلما زاد الفرق بين القطبين زاد فرق جهد الخلية وزاد معه أيضاً جهد الخلية. وتسحب قوة الجاذبية هواة رياضة الغطس في الماء دائماً للسقوط نحو وضع منخفض من الطاقة، وليس إلى أعلى؛ حيث يكون مستوى الطاقة أعلى. وعندما يقفز الغواص من فوق لوح الغوص تكون حركته إلى أسفل بصورة تلقائية. وكذلك في خلية الخارصين - النحاس وتحت الظروف القياسية، تكتسب



الشكل 22-4 عندما تكون الأفعوانية في قمة المسار يكون لها طاقة وضع عالية بالنسبة إلى المسار المنخفض؛ بسبب اختلاف الارتفاع، وبالمثل يكون للخلية الكهروكيميائية طاقة وضع لإنتاج تيار بسبب اختلاف قابلية الأقطاب لتحريك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

المفردات الجديدة

- القوة الدافعة الكهربائية
- Electromotive force
- جهد الاختزال
- Reduction potential
- قطب الهيدروجين القياسي
- The standard hydrogen electrode

أيونات النحاس عند الكاثود إلكترونات بسهولة أكثر من الخارصين عند الأنود، لذا يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال بتلقائية فقط عندما تتدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس.

حساب القوة الدافعة الكهربائية في الخلايا الكهروكيميائية

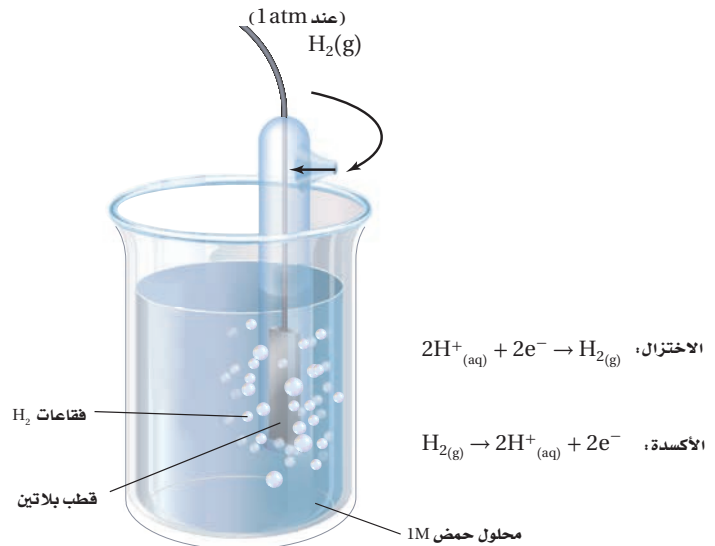
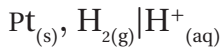
Calculating electromotive force of electrochemical cells

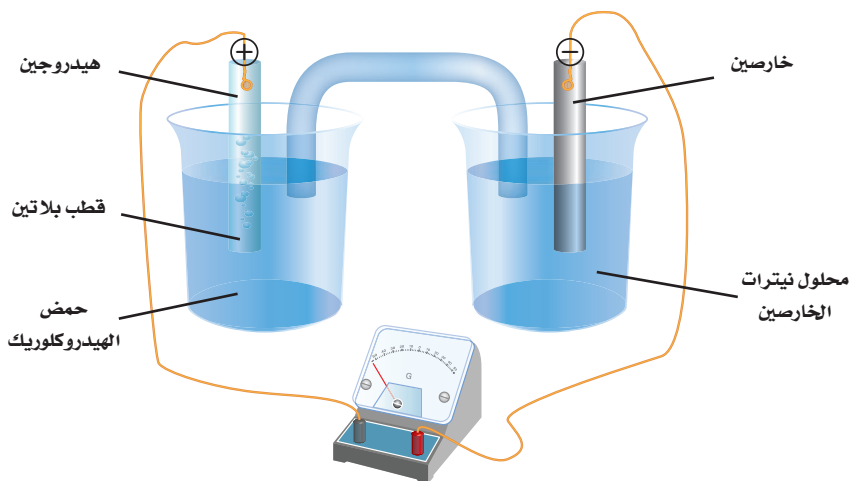
يتم في الخلايا الجلفانية إنتاج التيار الكهربائي نتيجة دفع الإلكترونات المتكونة عند الأنود (موقع التأكسد) إلى الكاثود الذي تحدث عنده عملية الاختزال عبر الأسلاك. وتسمى القوة المسؤولة عن دفع الإلكترونات للحركة القوة الدافعة الكهربائية **Electromotive force** التي تنشأ عن وجود فرق في الجهد الكهربائي بين القطبين، وتعرف بجهد الخلية. والفولت (V) هو الوحدة المستعملة في قياس جهد الخلية. وفرق الجهد في الخلية الجلفانية هو أقصى قوة محركة يمكن الحصول عليها من خلية جلفانية في الظروف القياسية (1 atm, 25 °C, 1M).

من المعروف أن اكتساب الإلكترونات يسمى اختزالاً. وبناءً على هذه الحقيقة فإن مدى قابلية المادة لاكتساب الإلكترونات هو **جهد الاختزال Reduction potential** لهذه المادة. ولا يمكن تحديد جهد اختزال القطب بصورة مباشرة؛ وذلك لأن نصف تفاعل الاختزال لا بد أن يقترن بنصف تفاعل الأكسدة. وعند اقتران نصفي التفاعل فإن الجهد الناتج يساوي فرق الجهد لنصفي التفاعل. ويقاس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين بوحدة الفولت (V).

قطب الهيدروجين القياسي The standard hydrogen electrode قرر علماء الكيمياء أن يقيسوا جهد الاختزال لكل الأقطاب مقابل قطب واحد، لأنه من الصعب قياس جهد قطب بشكل منفرد، فاختاروا **قطب الهيدروجين القياسي The standard hydrogen electrode** الذي يتكون من شريحة صغيرة من البلاتين مغموسة في محلول حمض هيدروكلوريك HCl الذي يحتوي على أيونات هيدروجين بتركيز 1M. ويتم ضخ غاز الهيدروجين H₂ في المحلول عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 25 °C، وتعرف هذه الظروف بالظروف القياسية (STP)، كما في الشكل 23-4، ويكون فرق الجهد لقطب

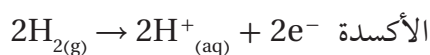
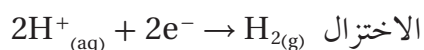
الشكل 23-4 يتكون قطب الهيدروجين القياسي من قطب بلاتين يتدفق فوقه غاز الهيدروجين عند 1 atm ويضخ في محلول حمضي يحتوي على أيونات هيدروجين بتركيز 1 M. ويساوي فرق جهد الاختزال لهذا الترتيب بالقيمة 0.000 V. ويرمز لقطب الهيدروجين القياسي اصطلاحياً:





الشكل 24-4 يتأكسد الخارصين ويختزل الهيدروجين في الخلية الجلفانية، فيكون الخارصين هو القطب السالب ويكون الهيدروجين هو القطب الموجب.

الهيدروجين القياسي، المسمى جهد الاختزال القياسي ($E^\circ_{H_2}$) مساوياً 0.000 V ، ويعمل هذا القطب بوصفه نصف تفاعل اختزال، أو نصف تفاعل أكسدة؛ اعتماداً على نصف الخلية الموصلة به. والتفاعل اللذان يمكن حدوثهما عند قطب الهيدروجين القياسي هما:



وللتعرف على طريقة استخدام قطب الهيدروجين المعياري لحساب جهد القطب المعياري E° لأحد العناصر، انظر إلى الشكل 24-4 التالي الذي يمثل خلية جلفانية لها قطبان من الخارصين والهيدروجين. ومن التفاعلات التي تحدث في الخلية عند الأقطاب، نلاحظ تأكسد الخارصين، واختزال الهيدروجين، وبذلك يكون المصعد (القطب السالب) هو قطب الخارصين، أما المهبط (القطب الموجب) فهو قطب الهيدروجين المعياري. ويمكن التعبير عن أنصاف التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب بالمعادلات الآتية:



لاحظ من الشكل أن قراءة الفولتميتر تساوي 0.76 V ، وهذه القيمة تمثل E° للخلية، وبما أن جهد اختزال الهيدروجين يساوي صفراً، نستطيع حساب جهد الاختزال لقطب الخارصين المعياري كالآتي:

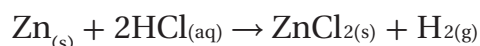
$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{اختزال للمهبط}} - E^\circ_{\text{اختزال للمصعد}}$$

$$0.76 = \text{صفر} - E^\circ_{\text{اختزال للمصعد}}$$

فيكون جهد الاختزال المعياري للمصعد (قطب الخارصين) -0.76 V

جهد نصف الخلية Half – cell potential قام الكيميائيون بقياس جهود الاختزال القياسية وتسجيلها لعدد من أنصاف الخلايا. ويرتب الجدول 4-7 في الصفحة التالية بعض تفاعلات نصف الخلية الشائعة تصاعدياً بحسب قيم جهود الاختزال. وقد تم الحصول على القيم في الجدول من خلال قياس الجهد عند توصيل كل نصف خلية بنصف خلية الهيدروجين القياسية. وقد كتبت التفاعلات في الجدول 4-7 جميعها في صورة تفاعلات اختزال. ومع ذلك ففي أي خلية جلفانية تحتوي دائماً على نصفي تفاعل سيحدث نصف التفاعل الذي له جهد اختزال أقل في اتجاه عكسي، ويصبح تفاعل أكسدة؛ أي أن نصف التفاعل الذي له جهد اختزال موجب أكبر يحدث في صورة اختزال، أما نصف التفاعل الذي له جهد اختزال سالب أكبر فيحدث في صورة أكسدة. ويجب أن يقاس جهد القطب تحت الظروف القياسية، وهي غمس القطب في محلول من أيوناته تركيزه 1 M عند 25°C و 1 atm. حيث يشير الصفر فوق الترميز E° باختصار إلى أن القياس تم تحت ظروف قياسية.

ومن خلال سلسلة جهود الاختزال الموضحة في الجدول 4-7، يمكن تحديد المواد ذات جهد الاختزال السالب، وذات جهد الاختزال الموجب؛ فجميع المواد التي تسبق الهيدروجين في السلسلة جهود اختزالها سالبة، وهذا يعني سهولة تأكسدها عن الهيدروجين، وصعوبة اختزالها عنه، وهذا يفسر قدرة الفلزات على اختزال أيون الهيدروجين الموجب من مركباته ومنها: الأحماض والقلويات والماء، وأن جميع المواد التي تلي الهيدروجين في السلسلة جهود اختزالها موجبة، وهذا يعني أنها أسهل اختزالاً من الهيدروجين وأصعب أكسدة منه. وهذا يفسر عدم قدرة هذه الفلزات على اختزال أيون الهيدروجين من مركباته؛ أي عدم قدرتها على أن تحل محل الهيدروجين في هذه المركبات. وعلى سبيل المثال، عند إلقاء قطعة خارصين في محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف، يحل الخارصين محل الهيدروجين، الذي يتصاعد ويتكون كلوريد الخارصين، وفقاً للمعادلة:



وبالنسبة للفلزات التي تقع أسفل الهيدروجين في السلسلة (النحاس والفضة والزنك والبلاتين والذهب) فإنها لا تحل محل الهيدروجين في حمض الهيدروكلوريك المخفف. ويمكن تعريف ترتيب المواد حسب قدرتها بوصفها عوامل مؤكسدة أو عوامل مختزلة. فجميع المواد التي توجد في أسفل السلسلة تعدّ عوامل مؤكسدة، تزداد قوتها بزيادة جهد الاختزال (أي من أعلى إلى أسفل)، وبالتالي يكون الفلور أقوى العوامل المؤكسدة، بينما أيون الليثيوم أضعفها. والأنواع التي في أعلى السلسلة تعدّ عوامل مختزلة تزداد قوتها بتناقص جهد الاختزال (أي من أسفل إلى أعلى)، وبالتالي يكون الليثيوم أقوى العوامل المختزلة، بينما أيون الفلوريد أضعفها.

جهود الاختزال القياسية	الجدول 4-7
نصف التفاعل	E^0 (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3.0401
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2.868
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2.372
$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Be}$	-1.847
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1.662
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}$	-1.185
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0.913
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.8277
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.7618
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0.744
$\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-}$	-0.47627
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.447
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0.4030
$\text{PbI}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 2\text{I}^-$	-0.365
$\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.3588
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Co}$	-0.28
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.257
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0.1375
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0.1262
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.037
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0.0000
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$	+0.153
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0.3419
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	+0.401
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$	+0.5355
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0.771
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0.775
$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}$	+0.7973
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0.7996
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	+0.851
$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0.920
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0.957
$\text{Br}_{2(l)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	+1.066
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}$	+1.18
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.229
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	+1.35827
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	+1.498
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.507
$\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	+1.692
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1.776
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	+1.92
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-}$	+2.010
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-$	+2.866

قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة Strength of oxidizing and reducing agents

تختلف قوة كل من العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة، ويمكن استخدام جدول جهود الاختزال القياسية لمقارنة قوة هذه العوامل؛ حيث تمثل قيم جهود الاختزال مقياساً كمياً للقدرة على التأكسد أو الاختزال. ومن خلال الجدول 4-7 يمكن ملاحظة ازدياد قيمة جهد الاختزال القياسي للأقطار كلما اتجهنا نحو أسفل الجدول، مما يعني سهولة اختزالها، وبالتالي زيادة قوتها بوصفها عاملاً مؤكسداً. فمثلاً، يعد أيون المنجنيز Mn^{2+} - بوصفه عاملاً مؤكسداً - أقوى من أيون الألومنيوم Al^{3+} ؛ حيث إن جهد الاختزال المعياري لقطب المنجنيز ($-1.18 V$) أكبر من جهد الاختزال القياسي لقطب الألومنيوم ($-1.66 V$).

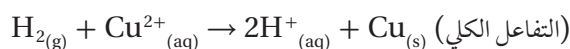
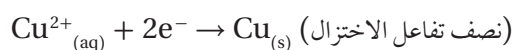
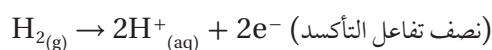
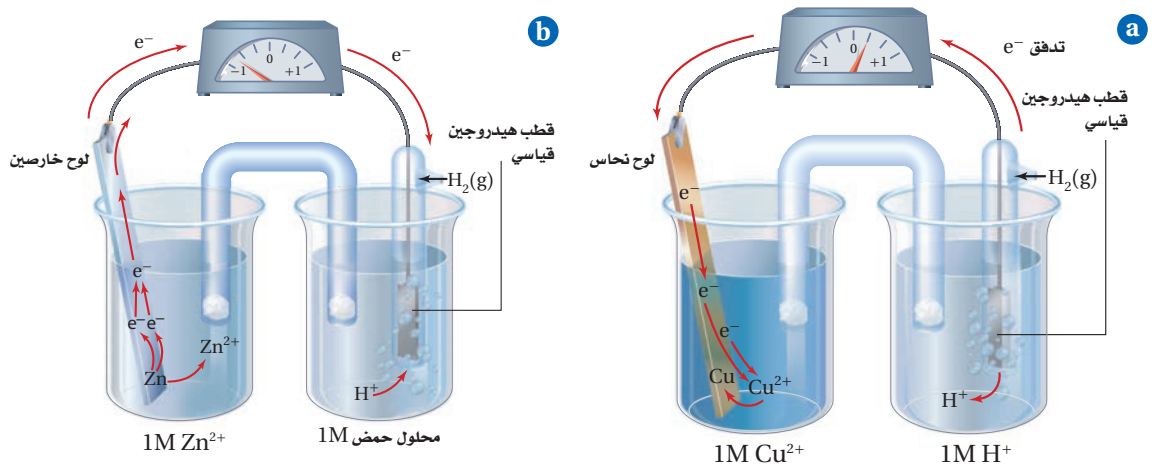
✓ **ماذا قرأت؟** ما العنصر الذي يؤكسد النحاس Cu ، ولكنه لا يؤكسد أيونات الحديد Fe^{2+} ؟ ويمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال التلقائية، وذلك بحساب جهد التفاعل؛ فإن كان موجباً يحدث التفاعل بشكل تلقائي **Spontaneous** ومستمر، وإن كان سالباً فهذه إشارة إلى عدم إمكانية حدوث التفاعل.

ويمكن استخدام سلسلة جهود الاختزال في تفسير وجود بعض الفلزات في الطبيعة بحالتها العنصرية، وعدم إمكانية وجود الفلزات الأخرى؛ حيث إن جميع العناصر الفلزية التي جهود اختزالها أقل من الهيدروجين (ومنها الحديد والخاصين والصدويم) لا توجد في الطبيعة بحالتها العنصرية، بل على شكل مركبات: هيدروكسيدات أو كلوريدات أو كربونات أو سليكات أو فوسفات أو أكاسيد، بينما العناصر الفلزية التي جهود اختزالها أكبر من الهيدروجين (ومنها الذهب والبلاتين) فيمكن أن توجد في الطبيعة في حالتها العنصرية. ويُعزى ذلك إلى أن الفلزات التي جهود اختزالها أقل من الهيدروجين تكون نشطة كيميائياً، لذا تتأكسد بسهولة بالعوامل الطبيعية المحيطة بها مثل (O_2 , H_2O , CO_2) لتكوّن مركبات هذه العناصر. أما الفلزات التي جهود اختزالها أكبر من الهيدروجين فهي غير نشطة كيميائياً، ولذلك يصعب أكسدها، وهذا سبب وجودها في حالتها العنصرية.

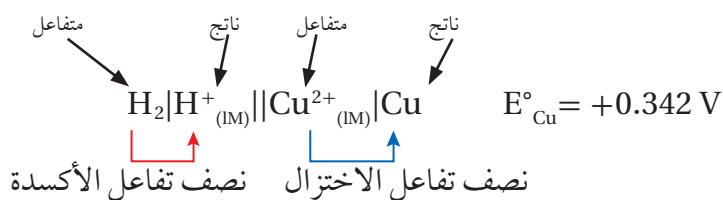
يمكن تفسير نواتج تفاعلات الأكسدة والاختزال لكثير من التفاعلات اعتماداً على سلسلة جهود الاختزال للعناصر، مثل قدرة فلز الخاصين الذي جهد اختزاله $0.762 V$ - أن يحل محل النحاس في محلول كبريتات النحاس، بينما لا يستطيع فلز مثل الفضة الذي جهد اختزاله $0.799 V$ + أن يحل محل النحاس في محلوله.

تحديد جهود اختزال الخلية الكهروكيميائية Determining electrochemical cell potentials

يمكنك استعمال الجدول 4-7 في حساب الجهد الكهربائي لخلية جلفانية مكونة من قطب نحاس وقطب خاصين تحت الظروف القياسية. وتكون الخطوة الأولى هي تحديد جهد الاختزال القياسي لنصف خلية النحاس E°_{Cu} عند توصيل قطب النحاس بقطب الهيدروجين القياسي، كما في الشكل 4-25a في الصفحة التالية؛ حيث تندفق الإلكترونات من قطب الهيدروجين إلى قطب النحاس، وتختزل أيونات النحاس إلى فلز النحاس، وتساوي قيمة E°_{Cu} المقاسة بمقياس فرق الجهد (voltmeter) $+0.342 V$. ويشير الجهد الموجب إلى أن أيونات Cu^{2+} عند قطب النحاس تكتسب إلكترونات بصورة أسهل من أيونات H^+ عند قطب الهيدروجين القياسي؛ لذا يحدث الاختزال عند قطب النحاس، في حين تحدث الأكسدة عند قطب الهيدروجين، وتكون أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي كما يلي:



ويمكن كتابة هذا التفاعل بصيغة تعرف بالرمز الاصطلاحي للخلية:



يتم التعبير عن الرمز الاصطلاحي بأن تكتب الذرات / الأيونات (التركيز) الداخلة في عملية الأكسدة أولاً وبالترتيب الذي تظهر به في نصف تفاعل الأكسدة، ويوضع بعدهما خطان عموديان (||) يمثلان القنطرة الملحية وتربطان نصفي الخلية. ثم تكتب الأيونات (التركيز) / الذرات الداخلة في الاختزال بالترتيب نفسه. لاحظ ضرورة وضع إشارة ناتج الجمع لقيم E° قبل قيمة الجهد.

إن الخطوة الآتية هي تحديد جهد الاختزال القياسي لنصف خلية الخارصين E°_{Zn} عند قياس جهد اختزال الخارصين مقابل قطب الهيدروجين القياسي تحت الظروف القياسية، كما في الشكل 4-25b؛ حيث تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروجين. وعند قياس قيمة E° لنصف خلية الخارصين بمقياس الجهد فإنها تساوي -0.762 V ، وهذا يعني أن أيونات الهيدروجين عند قطب الهيدروجين تكتسب إلكترونات أسهل من أيونات الخارصين؛ لذا يكون جهد اختزال أيونات الهيدروجين أعلى من جهد اختزال أيونات الخارصين. تذكر أن جهد الاختزال للهيدروجين تم تعيينه بالقيمة 0.00 V ، لذا فإن جهد اختزال قطب الخارصين يجب أن يكون قيمة سالبة. ويمكن كتابة تفاعلي أنصاف الخلية والتفاعل الكلي على النحو الآتي:

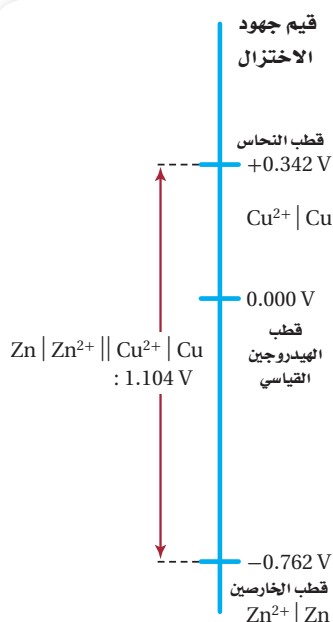
الشكل 4-25

a. عند توصيل قطب $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ بقطب هيدروجين تتدفق الإلكترونات نحو لوح النحاس، فتختزل أيونات Cu^{2+} إلى ذرات Cu ، وفرق الجهد لهذا التفاعل يساوي $+0.342 \text{ V}$.

b. وعند توصيل قطب $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$ بقطب الهيدروجين تتدفق الإلكترونات مبتعدة عن لوح الخارصين، فتتأكسد ذرات الخارصين إلى أيونات Zn^{2+} . وفرق الجهد لهذا التفاعل يساوي -0.762 V .

المفردات الجديدة

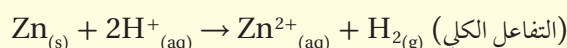
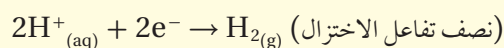
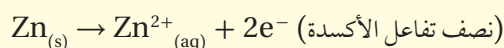
- جهد الخلية القياسي
- Standard cell potential



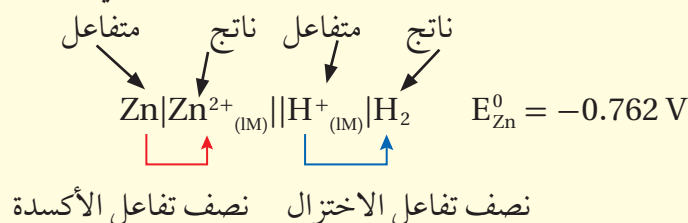
الشكل 26-4 يوضح كيف يحسب جهد الخلية الكلي من فرق جهود الاختزال لقطبين.

اختبار الرسم البياني

أيهما يتأكسد أسهل من الهيدروجين: النحاس أم الخارصين؟



ويمكن كتابة هذا التفاعل بصيغة تعرف بـ «الرمز الاصطلاحي للخلية»:



أما الخطوة النهائية في حساب جهد الخلية الكهروكيميائية فتكون بجمع نصفي تفاعل النحاس والخارصين، على أنها خلية جلفانية، وهذا يعني حساب **جهد الخلية القياسي Standard cell potential** باستعمال المعادلة الآتية:

معادلة جهد الخلية

جهد الخلية القياسي = جهد الكاثود - جهد الأنود

$$E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{cathode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$$

E°_{cell} تمثل الجهد الكلي القياسي للخلية.

$E^{\circ}_{\text{cathode}}$ تمثل جهد الاختزال لنصف الخلية القياسي لتفاعل الاختزال.

E°_{anode} تمثل جهد الاختزال لنصف الخلية القياسي لتفاعل الأكسدة.

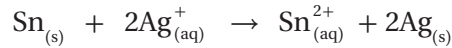
جهد الخلية القياسي يساوي الجهد القياسي لنصف خلية الاختزال مطروحاً منه الجهد القياسي لنصف خلية التأكسد.

ولما كان الاختزال يحدث عند قطب النحاس، والأكسدة تحدث عند قطب الخارصين، فإن قيم E° يمكن تعويضها على النحو الآتي:

$$\begin{aligned} E^{\circ}_{\text{cell}} &= E^{\circ}_{\text{cathode}} \text{ Cu}^{2+} | \text{Cu} - E^{\circ}_{\text{anode}} \text{ Zn}^{2+} | \text{Zn} \\ &= +0.342 \text{ V} - (-0.762 \text{ V}) \\ &= +1.104 \text{ V} \end{aligned}$$

والشكل 26-4 يوضح طريقة حساب الجهد الكلي لهذه الخلية.

تحديد اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية الجلفانية إذا علمت أن التفاعل الآتي يحدث بصورة تلقائية:



فوضح اتجاه سريان الإلكترونات عبر الأسلاك، واتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية التي يحدث فيها هذا التفاعل.

1 تحليل المسألة

علمت أن عدد تأكسد الذرة يزداد عندما تتأكسد، ويقل عندما تُختزل، ولا يحدث أكسدة أو اختزال للذرة المشتركة في التفاعل إذا كان التغير في عدد التأكسد لها صفرًا.

المعطيات
خلية جلفانية

المطلوب
اتجاه سريان الإلكترونات

2 حساب المطلوب

نقسم التفاعل إلى نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل اختزال.

اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال

نصف تفاعل أكسدة / مصعد

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

نصف تفاعل اختزال / مهبط

$$2\text{Ag}_{(s)} \rightarrow 2e^{-} + 2\text{Ag}_{(aq)}^{+}$$

قطب القصدير Sn يتأكسد، فهو القطب السالب (المصعد)،
وقطب الفضة Ag هو الموجب (المهبط).

تتحرك الإلكترونات في الأسلاك من المصعد إلى المهبط، وتتحرك
الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية إلى نصف خلية القصدير.

حدّد القطب السالب والقطب الموجب في الخلية

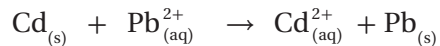
حدّد اتجاه السريان عبر الأسلاك وخلال القنطرة

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق قواعد حل المسألة.

مسائل تدريبية

21. لديك خلية جلفانية تعتمد على التفاعل الآتي:

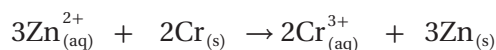


d. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال.

e. حدّد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك الخارجية.

f. حدّد اتجاه حركة الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحية.

تحديد تلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال استعن بالجدول 4-7، وبين ما إذا كان التفاعل الآتي يحدث بصورة تلقائية أم لا:



وضح اتجاه سريان الإلكترونات عبر الأسلاك، واتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية التي يحدث فيها هذا التفاعل.

1 تحليل المسألة

علمت أنّ عدد تأكسد الذرة يزداد عندما تتأكسد، ويقلّ عندما تختزل، ولا يحدث أكسدة أو اختزال للذرة المشتركة في التفاعل إذا كان التغير في عدد التأكسد لها صفرًا.

المعطيات

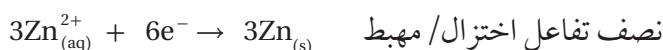
جهود الاختزال المعيارية

المطلوب

هل التفاعل تلقائي أم لا؟

2 حساب المطلوب

نكتب نصف كل من: تفاعل الأكسدة وتفاعل الاختزال، وباستخدام الجدول 4-7 نوجد قيم جهود الاختزال المعيارية، ومن ثمّ نحسب جهد الخلية.



اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال



باستخدام الجدول 4-7، سجّل جهد الاختزال للخارصين والكروم.

أوجد قيم جهود الاختزال المعيارية

احسب جهد الخلية

$$E^\circ \text{ للخلية} = E^\circ \text{ اختزال للخارصين} - E^\circ \text{ اختزال للكروم}$$

$$E^\circ \text{ للخلية} = (-0.76) - (0.74)$$

$$E^\circ \text{ للخلية} = -0.02 \text{ V}$$

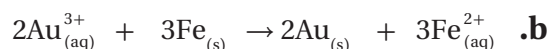
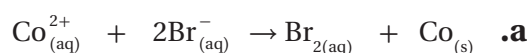
إذن، لا يحدث التفاعل بشكل تلقائي

3 تقويم الإجابة

بما أنّ إشارة E° للخلية سالبة، فإنّ هذا التفاعل لا يحدث بصورة تلقائية، وهذا يعني أن التفاعل العكسي هو التفاعل التلقائي.

مسائل تدريبية

22. هل يمكن حدوث كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تمثّلها المعادلات الآتية تلقائيًا؟ وضح إجابتك من خلال حساب قيمة E° لكل منها:



23. تحفيز. هل يمكن استخدام ملعقة من النيكل لتحريك محلول نترات الفضة؟ فسّر إجابتك.

استعمال جهود الاختزال القياسية

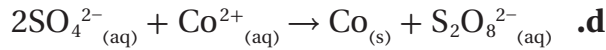
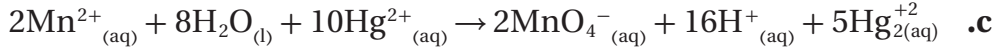
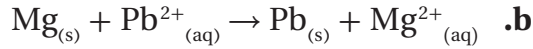
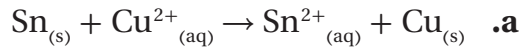
Using Standard Reduction Potentials

توضح الأمثلة كيفية استعمال البيانات في الجدول 4-7 لحساب الجهد القياسي للخلايا الجلفانية. والاستعمال الآخر المهم لجهود الاختزال القياسية هو تحديد هل سيكون التفاعل المقترح تحت الظروف القياسية تلقائياً؟ وكيف يمكن أن تكون جهود الاختزال القياسية مؤشراً على التلقائية؟ تتدفق الإلكترونات في الخلية الجلفانية من نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي الأقل إلى نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي الأكبر؛ لتعطي جهداً موجباً للخلية. ولتتوقع حدوث تفاعل أكسدة واختزال معين بشكل تلقائي، اكتب التفاعل في صورة أنصاف تفاعل، وابحث عن جهد الاختزال لكل منها. واستخدم هذه القيم لحساب جهد الخلية الجلفانية. إذا كان الجهد المحسوب موجباً فالتفاعل تلقائي، أما إذا كانت القيمة سالبة فالتفاعل غير تلقائي. لكن في حالة عكس تفاعل غير تلقائي فسيكون له جهد خلية موجب؛ وهذا يعني أن التفاعل العكسي يكون تلقائياً.

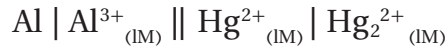
ماذا قرأت؟ حدد إشارة جهد الخلية القياسي لتفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث بصورة تلقائية.

مسائل تدريبية

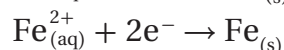
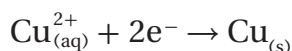
24. احسب جهد الخلية لتحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية تحدث بصورة تلقائية كما هي مكتوبة أم لا، واستخدم الجدول 4-7 لمساعدتك على تحديد أنصاف التفاعل الصحيحة:



25. تحفيز اكتب المعادلة، وحدد جهد الخلية E° للخلية الآتية باستعمال الجدول 4-7. هل التفاعل تلقائي؟



حساب جهد الخلية تمثل أنصاف تفاعلات الاختزال الآتية نصفي خلية جلفانية:



حدّد التفاعل الكلي للخلية وجهدها القياسي، ثم اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت معادلات أنصاف الخلية، ويمكن إيجاد جهود الاختزال القياسية من الجدول 4-7. وسيكون نصف التفاعل الذي له أقل جهد اختزال هو تفاعل الأكسدة، ويمكنك بهذه المعلومة كتابة التفاعل الكلي للخلية وكتابة رمزها.

المعطيات

جهود الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا

$$E^0_{\text{cell}} = E^0_{\text{cathode}} - E^0_{\text{anode}}$$

المطلوب

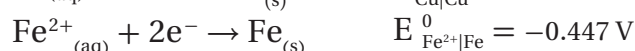
التفاعل الكلي للخلية = ؟

$$E^0_{\text{cell}} = ?$$

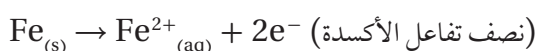
رمز الخلية = ؟

2 حساب المطلوب

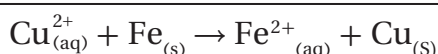
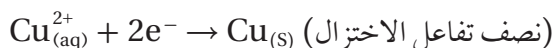
أوجد قيم جهود الاختزال القياسية لكل نصف خلية من الجدول 4-7.



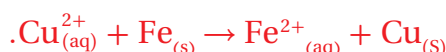
للنحاس جهد اختزال أكبر من الحديد، لذلك يحدث له اختزال، ويمثل الكاثود؛ بينما يمثل الحديد الأنود لأن جهد اختزاله أقل.



أعد كتابة نصف تفاعل الحديد في الاتجاه الصحيح.



اجمع المعادلتين.



التفاعل الكلي للخلية

احسب جهد الخلية القياسي.

ضع معادلة جهد الخلية

$$E^0_{\text{cell}} = E^0_{\text{cathode}} - E^0_{\text{anode}}$$

$$E^0_{\text{cell}} = E^0_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} - E^0_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}$$

عوض $E^0_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}}$ و $E^0_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}$ في المعادلة العامة.

$$E^0_{\text{cell}} = +0.342 \text{ V} - (-0.447 \text{ V})$$

عوض عن $E^0_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}}$ بالقيمة $+0.342 \text{ V}$ ، وعن $E^0_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}$ بالقيمة

$$-0.447 \text{ V}$$

$$E^0_{\text{cell}} = +0.789 \text{ V}$$

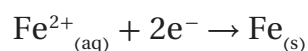
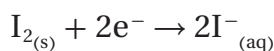


اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية.

3 تقويم الإجابة

جهد الاختزال المحسوب مقبولة بالنظر إلى جهود أنصاف الخلية.

حساب جهد الخلية تمثل أنصاف تفاعلات الاختزال الآتية نصفَي خلية جلفانية:



حدّد التفاعل الكلي للخلية وجهدها القياسي، ثم اكتب رمز الخلية.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت معادلات أنصاف الخلية، ويمكن إيجاد جهود الاختزال القياسية من الجدول 1-2. وسيكون نصف التفاعل الذي له أقل جهد اختزال هو تفاعل الأكسدة، ويمكنك بهذه المعلومة كتابة التفاعل الكلي للخلية وكتابة رمزها.

المعطيات

جهود الاختزال القياسية لأنصاف الخلايا

$$E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$$

المطلوب

التفاعل الكلي للخلية ؟

$$E^0_{cell} = ?$$

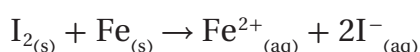
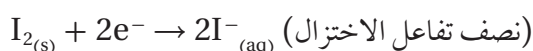
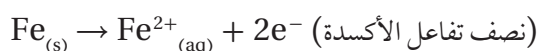
رمز الخلية ؟

2 حساب المطلوب

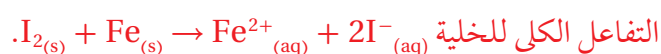
أوجد قيم جهود الاختزال القياسية لكل نصف خلية من الجدول 4-7.



لما كان لا اختزال اليود أكبر جهد اختزال فإن نصف التفاعل هذا يستمر في الاتجاه الطردي في صورة اختزال، في حين يستمر نصف تفاعل الحديد في الاتجاه العكسي في صورة أكسدة.



اجمع المعادلتين.



احسب جهد الخلية القياسي.

ضع معادلة جهد الخلية

$$E^0_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$$

$$E^0_{cell} = E^0_{I_2|I^-} - E^0_{Fe^{2+}|Fe}$$

عوض $E^0_{I_2|I^-}$ و $E^0_{Fe^{2+}|Fe}$ في المعادلة العامة.

$$E^0_{cell} = +0.536 \text{ V} - (-0.447 \text{ V}) = +0.983 \text{ V} \quad \text{عوض عن } E^0_{I_2|I^-} \text{ بالقيمة } +0.536 \text{ V} \text{، وعن } E^0_{Fe^{2+}|Fe} \text{ بالقيمة } -0.447 \text{ V}$$

كتابة رمز الخلية.



اكتب أولاً نصف تفاعل الأكسدة باستعمال رمز المادة المتفاعلة ثم الناتجة،



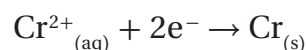
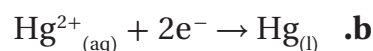
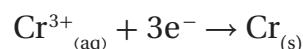
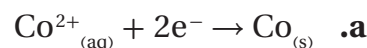
واكتب بعد ذلك نصف تفاعل الاختزال عن اليمين، وافصل بين نصفي التفاعل بخطين عموديين.



3 تقويم الإجابة

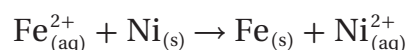
جهد الاختزال المحسوب معقول بالنظر إلى جهود أنصاف الخلية.

26. اكتب معادلة موزونة لتفاعل الخلية الكلي، واحسب جهد الخلية القياسي للتفاعل الذي يحدث عندما يتم توصيل نصفي الخلية.



مثال 4-11

التفاعلات التلقائية مستعينةً بجدول جهود الاختزال القياسية، حدد ما إذا كان التفاعل التالي يحدث تلقائيًا أم لا؟



1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال القياسية (4-7) نجد أن:

$$\text{Fe}^{2+} | \text{Fe} = -0.447 \text{ V}$$

$$\text{Ni} | \text{Ni}^{2+} = -0.257 \text{ V}$$

المعطيات

معادلة التفاعل الكلي، جدول جهود الاختزال القياسية

المطلوب

تحديد تلقائية التفاعل من خلال
حساب الجهد القياسي للتفاعل.

2 حساب المطلوب

حيث أن التفاعل يشير إلى تأكسد النيكل، لذا فهو يمثل الأنود؛ وأيون الحديد قد اختزل فهو يمثل الكاثود.

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = E_{\text{cathode}}^{\circ} - E_{\text{anode}}^{\circ}$$

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = -0.447 \text{ V} - (-0.257 \text{ V})$$

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = -0.19 \text{ V}$$

اكتب معادلة جهد التفاعل الكلي

عوض قيم الجهود الاختزالية لكل من الكاثود والأنود

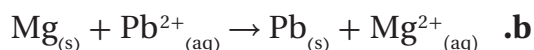
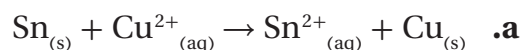
احسب الجهد الكلي للخلية، ثم حدد فيما إذا كان التفاعل تلقائيًا أم لا

وبما أن قيمة الجهد الكلي للخلية سالبة، لذا فإن التفاعل يكون غير تلقائي.

3 تقويم الإجابة

قيمة الجهد الكلي للخلية مقبول مقارنة مع قيم الجهود الاختزالية لأنصاف التفاعل.

27. احسب جهد الخلية لتحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية تحدث بصورة تلقائية كما هي مكتوبة أم لا، واستخدم الجدول 4-7 لمساعدتك على تحديد أنصاف التفاعل الصحيحة:



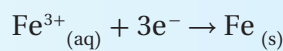
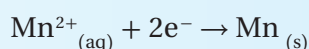
28. تحفيز. اكتب المعادلة، وحدد جهد الخلية E° للخلية الآتية باستعمال الجدول 4-7. هل التفاعل تلقائي؟



استراتيجية حل المسألة

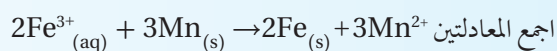
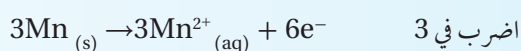
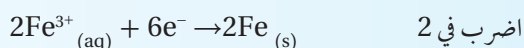
تحديد جهود الخلية

تلخص الخطوات الخمس الآتية إجراءات حساب جهد الخلية الجلفانية التي يحدث فيها تفاعل الأكسدة والاختزال بشكل تلقائي. افترض أن عليك كتابة معادلة للخلية التي تتكون من أنصاف التفاعل الآتية وحساب جهدها:



كل ما تحتاج إليه هو جدول للجهود الاختزال، مثل الجدول 4-7.

4. زن الإلكترونات في معادلات نصفي الخلية بضرب كلتا المعادلتين في المعامل المناسب، ثم اجمعهما.

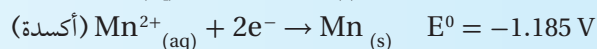
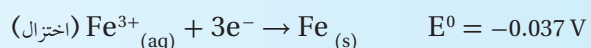


5. لا تؤثر مساواة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة في E° للتفاعل الكلي. استخدم الصيغة $E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}}$ للحصول على جهد الخلية.

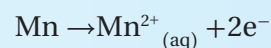
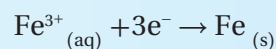
$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}} - E^\circ_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}} = -0.037 \text{ V} - (-1.185 \text{ V}) = +1.148 \text{ V}$$

1. ابحث عن نصفي التفاعل في الجدول 4-7.

2. قارن بين جهد نصفي الخلية؛ فنصف الخلية التي لها جهد اختزال أعلى هي التي سيحدث عندها الاختزال، في حين تحدث أكسدة في نصف الخلية التي لها جهد اختزال أقل.



3. اكتب معادلة الاختزال كما هي في الجدول 4-7، واكتب معادلة الأكسدة في الاتجاه المعاكس.



طبق الاستراتيجية

احسب جهد الخلية القياسي (E°) لتفاعل التأكسد والاختزال التلقائي الذي يحدث بين الماغنسيوم والنيكل.

قوانين فارادي للتحليل الكهربائي



Michael Faraday
(1791 – 1867)

الشكل 4-27 وضع

العالم الإنجليزي مايكل
فارادي في العام 1832م
قوانينه في التحليل الكهربائي.

Faraday's laws of electrolysis

درس العالم الإنجليزي مايكل فارادي Michael Faraday انظر الشكل , 4-27، العلاقة بين كمية المواد المترسبة على قطب ما، وكمية الطاقة الكهربائية التي يتم تمريرها من خلال خلية التحليل الكهربائي. وقد وجد أنه خلال عملية التحليل الكهربائي تعتمد كمية المواد المترسبة أو المتحررة على الأقطاب على ثلاثة عوامل هي: كمية التيار الكهربائي المار، والزمن الذي يستغرقه مرور التيار الكهربائي بمعدل منتظم، وشحنة أيونات المادة المترسبة. وقبل أن تتعرف قوانين فارادي في التحليل الكهربائي يجب أن تتعرف بعض وحدات القياس المستخدمة في هذه القوانين، وهي:

الأمبير Ampere وحدة قياس شدة التيار الكهربائي.

الكولوم Coulomb وحدة قياس كمية التيار الكهربائي (Q). وهو وحدة النظام المتري لقياس كمية الشحنة الكهربائية، ويعرّف بأنه كمية الكهرباء التي تمر عبر موصل في زمن مقداره ثانية واحدة عندما تكون شدة التيار الكهربائي 1A (1 أمبير). ويرمز للكولوم بالرمز (C). ويمكن حساب كمية الكهرباء باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

الزمن بالثواني × شدة التيار بالأمبير = كمية الكهرباء بالكولوم

$$Q_{(C)} = I_{(A)} \times t_{(s)}$$

حيث يتم قياس الزمن (t) بالثواني، وشدة التيار (I) بالأمبير، وكمية الكهرباء (Q) بالكولوم.

القانون الأول للتحليل الكهربائي Faraday's 1st law of electrolysis ينص هذا القانون على أن "مقدار أي مادة تترسب أو تتحرر على قطب ما في أثناء عملية التحليل الكهربائي تتناسب طردياً مع كمية الكهرباء (Q) المارة في الخلية. تمثل شدة التيار بوحدته الأمبير Ampere، التي تمر في زمن مقداره "t" مقيسة بوحدته الثانية Second.

القانون الثاني للتحليل الكهربائي Faraday's 2nd law of electrolysis ينص القانون الثاني على: "تناسب كتل المواد المتكونة أو المستهلكة خلال عملية التحليل الكهربائي تناسباً طردياً مع الكتلة المكافئة للأيون عند مرور كمية الكهرباء نفسها في المحلول أو المصهور".

حيث إن الكتلة المكافئة للأيون (g) = الكتلة المولية للعنصر (g) / شحنة الأيون.

وقد وجد العالم فارادي أنه يلزم إمرار كمية من الكهرباء قيمتها (96500 C) لترسيب أو استهلاك الكتلة المكافئة لأي عنصر في خلية التحليل الكهربائي، وقد اصطلح على تسمية هذه الكمية من الكهرباء بالفارادي (F)؛ أي أن: 1F = 96500 C. وبذلك يمكن حساب كتلة المادة المترسبة أو المستهلكة من خلال العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{كتلة المادة المترسبة أو المستهلكة (m)} = \frac{\text{الكتلة المولية (Mm)} \times \text{كمية الكهرباء (C)}}{96500 \text{ C} \times (n) \text{ شحنة الأيون}}$$

الكتلة المكافئة لأيون احسب الكتلة المكافئة لأيون الليثيوم Li^+ .

1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر نجد أن الكتلة المولية لعنصر الليثيوم $= 7\text{g}$.

المعطيات

المطلوب

أيون العنصر Li^+ ، والكتلة المولية
حساب الكتلة المكافئة لأيون الليثيوم Li^+

2 حساب المطلوب

الكتلة المكافئة لأيون (g) = الكتلة المولية للعنصر (g) / شحنة الأيون

اكتب العلاقة الرياضية لحساب الكتلة المكافئة

$$7\text{g} = \frac{7\text{g}}{1} = \text{الكتلة المكافئة لأيون}$$

التعويض في العلاقة بدلاً من الكتلة المولية والشحنة

3 تقويم الإجابة

تم استخدام العلاقة الرياضية الصحيحة والتعويض بالقيم الصحيحة، والعمليات الحسابية صحيحة.

مسائل تدريبية

29. مستعيناً بالجدول الدوري للعناصر، املاً الفراغ في الجدول الآتي بكتابة الكتلة المولية لكل من الأيونات الموضحة، ثم احسب الكتلة المكافئة لكل منها.

صيغة الأيون	الكتلة المولية (g)	الكتلة المكافئة (g)
Mg^{2+}		
Al^{3+}		
K^+		
Zn^{2+}		

قوانين فارادي احسب كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 4g من مادة الكالسيوم Ca في خلية تحليل كهربائي، علماً بأن شحنة الكالسيوم Ca في مركباته = +2.

1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر نجد أن الكتلة المولية لعنصر الكالسيوم = 40g.

المعطيات	المطلوب
كمية المادة المترسبة	$4g = (m)$
شحنة الكالسيوم	$+2 = (n)$
الكتلة المولية للكالسيوم	$40g = (Mm)$

2 حساب المطلوب

اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل:

$$m = \frac{(Mm (g) \times Q (C))}{(96500 C \times n)}$$

اكتب العلاقة الرياضية لحساب الكتلة المترسبة

$$4g = \frac{(40 (g) \times Q(C))}{(96500 C \times 2)}$$

التعويض في العلاقة بالمعطيات

$$Q(C) = \frac{(4g \times 96500 C \times 2)}{(40 g)}$$

$$Q(C) = 19300 C$$

3 تقويم الإجابة

تم استخدام العلاقة الرياضية الصحيحة، والتعويض بالقيم المعطاة.

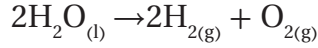
مسائل تدريبية

30. احسب كمية الكهرباء اللازمة لترسيب 32 g من Zn في خلية تحليل كهربائي محلول كلوريد $ZnCl_2$.
31. تحفيز. عند تمرير تيار كهربائي شدته 10A في خلية تحليل كهربائي تحتوي على مصهور كلوريد الصوديوم NaCl، تم ترسيب 34.5 g من الصوديوم على الكاثود. احسب الزمن الذي لزم لترسيب هذه الكمية، علماً بأن الكتلة المولية Mm لكلوريد الصوديوم NaCl تساوي 58.5 g.

التطبيقات العملية للتحليل الكهربائي

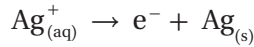
Practical applications for electrolysis

تقوم الخلايا الجلفانية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. وتعمل خلايا التحليل الكهربائي على عكس ذلك؛ حيث تستعمل الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي. ومن الأمثلة الشائعة التحليل الكهربائي للماء؛ حيث يعد هذا التفاعل عكس احتراق الهيدروجين في خلية الوقود:



والتحليل الكهربائي للماء هو إحدى طرائق إنتاج الهيدروجين لاستعمالات تجارية.

الطلاء الكهربائي Electroplating من أبرز التطبيقات على التحليل الكهربائي عملية الطلاء الكهربائي؛ حيث يتم استخدام التحليل الكهربائي لترسيب طبقة رقيقة من الفلز المراد الطلاء به على المادة المطلوب طلاؤها؛ لحمايتها من التآكل، وإكسابها مظهرًا جميلًا. ففي حياتنا العملية نشاهد التحف أو الأواني المنزلية أو المقاعد الحديدية التي تبدو في ظاهرها كأنها صُنعت من الفضة، ولكن بعد كشطها يتبين أنها مصنوعة من الحديد. ويبين الشكل 28-4 عملية الطلاء الكهربائي لشوكة حديدية Fe بطبقة من الفضة Ag؛ حيث توصل الشوكة (المراد طلاؤها) بالقطب السالب للبطارية (المهبط)، بينما توصل شريحة من الفضة (المطلي بها) بالقطب الموجب للبطارية (المصعد)، ويُغمَس قطبا الخلية في محلول يحوي أيونات الفضة Ag^+ ، وعندما تُغلق الدائرة الكهربائية ويسري التيار تتجه أيونات الفضة إلى المهبط، وتختزل إلى ذرات الفضة، وترسب على الشوكة التي تكتسب بريقًا فضيًا لامعًا، وذلك وفقًا للمعادلة التالية:



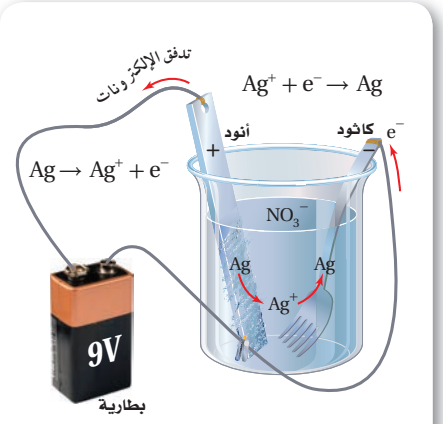
ويحدث تأكسد لذرات الفضة عند المصعد، وفقًا للمعادلة التالية:



ويتم تعويض أيونات الفضة، التي ترسب عند المهبط في صورة ذرات الفضة، بتأكسد ذرات الفضة المكوّنة للمصعد، ومن ثمّ فلا يتوقع تغيير تركيز أيونات الفضة نتيجة عملية التحليل الكهربائي.

استخلاص الألومنيوم Aluminum extracting يُعدّ البوكسيت (أكسيد الألومنيوم المائي) $Al_2O_3 \cdot H_2O$ من أهم خامات الألومنيوم، وفي عام 1886م نجح العالمان هول وهيرولت في استخلاص الألومنيوم بالتحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 .

وتتلخص هذه العملية في استخدام خلية من الحديد المبطن بطبقة من الجرافيت لتكون مهبطًا، بينما يكون المصعد قضبانًا من الجرافيت متصلة معًا، ومغمورة في مصهور

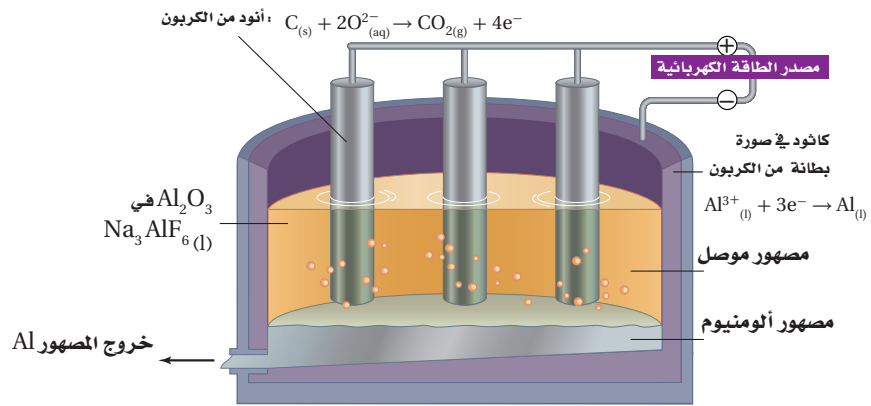


الشكل 37-4 هناك حاجة إلى الطاقة

لتأكسد الفضة على الأنود واختزالها على الكاثود. وفي خلية التحليل الكهربائي المستعملة للطلاء بالفضة، يوضع الجسم أو الشيء المراد طلاؤه على الكاثود؛ حيث يتم اختزال أيونات الفضة في المحلول إلى ذرات الفضة، وترسب على الجسم.

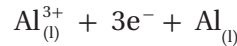


يوفر كل طن يعاد تدويره من الألومنيوم كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية التي تستعمل في إنتاج الألومنيوم جديد من خاماته.

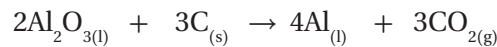


الشكل 29-4 تتم عملية هـول - هيروليت عند درجة 1000 °C في مصهر مشابه لهذا . ويستعمل الجرافيت أنوداً وكاثوداً . ويتم إضافة الألومنيوم المعد تدويره إلى الخلية مع الألومنيوم لتساعد على خفض درجة الانصهار.

الألومنيوم، كما هو موضح في الشكل 29-4 وتحدث التفاعلات الآتية عند الأقطاب: عند المهبط: يتم اختزال أيونات الألومنيوم Al^{3+} ، ويخرج مصهور الألومنيوم من فتحة خاصة، وفقاً للمعادلة التالية:



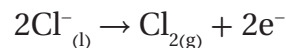
عند المصعد: يتفاعل الأكسجين الناتج من التفاعل مع قضبان الجرافيت وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، ونتيجة لهذا التفاعل تتآكل قضبان الجرافيت تدريجياً، فيتم استبدالها كل فترة. ويمكن تمثيل التفاعل الكلي للخلية بالمعادلة التالية:



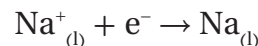
وتكون درجة نقاوة الألومنيوم الناتج كبيرة، غير أن استخلاصه يستلزم طاقة كهربائية هائلة؛ لذا تنامي الاهتمام بإعادة تدوير الأشياء المصنوعة من الألومنيوم، ومنها علب المشروبات وغيرها.

التحليل الكهربائي لمصهور NaCl لما كان التحليل الكهربائي يستطيع تحليل الماء إلى عناصره، لذا فإنه يمكنه أيضاً أن يحلل مصهور كلوريد الصوديوم إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور. وتحدث هذه العملية في حجرة خاصة تعرف بخلية داون Down's cell، كما في الشكل 30-4؛ حيث يتكون الموصل في الخلية من مصهور كلوريد الصوديوم نفسه. تذكر أن المركبات الأيونية يمكنها توصيل التيار الكهربائي فقط عندما تكون أيوناتها حرة الحركة، وذلك عند ذوبانها في الماء أو انصهارها.

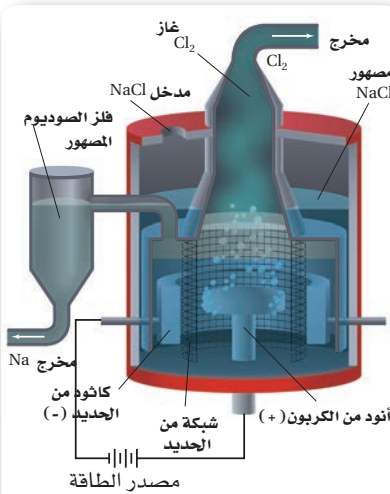
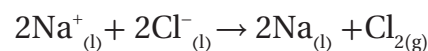
يتأكسد أيون الكلوريد عند الأنود إلى غاز الكلور Cl_2 :



أما عند الكاثود فتختزل أيونات الصوديوم إلى فلز الصوديوم:

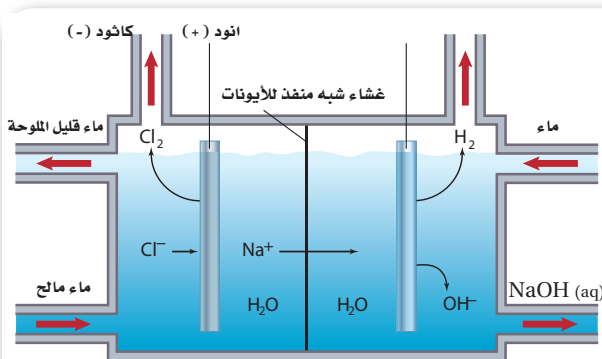


ويكون التفاعل الكلي للخلية كما يلي



خلية داون Down's cell

الشكل 30-4 في خلية داون، تستخدم الإلكترونات التي يوفرها المولد لاختزال أيونات الصوديوم وعند انتزاع الإلكترونات من الأنود تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز الكلور .



الشكل 31-4 لا ينتج
الصوديوم عن التحليل الكهربائي
لماء البحر؛ لأن جزيئات الماء
لديها ميل للاختزال أكثر من
الصوديوم.

تقوم بعض الصناعات على استعمال غاز الهيدروجين والكلور ومحلول
هيدروكسيد الصوديوم التي تنتج عن التحليل الكهربائي لماء البحر.

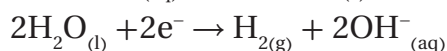
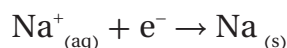
يستعمل الكلور في صناعة بوليمر كلوريد الفينيل الذي
يستعمل في صناعة الأنابيب.

ويمكن تقدير أهمية خلية داون بصورة ممتازة اعتماداً على أهمية الدور الذي يؤديه كل من
الصوديوم والكلور في حياة كل فرد؛ إذ يستعمل الكلور في جميع أنحاء العالم في تنقية المياه
لأغراض الشرب والسباحة. وتحتوي الكثير من منتجات التنظيف التي نستعملها - وخصوصاً
المبيضات المنزلية - على مركبات الكلور. كما تُتخذ مركبات الكلور وسيلة لمعالجة الكثير من
المنتجات، ومنها الورق والبلاستيك ومبيدات الحشرات.

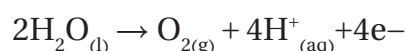
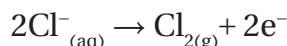
ويستعمل الصوديوم في حالته النقية مبرداً في المفاعلات النووية، وفي مصابيح الصوديوم الغازية
المستعملة في الإضاءة الخارجية. أما في مركباته الأيونية فما عليك إلا النظر في قائمة محتويات
المنتجات المستهلكة لتجد مدى تنوع أملاح الصوديوم في المنتجات التي نستخدمها ونأكلها.

✓ **ماذا قرأت؟ فسر لماذا يجب أن يكون كلوريد الصوديوم مصهوراً في خلية داون؟**

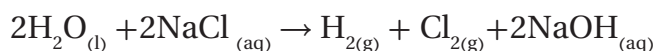
التحليل الكهربائي لماء البحر Electrolysis of sea water يتم تحليل ماء البحر - وهو
محلول مائي لكلوريد الصوديوم - بواسطة التحليل الكهربائي أيضاً، ويوضح الشكل 31-4
خلية تحليل كهربائي نموذجية، ونواتج التحليل الكهربائي؛ حيث يوجد احتمال لحدوث
تفاعلين عند الكاثود، هما: اختزال أيونات الصوديوم، أو الهيدروجين في جزيئات الماء.

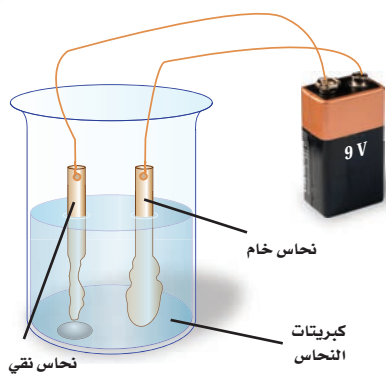


إلا أن اختزال أيونات الصوديوم Na^+ لا يحدث؛ بسبب أن اختزال أيونات الهيدروجين في الماء
أسهل حدوثاً، ومن ثمّ يتم الاختزال التفضيلي. وكذلك هناك احتمال لحدوث تفاعلين عند
الأنود، هما تأكسد أيونات الكلوريد، أو تأكسد الأكسجين في جزيئات الماء.



إلا أن تأكسد أيونات الهيدروكسيد لا يحدث؛ بسبب أن تأكسد أيونات الكلوريد أسهل حدوثاً،
لذلك يحدث تفاعل الأكسدة للأكسجين في جزيئات الماء. أما التفاعل الكلي للخلية فهو على
النحو الآتي:





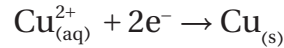
الشكل 4-32 تتم تنقية النحاس والكثير من الفلزات من خلال التحليل الكهربائي لها؛ حيث يوضع النحاس المراد تنقيته كمصعد ويكون المهبط من النحاس النقي.

وتكون النواتج الثلاثة وهي: هيدروكسيد الصوديوم، والكلور، والهيدروجين، جميعها مواد ذات أهمية تجارية.

✓ **ماذا قرأت؟** حدد المواد التي تأكسدت والتي اختزلت في التحليل الكهربائي لماء البحر. يستقر الألومنيوم المصهور في قاع الخلية، ويسحب بصورة دورية. وتتأكسد أيونات الأكسيد عند الأنود.

تنقية الخامات Ore purifying يستعمل التحليل الكهربائي أيضاً في تنقية الفلزات، ومنها تنقية النحاس الخام من الشوائب، كما هو موضح في الشكل 4-32؛ حيث يستخرج معظم النحاس على شكل خامات الكالكوبرايت CuFeS_2 والكالكوسايت Cu_2S والملاكايت $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$. ولإجراء عملية التنقية يصنع مصعد الخلية من النحاس المراد تنقيته، بينما يكون المهبط من النحاس النقي في أعلى درجات نقائه، ويتم ملء الخلية بمحلول مائي من كبريتات النحاس $\text{CuSO}_4 \cdot \text{II}$.

عند الكاثود At Cathode: يتم اختزال أيونات النحاس Cu^{2+} ويطرسب النحاس فقط؛ لأن أيونات النحاس أكثر قابلية للاختزال مقارنةً بأيونات الشوائب مثل: Fe^{2+} ، Zn^{2+} .



عند الأنود At Anode: تحدث عملية أكسدة لفلزات النحاس وكذلك أيونات الشوائب حيث تذوب هذه الفلزات من المصعد. $-\text{Cu}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^-$. وتستعمل فلزات أخرى للطلاء الكهربائي. ولعل المجوهرات المطلية بالذهب تكون مألوفاً لديك، وقد تُعجب بسيارة طُليت أجزاءها الفولاذية - مثل ماصات الصدمات - لتكون مقاومة للتآكل؛ حيث تطلاء بالنيكل أولاً ثم بالكروم.

التقويم 4-2

الخلاصة

- تشمل الخلايا الكهروكيميائية الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي.
- يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال في الخلايا الجلفانية على أقطاب منفصلة.
- يكون جهد اختزال نصف الخلية سالباً إذا حدث لها أكسدة، ويكون لها جهد اختزال موجب إذا حدث لها اختزال.
- الجهد القياسي لخلية جلفانية هو الفرق بين جهود الاختزال لأنصاف الخلايا.

32. الفكرة الرئيسية قارن بين خلية التحليل الكهربائي والخلية الجلفانية من حيث:

- تحولات الطاقة في كل منهما.
 - شحنة كل من المصعد والمهبط.
 - إشارة E° للخلية.
 - تلقائية التفاعل في كل منهما.
- 33.** أي العناصر الآتية: Cl_2 ، F_2 ، Br_2 تعدّ الأقوى بوصفها عاملاً مؤكسداً؟
- 34. لخص.** أذكر بعض التطبيقات العملية للخلايا التحليلية واعرضه على زملاءك من خلال برمجية مناسبة.
- 35.** تم إجراء عملية التحليل الكهربائي لمحلول نترات الرصاص $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ باستخدام أقطاب من الجرافيت في الظروف القياسية. من خلال دراستك لهذه العملية أجب عما يأتي:
- أرسم خلية التحليل الكهربائي وحدد المواد عند كل من المصعد والمهبط.
 - اكتب التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب في الخلية.
 - ماهي نواتج التفاعل؟

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يصف تركيب البطارية الجافة التقليدية المصنوعة من الكربون والخاصين ومكوناتها وآلية عملها.
- يعدد الأضرار البيئية الناتجة عن استخدام بطارية النيكل - كادميوم.
- يصف تركيب المركم الرصاصي ومكوناته وآلية عمله.
- يشرح تركيب خلية الوقود ومكوناتها وآلية عملها.
- يكتب معادلات التفاعلات الكيميائية التي تحدث عند الأقطاب في البطاريات.

التفاعل الانعكاسي التفاعل الذي يمكن أن يحدث في الاتجاهين الطردي والعكسي.

البطاريات Batteries

الفكرة الرئيسية البطاريات أنواع من الخلايا الكهروكيميائية تعتمد على التفاعلات الكيميائية لإنتاج الطاقة لأغراض متعددة.

الربط مع الحياة هل حاولت تشغيل سيارتك يوماً ما، ولكنك فوجئت بعدم قدرتك على تشغيلها بسبب تعطل بطارية السيارة؟ ما الذي يعنيه عدم قدرة البطارية على العمل؟ هل تشابه آلية عملها مع آلية عمل الأنواع الأخرى من البطاريات؟ وفيما تختلف؟

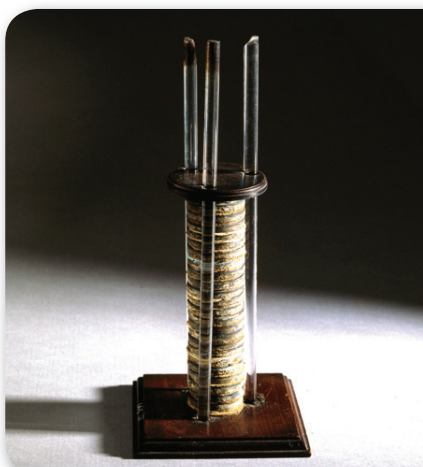
البطاريات Batteries

تعد البطارية مصدر جهد يستخدم بكثرة في البيوت والمصانع والمحلات وحتى في إنارات الشوارع، فلا يخلو مكان إلا وتستعمل فيه البطارية، في الإنارة وأجهزة التحكم، وألعاب الأطفال، وفي السيارات ووسائل النقل، وفي المصانع وشركات الطاقة والكهرباء.

اكتشفت البطارية على يد العالم أليساندرو فولتا عام 1800م، باستخدام طبقات من الخارصين ومحلول كثيف من الماء المالح، انظر الشكل 33-4، وكانت الكهرباء وقت ذاك تولد عن طريق ذلك قطعة من القماش مع قضيب من المعدن أو البلاستيك، وهي ما يُعرف بالكهرباء الساكنة.

* تجربة فولتا لإنتاج الكهرباء Volta experiment to produce electricity

قام فولتا بعدة تجارب تثبت نظرياته بخصوص الكهرباء، أشهرها وضع شريحة من الخارصين وأخرى من النحاس في محلول ملحي أو حمضي، وبما أن الخارصين أنشط كيميائياً من النحاس، فيتفاعل مع الأيونات السالبة في المحلول؛ لأن عدد تأكسده موجب، فتتجمع الأيونات السالبة عند شريحة الخارصين، ويبقى النحاس موجب الشحنة، مما يولد تياراً كهربائياً إذا ما تم وصل القطبين بسلك موصل، وبهذا تتحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية، وبذلك بدأت فكرة تصنيع البطارية، وتلا تجربة فولتا العديد من التجارب، وتطورت



الشكل 33-4 خلية نسخة طبق الأصل من أول خلية لأليساندرو فولتا تتكون من ألواح من الخارصين والنحاس مرتبة في طبقات متبادلة ومفصولة بقطع قماش أو ورق مقوى مغموس بمحلول حمضي. وتزداد شدة التيار الكهربائي المتولد بزيادة عدد الأقراص المعدنية المستخدمة.

البطاريات الجافة في يومنا هذا إذ أصبح القطب الموجب عبارة عن قطعة من الفحم، والقطب السالب ساق من الخارصين، وتعطي البطارية الجافة قدرة 1.5 فولت، والفولت هو وحدة قياس الجهد الكهربائي، وهي الوحدة المستخدمة في قياس قوة البطاريات، نسبة إلى مخترعها أليساندرو فولتا.

أنواع البطاريات Batteries types

تصنّف البطاريات بحسب القدرة على استعمالها إلى نوعين رئيسيين، هما:

البطاريات الأولية والثانوية Primary and secondary batteries تقسم

البطاريات إلى نوعين اعتماداً على عملياتها الكيميائية. **البطاريات الأولية Primary batteries** هي البطاريات التي لا يمكن إعادة شحنها، وتستمر بإعطاء الجهد أو التيار الكهربائي حتى تنتهي عملية التفاعل بين أجزائها الداخلية، ومن أشهر أنواعها بطاريات الخارصين. وهي تنتج طاقة كهربائية من تفاعل الأكسدة والاختزال الذي لا يحدث بشكل عكسي بسهولة، وتصبح البطارية غير صالحة للاستعمال بعد انتهاء التفاعل. وتصنف خلايا الخارصين والكربون على أنها بطاريات أولية.

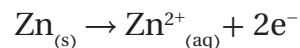
ويسمى النوع الآخر **البطاريات الثانوية Secondary batteries**؛ وهي التي يتم وصلها بالكهرباء لمدة معينة حتى تترتب الجزيئات السالبة والموجبة بشكل يسمح للبطارية بإعطاء الجهد الكهربائي من وقت إلى آخر، ومن أشهر أنواعها بطارية النيكل - كادميوم، وبطارية الليثيوم المستعملة في الهواتف النقالة. وهي تعتمد على تفاعل الأكسدة والاختزال العكسي، لذا فإنه يمكن إعادة شحنها. فبطاريتا السيارة والحاسوب المحمول مثلاً على هذا النوع من البطاريات التي تُسمى في بعض الأحيان بطاريات التخزين. وسوف نقوم بدراسة هذه الأنواع من البطاريات على الترتيب.

الخلايا الجافة Dry cells

تزود بعض تفاعلات الخلايا التلقائية التي درستها البطاريات بالطاقة التي نستعملها يومياً. والبطارية قد تتكون من خلية جلفانية أو أكثر في عبوة واحدة تنتج التيار الكهربائي. وتعد البطارية الجافة المكونة من الخارصين والكربون، كما في الشكل 4-34، أكثر أنواع الخلايا الجافة استعمالاً.

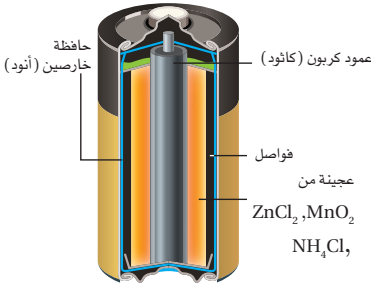
خلية الخارصين والكربون الجافة Zinc-carbon dry cell الخلية الجافة Drycell

هي خلية جلفانية؛ حيث يكون المحلول الموصل للتيار عجينة رطبة تتكون من خليط من كلوريد الخارصين ($ZnCl_2$) وأكسيد المنجنيز IV (MnO_2) وكلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) وكمية قليلة من الماء داخل حاوية من الخارصين تمثل الأنود في الخلية؛ حيث يحدث تأكسد الخارصين بحسب المعادلة الآتية:



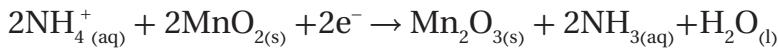
المفردات الجديدة

- البطاريات الأولية
- Primary batteries
- البطاريات الثانوية
- Secondary batteries



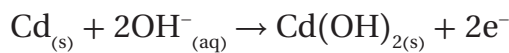
الشكل 4-34 تتكون ما يطلق عليه الخلية الجافة من عجينة رطبة يحدث فيها نصف تفاعل الاختزال، وتعمل حاوية الخارصين في خلية الخارصين والكربون عمل الأنود.

ويعمل عمود الكربون أو الجرافيت في مركز الخلية الجافة عمل الكاثود، ولكن تفاعل الاختزال لنصف الخلية يحدث داخل العجينة. ويسمى عمود الكربون في هذا النوع من الخلايا الجافة الكاثود غير الفعال؛ لأنه يتكون من مادة لا تسهم في تفاعل الأكسدة والاختزال، إلا أنه مهم في توصيل الإلكترونات. ويتم تفاعل الاختزال لنصف الخلية على النحو الآتي:

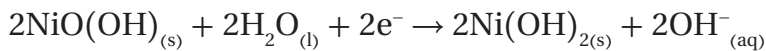


يوجد في خلية الخارصين والكربون الجافة فواصل رقيقة مصنوعة من مادة مسامية تحتوي على عجينة رطبة تفصلها عن أنود الخارصين. وتعمل هذه الفواصل عمل القنطرة الملحية للسماح بتحريك الأيونات، ومن ثم فإنها تشبه إلى حد كبير نموذج الخلية الجلفانية الذي درسته في الدرس السابق. وتنتج خلية الخارصين والكربون الجافة 1.5 V.

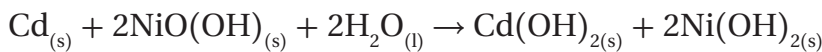
بطاريات نيكل - كادميوم Nickel-cadmium batteries عادة ما تكون بطاريات التخزين التي تستعمل في آلات الحلاقة وآلات التصوير الرقمية **بطاريات نيكل - كادميوم Nickel-cadmium batteries** قابلة للشحن، وتسمى في بعض الأحيان بطاريات NiCad، كما في الشكل 35-4. يتكون الكاثود من أكسيد النيكل، بينما يتكون الأنود من مسحوق الكادميوم المضغوط، ويمثل هيدروكسيد البوتاسيوم الإلكتروليت في هذه البطارية. ويتمثل تفاعل الأنود الذي يحدث عند استعمال البطارية لتوليد تيار كهربائي في أكسدة الكادميوم في وسط قاعدي:



أما تفاعل الكاثود فهو اختزال النيكل من حالة تأكسد +3 إلى +2.

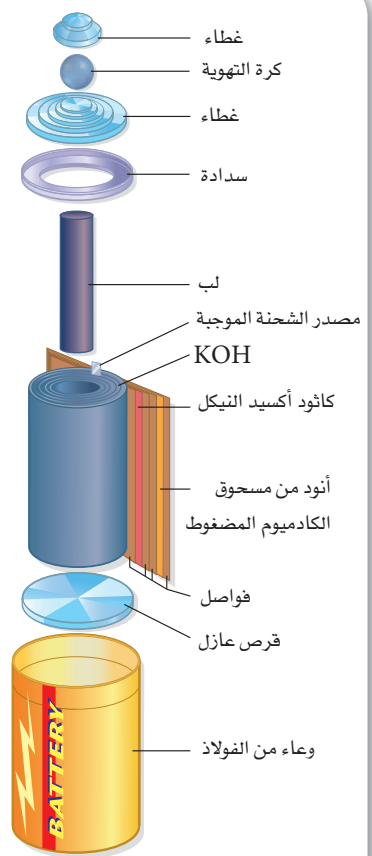


وبجمع نصفي التفاعل يمكن الحصول على معادلة التفاعل الكلي التالية:



وتحدث هذه التفاعلات بشكل عكسي عند شحن البطارية بمصدر خارجي للتيار الكهربائي.

تتميز بطاريات النيكل - كادميوم بخفة وزنها، وإعطاء تيار ثابت طيلة فترة تشغيلها، وعمرها الطويل نسبياً مقارنة بالبطاريات الأخرى. وعلى الرغم من هذه المميزات إلا أن لها الكثير من الأضرار، مثل: أنها تتكون من عنصرين خطيرين هما النيكل الذي يؤدي إلى اضطرابات في الهضم، ويسبب السرطان، والكادميوم الذي يؤدي إلى اضطرابات في التنفس، ويسبب السرطان. ونظراً إلى الحاجة إلى استخدام هذه الأنواع من البطاريات ينبغي التعامل معها بحذر شديد، والتخلص منها بشكل سليم، وعدم رميها مباشرة إلى



الشكل 35-4 تُزوّد الأدوات

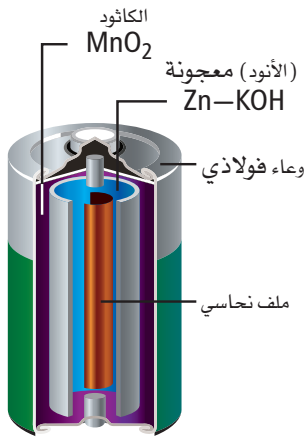
والهواتف اللاسلكية عادة بالطاقة عن طريق بطاريات يمكن إعادة شحنها، ويتم إعادة شحن بطارية NiCad عند توصيلها بمصدر كهربائي يزودها بالطاقة لتدفع تفاعل الشحن غير التلقائي للحدوث.

المفردات الجديدة

- الخلية الجافة
- Dry cell
- بطاريات نيكل - كادميوم
- Nickel-cadmium batteries

المطويات

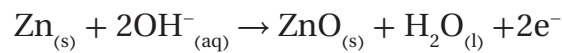
أدخل معلومات من هذا الدرس في مطوّتك.



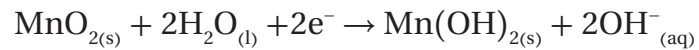
الشكل 4-36 البطاريات القلوية أكثر كفاءة من خلية الخارصين والكربون الجافة، وأكثر نفعاً عند الحاجة إلى بطاريات صغيرة الحجم.

البيئة حتى لا تصل إلى الأراضي الزراعية ومصادر المياه؛ لأنها تسبب التسمم للكائنات الحية والضرر على البيئة. ومن الطرق الآمنة للتخلص من البطاريات إعادة تدويرها. **✓ ماذا قرأت؟** فسّر سبب إعادة شحن بطارية السيارة عند استعمالها لفترة طويلة.

* **البطاريات القلوية** لقد حلت الخلية القلوية الجافة الأكثر كفاءة، محل خلية الخارصين والكربون الجافة في الكثير من التطبيقات كما في الشكل 4-36. ويوجد الخارصين في الخلية القلوية على هيئة مسحوق بوصفه أنوداً، مما يوفر مساحة سطح أكبر للتفاعل، ويخلط مع هيدروكسيد البوتاسيوم على شكل عجينة، وهي قاعدة قوية، وتوضع العجينة في علبة من الفولاذ. ويقوم مخلوط من ثاني أكسيد المنجنيز وهيدروكسيد البوتاسيوم مقام الكاثود. ويمكن تمثيل تفاعل الأنود لنصف الخلية على النحو الآتي:

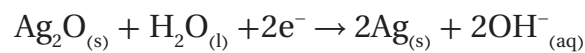


أما تفاعل الكاثود لنصف الخلية فهو:



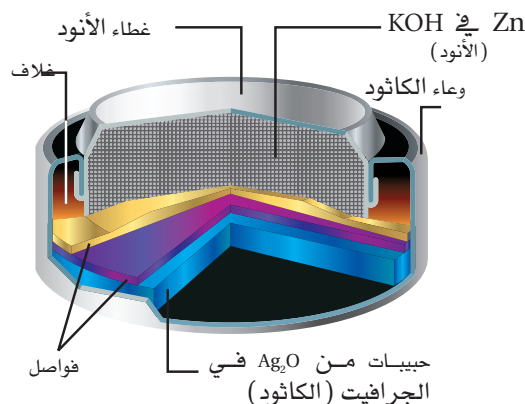
ولا تحتاج البطاريات القلوية إلى عمود الكربون بوصفه كاثوداً؛ لذا يمكن تصنيعها بأحجام صغيرة، ولها استعمالات متعددة في الأجهزة الصغيرة.

* **بطاريات الفضة** تشبه بطارية الفضة إلى حد كبير البطارية القلوية، على الرغم من أنها تظهر مختلفة وتستهلك أكسيد الفضة Ag_2O في الكاثود بدلاً من أكسيد المنجنيز. بطاريات الفضة الموضحة في الشكل 4-37 أصغر حجماً، وتستهلك في تزويد الأجهزة بالطاقة، ومنها سماعات الأذن والساعات وآلات التصوير. وتستهلك بطاريات الفضة تفاعل أنود نصف خلية البطاريات القلوية. أما تفاعل الكاثود لنصف الخلية فهو على النحو الآتي:



✓ ماذا قرأت؟ حدّد أنصاف التفاعلات المشتركة التي تحدث في كل من البطاريات القلوية، وبطاريات الفضة.

الشكل 4-37 بطاريات الفضة أصغر حجماً من القلوية، وتناسب الأجهزة الصغيرة الحجم مثل الساعات.



* إطلاع ذاتي (قراءة إثرائية).

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل

الاستعمال الشائع

يختزل Reduce:

الاستعمال العلمي: تقليل عدد التأكسد بإضافة إلكترونات.

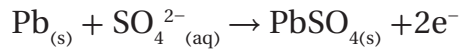
يختزل الخارصين أيونات النحاس II إلى ذرات النحاس بفقدان إلكترونين.

الاستعمال الشائع: تقليل الحجم أو الكمية أو البعد أو العدد.

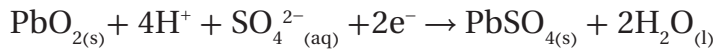
بطارية المركم الرصاصي Lead–acid storage battery

هذا النوع من البطاريات شائع الاستخدام في السيارات. وتتكون معظم بطاريات السيارات من 6 خلايا، تولد كل منها 2 V ليصبح ناتجها الكلي 12 V. ويتكون الأنود في كل خلية من شبكتين مساميتين أو أكثر من الرصاص Pb. أما الكاثود فيتكون من شبكة واحدة من الرصاص مملوءة بأكسيد الرصاص IV (PbO₂). ويجب أن يسمى هذا النوع من البطاريات بطارية رصاص - أكسيد الرصاص IV، إلا أن بطاريات الرصاص الحمضية هي الاسم الأكثر شيوعاً لها؛ لأن المحلول الموصل (الإلكتروليت) في البطارية هو محلول حمض الكبريتيك المخفف، وهي بطارية غير جافة.

وتمثل المعادلات الآتية تفاعل الأكسدة لنصف الخلية عند الأنود؛ حيث تتأكسد ذرات الرصاص إلى أيونات الرصاص Pb²⁺.



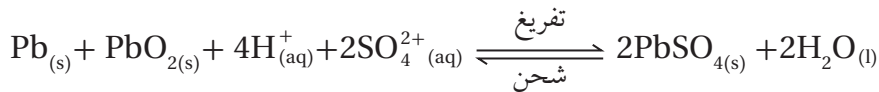
ويختزل ثاني أكسيد الرصاص PbO₂ عند الكاثود بوجود أيونات موجبة من المحلول الحمضي إلى أيونات الرصاص Pb²⁺ والماء.



لذا فإن التفاعل الكلي هو:



يعمل حمض الكبريتيك عمل محلول موصل بالبطارية، إلا أنه يُستهلك في أثناء توليد البطارية للتيار الكهربائي، كما توضح معادلة الخلية الكلية ذلك؛ فتحتاج البطارية إلى إعادة شحن، ويتم ذلك بتوصيل المركم الرصاصي بمصدر تيار كهربائي جهده أكبر بقليل من الجهد الذي يعطيه المركم، فتعكس التفاعلات السابقة عند الأقطاب، وتصبح خلية إلكتروليتية في أثناء عملية إعادة الشحن بحسب المعادلة الكيميائية التالية:

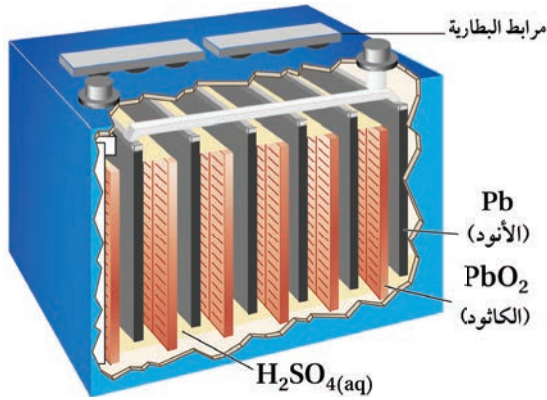


وتعد بطاريات المراكم الرصاصية، كما هو موضح في الشكل 38-4، اختياراً جيداً للسيارات؛ لأنها تزود المحرك بطاقة ابتدائية عالية جداً في البداية، ولها زمن حفظ طويل قبل البيع، ويُعتمد عليها عند انخفاض درجات الحرارة.

✓ **ماذا قرأت؟** حدّد المواد التي تتأكسد والمواد التي تختزل عند شحن بطارية المركم الرصاصي.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



تحتوي بطاريات المركم الرصاصي على صفائح من الرصاص وأكسيد الرصاص، والمحلول الموصل هو محلول حمض الكبريتيك، وعند استعمال البطارية يُستهلك الحمض ويصبح المحلول الموصل أقل قدرة على التوصيل.



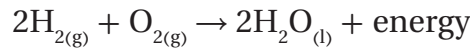
تقوم أسلاك الشحن بوصل التيار من سيارة بها بطارية جيدة لإعادة شحن البطارية المستهلكة.

الشكل 38-4 تستهلك بطاريات

المركم الرصاصي المستعملة في السيارات عند تشغيل السيارة، وتشحن عندما يعمل المحرك.

خلايا الوقود Fuel cells

يلاحظ عند احتراق الهيدروجين في الهواء أنه ينفجر بقوة كبيرة منتجاً ضوءاً وحرارة، كما في المعادلة التالية:



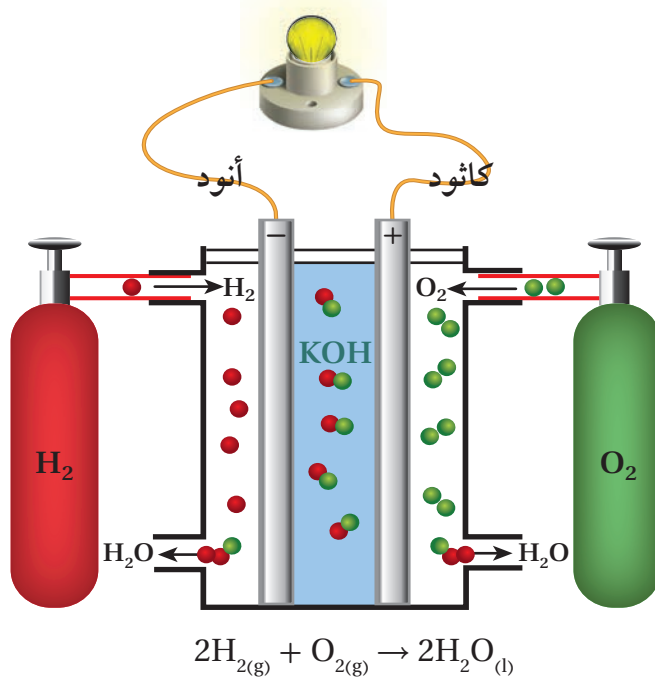
فهل من الممكن الاستفادة من هذا التفاعل تحت ظروف مضبوطة لتوليد طاقة كبيرة باستخدام فكرة الخلايا الكهروكيميائية؟

خلية الوقود Fuel cell خلية جلفانية؛ حيث ينتج تأكسد الوقود طاقة كهربائية. وتختلف خلايا الوقود عن البطاريات الأخرى؛ لأنها تُزَوَّد بالوقود باستمرار من مصدر خارجي. ويعتقد الكثيرون أن خلايا الوقود اختراع حديث، إلا أن الخلايا الأولى عُرضت عام 1839م عن طريق عالم الكيمياء الكهربائية البريطاني وليام جروف William Grove الذي سمى خليته بطارية الغاز. وقد بدأ بعض العلماء عملاً جاداً في خمسينيات القرن الماضي لتطوير خلايا وقود عملية ذات كفاءة لبرامج الفضاء؛ إذ يحتاج رواد الفضاء إلى الماء للمحافظة على حياتهم في السفينة الفضائية، وكذلك إلى مصدر كهربائي موثوق به لتزويد أنظمة السفينة المختلفة بالكهرباء. والحاجتان السابقتان كلتاهما ساعدتا على تطوير خلايا وقود الهيدروجين **Hydrogen fuel cell** التي تضبط عملية تأكسد الهيدروجين وتزود السفينة بالماء والكهرباء؛ إذ لا يصاحب ذلك إنتاج مواد جانبية ينبغي التخلص منها أو تخزينها على السفينة خلال الرحلة.

كيف تعمل خلية الوقود؟ How a fuel cell works? خلية الوقود - كما في الخلايا الجلفانية الأخرى - أنود (الهيدروجين) وكاثود (الأكسجين)، وتتطلب محلولاً موصلًا؛ حتى تستطيع الأيونات الانتقال بين الأقطاب. والمحلول الموصل الشائع في خلية الوقود محلول قلوي من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH). وكل قطب هو وعاء أجوف، جدرانه من كربون مساميّ تسمح بالاتصال بين الحجرة الداخلية والمحلول الموصل المحيط بها.

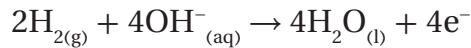
المفردات الجديدة

- خلية الوقود Fuel cell
- خلايا وقود الهيدروجين
- Hydrogen fuel cell

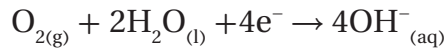


الشكل 39-4 يكون الهيدروجين هو الوقود. ويتم فصل نصفي التفاعل بغشاء لتبادل البروتونات؛ حيث تتدفق الإلكترونات المفقودة من عملية الأكسدة في الدائرة الخارجية للوصول إلى موقع الاختزال، وخلال انتقالها تقوم بتشغيل محرك إلكتروني. أما الناتج الجانبي لتفاعل الأكسدة والاختزال فهو الماء.

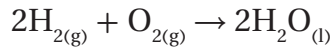
ويكتب نصف تفاعل الأكسدة للخلية على الأنود على النحو الآتي:



تتدفق الإلكترونات الناتجة عن أكسدة الهيدروجين خلال الدائرة الخارجية نحو الكاثود؛ حيث يحدث نصف تفاعل الاختزال على النحو الآتي:



وعند جمع معادلتين نصف التفاعل تكون المعادلة الكلية هي معادلة احتراق الهيدروجين في الأكسجين نفسها.



ولما كانت الخلية تزود بالوقود من مصدر خارجي فإن خلية الوقود لا تنفذ مثل سائر البطاريات؛ حيث تستمر في إنتاج الكهرباء ما دام الوقود متوافراً. وتستخدم بعض الخلايا وقوداً غير الهيدروجين. فمثلاً يستبدل الهيدروجين بالميثان في بعض الخلايا، إلا أنه قد يؤدي إلى إنتاج ثاني أكسيد الكربون كغاز الدفيئة. وتستعمل خلايا الوقود، كما في الشكل 39-4، صفيحة بلاستيكية تسمى غشاء تبادل البروتون (PEM) proton - exchange membrane، مما يستبعد الحاجة إلى محلول موصل سائل.

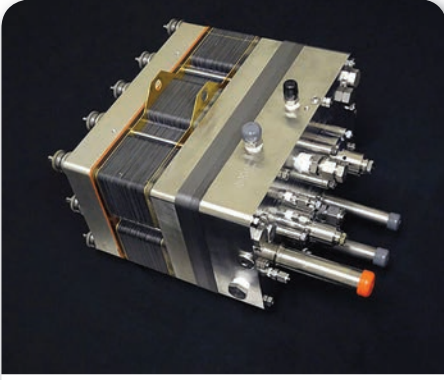
ماذا قرأت؟ قارن خلايا الوقود بغيرها من الخلايا الجلفانية.

الكيمياء في واقع الحياة خلايا الوقود



التقليل من التلوث تعد السيارات

من أكبر مصادر تلوث الهواء في المدن. وقد أدى تزويد حافلات - تحت التجربة في بعض المدن الأوروبية - بخلايا وقود الهيدروجين إلى إحداث فرق في كمية التلوث. كما تخلو عوادم هذه الحافلات من ثاني أكسيد الكربون أو أي من أكاسيد النيتروجين أو الكبريت. والماء النقي هو الناتج الوحيد.



الشكل 40-4 أحد نماذج خلايا الوقود التي تستخدمها الإدارة الوطنية للملاحة الفضائية في الولايات المتحدة (NASA).

مميزات خلايا الوقود وسلبياتها Advantages and disadvantages of fuel cells

تتميز هذه الخلايا بأنها تعمل عند درجات حرارة تكفي لتبخّر الماء المتكون من التفاعل؛ إذ يتم سحبه وتكثيفه ليستخدم بوصفه مصدرًا لمياه الشرب لرواد الفضاء، إضافة إلى أنها مصدر للطاقة الكهربائية. انظر أحد نماذج خلايا الوقود التي تستخدمها الإدارة الوطنية للملاحة الفضائية في الولايات المتحدة الأمريكية (NASA) في الشكل 40-4. ويمكن توصيل عدد أكبر من هذه الخلايا لتكوين بطارية ذات قدرة كهربائية أكبر، وإنتاج كمية وافرة من الماء. ومن مميزات أيضًا أنها لا تنتج مواد ضارة بالبيئة؛ إذ إن ناتج التفاعل هو الماء النقي الذي يمكن استخدامه للشرب. وتعد هذه الأنواع من الخلايا مصادر طاقة بديلة جيدة في المستقبل. ومن سلبيات خلايا الوقود ارتفاع تكلفة إنتاجها، وحجمها الكبير.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلات نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال والتفاعل الكلي في خلية الوقود.

التقويم 3-4

الخلاصة

- تستخدم البطاريات الأولية مرة واحدة فقط، ولكن يمكن إعادة شحن البطاريات الثانوية.
- تُزوّد البطارية عند شحنها بطاقة كهربائية تعكس اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- في بطاريات NiCad يتكون الأنود من مسحوق الكادميوم المضغوط، بينما يتكون الكاثود من أكسيد النيكل. ويمثل هيدروكسيد البوتاسيوم الإلكتروليت.
- خلايا الوقود بطاريات تكون فيها المادة المتأكسدة وقودًا من مصدر خارجي. ومن مميزات عدم إنتاجها مواد ضارة بالبيئة، ومن سلبياتها كبر حجمها وارتفاع تكلفة إنتاجها.

الفكرة الرئيسية

36. ما مكونات بطارية المركم الرصاصي؟
37. اكتب المعادلات الكيميائية التي تحدث عند كل من الأنود والكاثود لبطارية المركم الرصاصي.
38. فسر. لماذا تعد بطارية السيارة خلية انعكاسية.
39. وضح. كيف تعمل خلية الوقود؟
40. لخص مميزات خلية الوقود، وسلبياتها.
41. فسر. لماذا يُعد الخارصين اختيارًا جيدًا ليكون أنودًا للبطارية الجافة؟
42. قارن بين خلية التحليل الكهربائي والخلايا الجلفانية.
43. صمّم تجربة استخدم معرفتك بالأحماض في ابتكار طريقة لتصميم دائرة كهربائية باستخدام الفواكه.

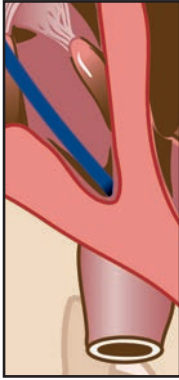
كيف تعمل الأشياء؟

منظم ضربات القلب The Pacemaker

يتكون القلب من أنسجة عضلية تنقبض وتنسبط باستمرار، وينتج هذا الخفقان عن نبضات كهربائية تتحرك على طول مسارات تتخلل القلب. وتولد مجموعة من الخلايا المتخصصة في الجدار العلوي من الأذين الأيمن للقلب - الحجرة العلوية - نبضات كهربائية، وإذا فشلت هذه الخلايا في العمل أو تعطلت طرائق النبضات الكهربائية فإن القلب لا يحقق بصورة طبيعية. ومنظم ضربات القلب جهاز كهربائي يراقب ضربات القلب غير الاعتيادية ويصححها. فكيف يعمل هذا الجهاز؟

2 الأسلاك معزولة، تحمل الإشارات الكهربائية بين القلب وجهاز تنظيم ضربات القلب، وتزرع في الأوعية الدموية، ومن ثم في حجرة القلب. ويستعمل الجهاز سلكاً أو سلكين أو ثلاثة؛ كل منها في حجرة مختلفة.

1 منظم ضربات القلب جهاز يحتوي على بطارية وهوائي ودوائر حاسوبية، ويرتبط به سلك يوصل بقلب المريض. يزرع الجهاز تحت الجلد أسفل عظمة الترقوة. يتطلب استبدال الجهاز - نتيجة نفاد البطارية أو عطل في الدوائر - عملية جراحية.



سلك توصيل

3 البطارية يستعمل في معظم منظمات ضربات القلب بطاريات الليثيوم واليود؛ حيث يكون الليثيوم هو الأنود، واليود هو الكاثود، وهذه البطاريات مثالية لهذه الأجهزة؛ لأن عمرها طويل (5-8 سنوات)، كما أنها تنفذ تدريجياً، ولا تنتج غازات.

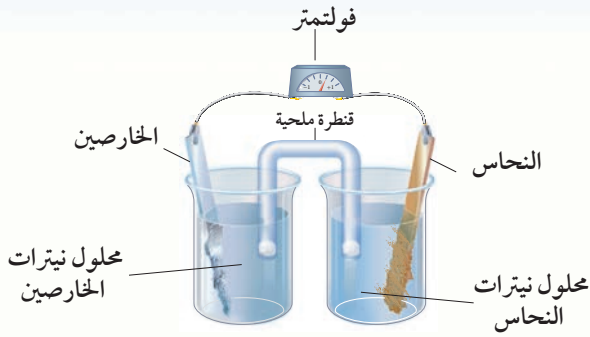
4 آلية عمل الجهاز ترسل أطراف الأسلاك الموصلة في أنسجة القلب نبضات كهربائية وفحص ضربات القلب المنتظمة. يستطيع الجهاز تحفيز ضربات القلب الطبيعية. ويصحح الضربات غير المنتظمة أو ينشط ضربات القلب المتوقف.

الكتابة في الكيمياء

لخص منظم ضربات القلب هو مثال على تقدم التكنولوجيا الطبية. اكتب فقرة عن طريقة غيرت فيها التكنولوجيا الطبية حياتك أو حياة من تعرفه. كيف يمكن للتكنولوجيا الطبية أن تغير المستقبل؟

مختبر الكيمياء

قياس جهد الخلية الجلفانية



الخلية النظرية عند توصيل نصفي خلية ينتج فرق جهد يمكن قياسه بالفولتметр.

السؤال كيف يقارن الجهد المقيس بالجهد المحسوب للخلية الجلفانية؟

المواد والأدوات اللازمة

- قطع فلزية من النحاس
- والألومنيوم والخارصين
- والمغنسيوم قياسها
- (0.6 cm × 1.3 cm) تقريباً
- 1M نترات النحاس II
- 1M نترات الألومنيوم
- 1M نترات الخارصين
- 1M نترات المغنسيوم
- 1M نترات البوتاسيوم
- كؤوس زجاجية
- عدد 5 ماصات
- فولتметр
- ملاقط

التحليل والاستنتاج

7. صل الطرف الأسود لمقياس فرق الجهد بالأنود، والطرف الأحمر بالكاثود، وإذا حصلت على قراءة سالبة لفرق الجهد بين فلزين، فاعكس التوصيل.
8. التنظيف والتخلص من النفايات تخلص من المواد الناتجة بحسب توجيه معلمك، ثم أعد الأدوات إلى أماكنها، ولا تترك مكانك قبل تنظيفه.

إجراءات السلامة



خطوات العمل

1. طبق اكتب في جدول البيانات معادلات أنصاف التفاعل التي تحدث عند الأنود والكاثود في كل خلية جلفانية، ثم ابحث عن جهود أنصاف التفاعل في الجدول 4-7، وسجلها في الجدول.
2. احسب الجهد النظري لكل خلية جلفانية وسجله.
3. توقع ترتيب الفلزات، بدءاً من أكثرها نشاطاً إلى أقلها، اعتماداً على بياناتك.
4. تحليل الخطأ احسب النسبة المئوية للخطأ، ولماذا تكون هذه النسبة مرتفعة في بعض الخلايا ومنخفضة في بعضها الآخر؟

الاستقصاء

صمم تجربة لتقليل النسبة المئوية للخطأ التي نوقشت في السؤال 4.

1. اتبع ارشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع في إحدى الكؤوس الزجاجية محلول نترات النحاس $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ حتى منتصفها، وضع فيها ساق النحاس Cu.
3. ضع في كأس ثانية محلول نترات الخارصين $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ حتى منتصفها، وضع فيها ساق الخارصين Zn.
4. استعمل قنطرة ملحية من نترات البوتاسيوم KNO_3 بين الكأسين لتمثل خلية جلفانية، ثم صل الساقين الفلزيين بمقياس فرق الجهد (الفولتметр)، وسجل قراءته.
5. كرر الخطوات السابقتين مع تغيير الساق الفلزية ونوع محلولاها في كل مرة.
6. استعمل قنطرة ملحية جديدة، وسجل قراءة الفولتметр في كل خلية.

دليل مراجعة الوحدة

4

الوحدة

الفكرة العامة: يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى كهربائية، كما يمكن تحويل الطاقة الكهربائية إلى كيميائية.

Oxidation and Reduction

4-1 الأكسدة والاختزال

المفاهيم الرئيسية

- يمكن معرفة تفاعلات الأكسدة والاختزال من خلال فقد واكتساب الأكسجين أو الهيدروجين؛ أو من خلال فقد واكتساب الإلكترونات؛ أو من خلال التغير في عدد التأكسد.
- عندما تتأكسد ذرة أو أيون يزداد عدد تأكسدها، وعندما تختزل ذرة أو أيون يقل عدد تأكسدها.
- المادة التي يحدث لها تأكسد تسمى عاملاً مختزلاً، والتي يحدث لها اختزال تسمى عاملاً مؤكسداً.
- تتميز الفلزات الانتقالية بتعدد حالات تأكسدها.
- معظم أيونات الفلزات الانتقالية لها ألوان تميزها.

الفكرة الرئيسية: يعد تفاعلاً الأكسدة والاختزال تفاعلين متلازمين؛ إذ تتأكسد ذرة وتختزل أخرى.

المفردات

- الأكسدة والاختزال
- الأكسدة
- الاختزال
- عدد التأكسد
- العامل المؤكسد
- العامل المختزل
- Redox reactions
- Oxidation
- Reduction
- Oxidation number
- Oxidizing agent
- Reducing agent

Electrochemical cells

4-2 الخلايا الكهروكيميائية

المفاهيم الرئيسية

- تشمل الخلايا الكهروكيميائية الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي.
- يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال في الخلايا الجلفانية على أقطاب منفصلة بعضها عن بعض.
- جهد نصف خلية التفاعل القياسي هو جهد التيار الناتج عند اقترانها بقطب الهيدروجين القياسي تحت الظروف القياسية.
- يكون جهد اختزال نصف الخلية سالباً إذا حدث لها أكسدة عند توصيلها بقطب الهيدروجين القياسي، ويكون لها جهد اختزال موجب إذا حدث لها اختزال عند توصيلها بقطب الهيدروجين القياسي.
- الجهد القياسي لخلية جلفانية هو الفرق بين جهود الاختزال لأنصاف الخلايا.

$$(E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{cathode}} - E^{\circ}_{\text{anode}})$$

- يمكن حساب كتلة المادة المترسبة في خلايا التحليل الكهربائي باستخدام قانون فارادي:
- $$m = \frac{(Mm(g) \times Q(C))}{(96500 C \times n)}$$

الفكرة الرئيسية: تحدث الأكسدة في الخلايا الكهروكيميائية عند الأنود (المصعد) منتجة إلكترونات تتدفق نحو الكاثود (المهبط) حيث يحدث الاختزال.

المفردات

- القنطرة الملحية
- الخلايا الكهروكيميائية
- القطب
- الأنود
- الكاثود
- خلية التحليل الكهربائي
- القوة الدافعة الكهربائية
- جهد الاختزال
- قطب الهيدروجين القياسي
- جهد الخلية القياسي
- تلقائي
- خلايا وقود الهيدروجين
- Salt bridge
- Electrochemical cells
- Galvanic cell
- Electrode
- Anode
- Cathode
- Electrolytic cell
- Electromotive force
- Reduction potential
- The standard hydrogen electrode
- Standard cell potential
- Spontaneous
- Hydrogen fuel cells

Batteries

4-3 البطاريات

الفكرة الرئيسية

البطاريات أنواع من الخلايا الكهروكيميائية تعتمد على التفاعلات الكيميائية لإنتاج الطاقة لأغراض متعددة.

المفردات

- الخلية الجافة
- البطاريات الأولية
- البطاريات الثانوية
- بطاريات Nicad
- Dry cell
- Primary batteries
- Secondary batteries
- Nickel–cadmium batteries
- Fuel cell
- Hydrogen fuel cells
- خلية الوقود
- خلايا وقود الهيدروجين

المفاهيم الرئيسية

- تستخدم البطاريات الأولية مرة واحدة فقط، ولكن يمكن إعادة شحن البطاريات الثانوية.
- تُزوّد البطارية عند شحنها بطاقة كهربائية تعكس اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- خلايا الوقود بطاريات تكون فيها المادة المتأكسدة وقودًا من مصدر خارجي.
- من مميزات خلايا الوقود عدم إنتاجها مواد ضارة بالبيئة، ومن سلبياتها كبر حجمها وارتفاع تكلفة إنتاجها.

4-1

إتقان حل المسائل

إتقان المفاهيم

44. ما الخواص التي تسمح باستعمال تفاعلات الأكسدة والاختزال في توليد تيار كهربائي؟

45. ما المقصود بتفاعلات الأكسدة والاختزال بحسب المفهوم الكلاسيكي؟

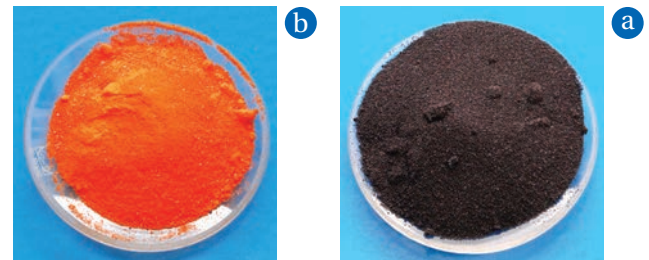
46. فسر لماذا لا تتضمن جميع تفاعلات الأكسدة الأوكسجين.

47. ماذا يحدث للإلكترونات في الذرة عندما تتأكسد، أو تختزل؟

48. عرّف عدد التأكسد.

49. ما عدد التأكسد لكل من الفلزات القلوية الأرضية والفلزات القلوية في مركباتها؟

50. كيف يرتبط عدد التأكسد في عمليات التأكسد بعدد الإلكترونات المفقودة؟ وكيف يرتبط عدد التأكسد في عمليات الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟

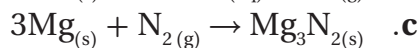
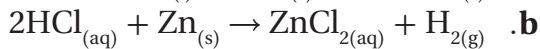
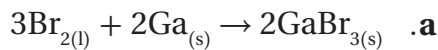


الشكل 4-41

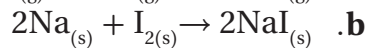
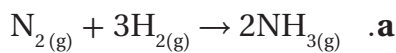
51. ما سبب الاختلاف في ألوان العينات الموضحة في الشكل 4-41 لمركبين مختلفين من مركبات النحاس؟

52. النحاس والهواء تبدأ تماثيل النحاس في الظهور بلون أسود بعد تعرضها للهواء. ويتفاعل فلز النحاس في عملية الأكسدة هذه مع الأوكسجين لتكوين أكسيد النحاس II الصلب، الذي يكون الغطاء أسود. اكتب تفاعل الأكسدة والاختزال، وعرّف ما الذي تأكسد، وما الذي اختزل في هذه العملية.

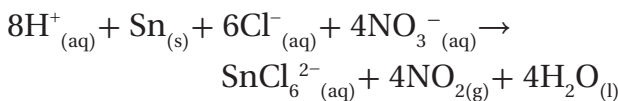
53. حدّد المواد التي تأكسدت والتي اختزلت في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:



54. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:



55. ما العامل المختزل في المعادلة الموزونة الآتية؟

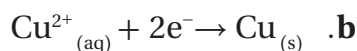
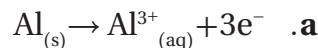


56. ما عدد التأكسد للمنجيز في KMnO_4 ؟

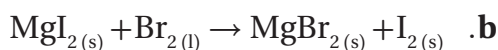
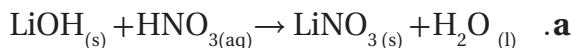
57. احسب عدد التأكسد للعنصر الظاهر الذي تحته خط في المواد والأيونات الآتية:



58. حدّد أي أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة، وأيها اختزال؟



59. أي المعادلات الآتية لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.



60. حدّد عدد التأكسد للنيتروجين في كل من الجزيئات أو الأيونات الآتية:

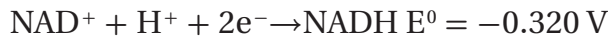


4 تقويم الوحدة

70. كيف تختلف البطاريات الأولية عن الثانوية؟

71. بطارية المرمك الرصاصي ما المادة التي تختزل في بطاريات تخزين المراكم الرصاصية؟ وما المادة التي تتأكسد؟ وما المواد التي تنتج في كل تفاعل؟

72. خلية الوقود الحيوي يختزل Fe^{3+} عند كاثود خلية الوقود الحيوي في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد III ($K_3[Fe(CN)_6]$) إلى Fe^{2+} في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد II ($K_4[Fe(CN)_6]$). ويختزل عند الأنود نيكوتين أميد - أدنين - ثنائي النيوكلوتيد (NADH) الذي يتأكسد إلى NAD^+ . استعمل جهود الاختزال القياسية الآتية لتحديد جهد الخلية:



73. خلايا الوقود اذكر طريقتين تختلف فيهما خلية الوقود عن البطارية العادية.

74. الجلفنة ما الجلفنة؟ وكيف تحمي الجلفنة الحديد من التآكل؟

75. البطاريات فسر لماذا لا تنتج بطاريات المراكم الرصاصية التيار عند انخفاض تركيز H_2SO_4 ؟

76. الصوف حزمة من الشعيرات الفولاذية المصنوعة من الفولاذ، وهي سبيكة من الحديد والكربون. ما أفضل طريقة لتخزين سلك المواعين المستعمل في غسل الأواني؟

a. تخزينه في الماء.

b. تخزينه في الهواء الطلق.

c. تخزينه في وعاء التجفيف.

إتقان حل المسائل

77. استعمل الجدول 4-7 في كتابة رمز الخلية القياسية لكل نصف خلية مما يأتي وموصلة بقطب الهيدروجين القياسي.



4-2

إتقان المفاهيم

61. تذكر أن العامل المختزل هو المادة التي تتأكسد، وأن العامل المؤكسد هو المادة التي تختزل. استعمل الجدول 4-7 لاختيار العامل المؤكسد الذي سيحول Au إلى Au^{3+} ولا يحول Co^{2+} إلى Co^{3+} .

62. صف العملية التي تنتج الإلكترونات في الخلية الجلفانية خارصين - نحاس.

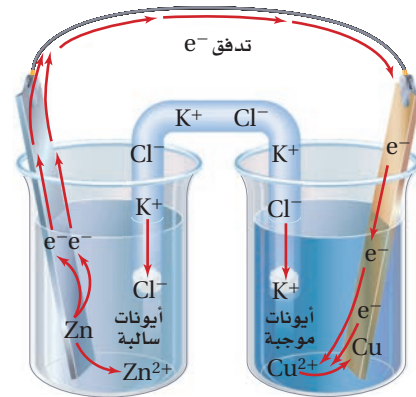
63. ما وظيفة القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية؟

64. ما المعلومات اللازمة لتحديد الجهد القياسي للخلية الجلفانية؟

65. في الخلية الجلفانية الممثلة بالرموز الآتية:

$Al|Al^{3+}_{(IM)}||Cu^{2+}_{(IM)}|Cu$ ما الذي يتأكسد، وما الذي يختزل عندما يمر التيار في الخلية؟

66. عند أي ظروف يتم قياس جهد الاختزال القياسي؟



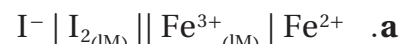
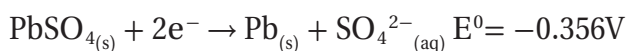
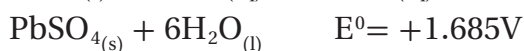
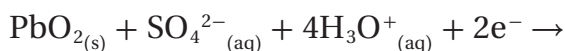
الشكل 4-42

67. حدّد كلاً من الفلز الذي تأكسد والكاثود في الشكل 4-42.

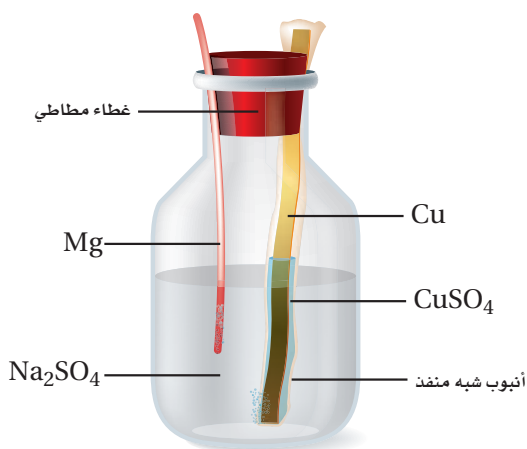
68. تملأ القنطرة الملحية بـ KNO_3 . فسر لماذا يُعد من الضروري أن تتحرك أيونات البوتاسيوم عبر القنطرة الملحية إلى الكاثود؟

69. أي جزء في خلية الخارصين والكربون الجافة يمثل الأنود؟ وما التفاعل الذي يحدث عنده؟

78. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل ترميز يمثل الخلايا القياسية الآتية:



ما جهد الخلية القياسي لخلية واحدة في بطارية السيارة؟

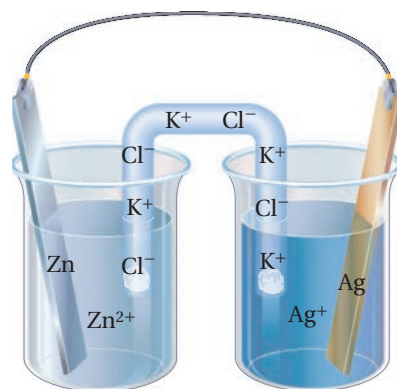


الشكل 4-44

82. التركيب في الشكل 4-44 يعمل عمل بطارية.

- حدّد التفاعل الذي يحدث عند قطعة النحاس.
- حدّد التفاعل الذي يحدث عند سلك الماغنسيوم.
- حدّد الأنود.
- حدّد الكاثود.
- احسب جهد الخلية القياسي لهذه البطارية.

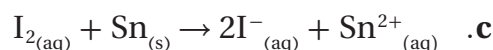
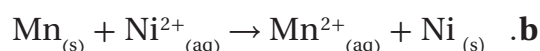
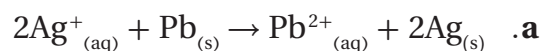
83. إذا قمت بتصميم بطارية تستعمل نصف خلية تتكون من Sn و Sn^{2+} ، ونصف خلية أخرى تتكون من Cu و Cu^{2+} ، مع العلم أن قطب النحاس هو الكاثود وقطب القصدير هو الأنود. فارس البطارية، ثم اكتب أنصاف التفاعل التي تحدث في كل نصف خلية. ما أكبر جهد يمكن أن تنتجه هذه الخلية؟



الشكل 4-43

79. يوضح الشكل 4-43 خلية جلفانية تتكون من قطعة خارصين في 1.0 M من محلول نترات الخارصين، وقطعة فضة في 1.0 M من محلول نترات الفضة. استعمل الشكل والجدول 4-7 في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- حدّد الأنود.
- حدّد الكاثود.
- أين تحدث الأكسدة؟
- أين يحدث الاختزال؟
- ما اتجاه مرور التيار خلال أسلاك التوصيل؟
- ما اتجاه مرور الأيونات الموجبة خلال القنطرة الملحية؟
- ما جهد الخلية عند 25°C و 1 atm؟ وهل التفاعل تلقائي أم غير تلقائي؟
- بالرجوع إلى الجدول 4-7، احسب جهد الخلية لكل من الخلايا الجلفانية الآتية:



4-3

إتقان المفاهيم

84. كيف يمكن عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي لخلية جلفانية؟

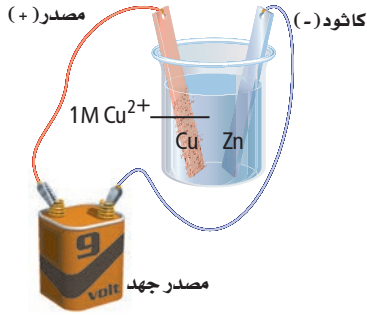
85. أين يحدث تفاعل الأكسدة في خلية التحليل الكهربائي؟

86. خلية داون ما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود في أثناء التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم؟

87. صناعة فسر لماذا يستعمل التحليل الكهربائي لماء البحر في جميع أرجاء العالم بكميات كبيرة؟

88. إعادة تدوير فسر كيف تحفظ عملية إعادة تدوير الألومنيوم الطاقة؟

89. صف ماذا يحدث عند الأنود والكاثود في التحليل الكهربائي لمحلول KI؟



الشكل 4-46

91. اعتماداً على الشكل 4-46، أجب عن الأسئلة الآتية:

- أي الأقطاب يزداد حجمه؟ اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.
- أي الأقطاب يقل حجمه؟ اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.

92. مستعيناً بالشكل 4-46، فسر ماذا يحدث لأيونات النحاس في المحلول؟

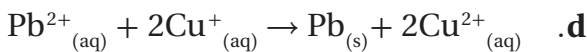
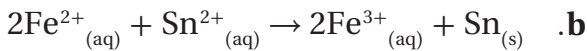
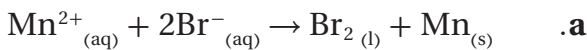
مراجعة عامة

93. لماذا تتدفق الإلكترونات من قطب إلى آخر في الخلية الجلفانية؟

94. إنتاج الألومنيوم ما المادة التي يتم تحليلها كهربائياً في العملية الصناعية لإنتاج فلز الألومنيوم؟

95. اكتب أنصاف تفاعل الأكسدة والاختزال للخلية الجلفانية فضة - كروم، وحدد الأنود والكاثود واتجاه تدفق الإلكترونات.

96. حدد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية تلقائية أو غير تلقائية:



الشكل 4-45

90. الطلاء بالكهرباء يوضح الشكل 4-45 مفتاحاً يُطلى كهربائياً بالنحاس في خلية تحليل كهربائي. فأين تحدث الأكسدة؟ فسر إجابتك.

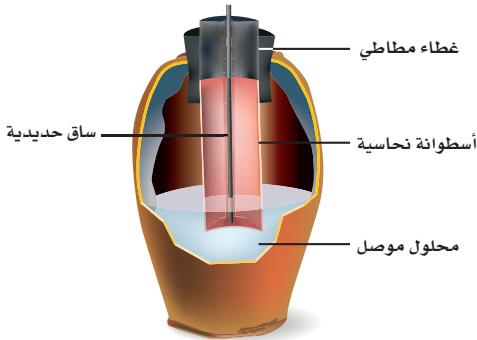
التفكير الناقد

104. التوقع. افترض أن العلماء قد اختاروا نصف خلية $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}_{(\text{IM})}$

على أنها خلية قياسية بدلاً من نصف الخلية $\text{H}_2 | \text{H}^+_{(\text{IM})}$ ، فما مقدار جهد قطب الهيدروجين إذا كان قطب النحاس هو القطب القياسي؟ وكيف يمكن أن تتغير العلاقات بين جهود الاختزال القياسية؟

105. طبق. افترض أن لديك خلية جلفانية يتكون أحد أنصافها من قطعة من القصدير مغموسة في محلول من أيونات القصدير II.

- كيف تعرف من قياس جهد الخلية إذا كانت شريحة القصدير تمثل الكاثود أو الأنود؟
- كيف تعرف عن طريق الملاحظة البسيطة ما إذا كانت شريحة القصدير تمثل الكاثود أو الأنود؟



الشكل 4-48

106. حلل تم اكتشاف وعاء فخاري سنة 1938م بالقرب من بغداد. وكان هذا الوعاء القديم يحتوي على ساق من الحديد محاط بأسطوانة من النحاس، كما في الشكل 4-48. وعند ملء هذا الوعاء بمحلول موصل كالخل فإنه قد يعمل عمل بطارية.

- حدّد الكاثود.
- حدّد الأنود.
- احسب جهد الخلية القياسي لهذه البطارية.

97. حدّد جهد الخلية المتكونة من كل نصف خلية مما يأتي مرتبطة مع نصف خلية $\text{Ag} | \text{Ag}^+$:

- $\text{Be}^{2+} | \text{Be}_{(\text{IM})}$.a
- $\text{S} | \text{S}^{2-}_{(\text{IM})}$.b
- $\text{Au}^+ | \text{Au}_{(\text{IM})}$.c
- $\text{I}_2 | \text{I}^{-}_{(\text{IM})}$.d

98. التآكل فسّر لماذا يعد وجود الماء ضرورياً لحدوث تآكل الحديد؟

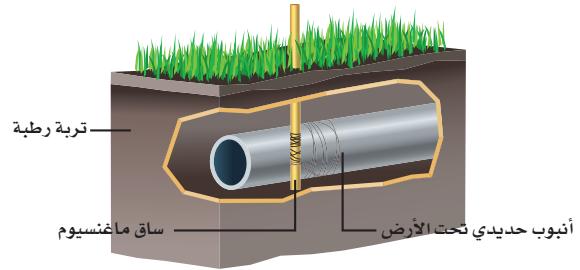
99. السفر عبر الفضاء تستخدم السفن الفضائية خلايا الوقود H_2 / O_2 في إنتاج الكهرباء.

- ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود والكاثود؟
- ما جهد الخلية القياسي لخلية الوقود؟

100. خلايا الوقود فسّر الاختلاف بين تأكسد الهيدروجين في خلية الوقود وتأكسده عند احتراقه في الهواء.

101. تنقية النحاس عند تنقية النحاس بالتحليل الكهربائي، ما العوامل التي تحدد أي قطعة نحاس هي الأنود، وأيهما الكاثود؟

102. بطاريات التخزين تسمى المراكم الرصاصية وغيرها من البطاريات التي يمكن إعادة شحنها أحياناً بطاريات التخزين، فما الذي يخزن في هذه البطاريات؟



الشكل 4-47

103. منع التآكل يوضح الشكل 4-47 كيف يتم حماية أنابيب الحديد المدفونة من التآكل؛ إذ توصل هذه الأنابيب بفلز أكثر نشاطاً يتآكل بدلاً من الحديد.

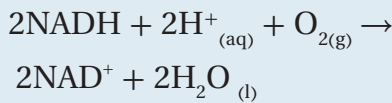
- حدّد الكاثود والأنود.
- فسّر كيف يعمل الماغنسيوم على حماية الأنابيب.

تقويم إضافي

110. **الكتابة في** **الكيمياء الفولاذ** ابحث عن دور تفاعلات الأكسدة والاختزال في صناعة الفولاذ، واكتب ملخصاً للنتائج التي حصلت عليها متضمناً المعادلات التي تمثل التفاعلات.

أسئلة المستندات

111. التفاعلات البيولوجية الكهروكيميائية: يتضمن الجدول 4-8 قائمة بجهود الاختزال القياسية لبعض التفاعلات الحيوية المهمة، ويعد الأكسجين أقوى العوامل المؤكسدة الموجودة في الأنظمة الحيوية. تأمل تأكسد مادة نيكوتين أميد - أدنين - ثنائي النيوكليوتيد (NADH) المختزلة بواسطة جزيء أكسجين، والذي يمكن تمثيله على النحو الآتي:



الجدول 4-8

E°	القطب
-0.4141	$2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$
-0.320	$\text{NAD}^+ + \text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NADH}$
+0.19	$\text{HOCCOCH}_3^* + 2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HOCCCHOHCH}_3^{**}$
+0.769	$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$
+0.8147	$\text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

* حمض البيروفيك (HOCCOCH_3)

** حمض اللاكتيك (HOCCCHOHCH_3)

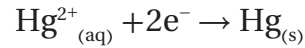
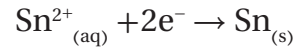
- a. اكتب نصفي التفاعل اللذين يحدثان في هذا التفاعل.
- b. احسب جهد الخلية لهذا التفاعل باستعمال الجدولين 4-7 و 4-8.
- c. هل يستطيع NAD^+ أكسدة Fe^{2+} إلى Fe^{3+} ؟ فسّر إجابتك.

107. طُبّق. تنتج خلية تحليل كهربائي أبخرة البروم وغاز الهيدروجين خلال عملية تحليل كهربائي. وقد تبين بعد انتهاء التحليل الكهربائي أن الخلية تحتوي على محلول مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم. ما محتويات الخلية قبل عملية التحليل الكهربائي؟

108. ضع فرضية. افترض أنه في إحدى عمليات الجلفنة تم طلاء الحديد بالنيحاس بدلاً من الخارصين، فهل يمكن للنيحاس أن يحمي الحديد من التآكل مثل الخارصين، حتى لو تصدعت طبقة النحاس؟ فسّر إجابتك.

مسألة تحفيز

109. تم تركيب بطارية باستعمال القصدير والزنك، وكانت أنصاف تفاعلات الاختزال فيها على النحو الآتي:



- a. اكتب معادلة موزونة لتفاعل الخلية.
- b. ما الذي تأكسد؟ وما الذي اختزل؟ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.
- c. ما التفاعل الذي يحدث عند كل من الأنود والكاثود؟
- d. ما جهد الخلية؟ استخدم الجدول 4-7.
- e. إذا كانت القنطرة الملحية تحتوي على محلول كبريتات الصوديوم، ففي أي اتجاه تتحرك أيونات الكبريتات؟

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.

جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف الخلايا عند 25°C و 1M	
الاسم	E° (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. أي الأيونات الآتية أسهل اختزالاً؟

- a. Mg^{2+} b. Hg^{2+}
c. Ag^+ d. Al^{3+}

2. اعتماداً على جهود الاختزال القياسية الموضحة في الجدول،

أي رمز للخلية يمثل خليته الجلفانية بصورة صحيحة؟

- a. $Ag|Ag^+ || Al^{3+}|Al$
b. $Mg|Mg^{2+} || H^+|H_2$
c. $H_2|H^+ || Pb^{2+}|Pb$
d. $Pb|Pb^{2+} || Al^{3+}|Al$

3. خلية جلفانية تتكون من ساق من الماغنسيوم مغموس

في محلول أيونات Mg^{2+} تركيزه 1M، وساق من الفضة

مغموس في محلول أيونات Ag^+ تركيزه 1M. ما الجهد

القياسي لهذه الخلية؟

- a. 1.572 v b. 3.172 v
c. 0.773 v d. 3.971 v

4. لو افترضنا توافر الشروط القياسية، فأأي الخلايا الآتية

تعطي جهداً مقداره 2.513 V؟

- a. $Al|Al^{3+} || Hg^{2+}|Hg$
b. $Hg^{2+}|Hg || H_2|H^+$
c. $Mg|Mg^{2+} || Al^{3+}|Al$
d. $Pb|Pb^{2+} || Ag|Ag^+$

5. أي العبارات الآتية المتعلقة بالبطاريات غير صحيحة؟

- a. البطاريات نماذج مضغوطة من الخلايا الجلفانية.
b. البطاريات الثانوية من بطاريات التخزين.
c. يمكن أن تتكون البطاريات من خلية واحدة.
d. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطاريات التي يمكن إعادة شحنها تفاعل معكوس.

6. ما الذي تتوقع حدوثه إذا غمرت شريحة من الفضة في

محلول مائي يحتوي أيونات Cu^{2+} ؟

- a. عدم حدوث تفاعل
b. تأكسد الفضة
c. يترسب النحاس على شريحة الفضة
d. اختزال أيونات النحاس

7. ما المادة التي تتكون على المهبط عند التحليل الكهربائي

لمحلول مائي من NaCl؟

- a. اليود
b. الأكسجين
c. الهيدروجين
d. البوتاسيوم

8. ما الذي يحدث عند وضع قطعة من الخارصين Zn في

محلول 1.0 M $Cu(NO_3)_2$ ؟

- a. يقل $[Cu^{2+}]$ b. يقل $[Zn^{2+}]$
c. يزداد $[NO_3^-]$ d. لا يحدث تغير

اختبار مقنن

15. تم امرار تيار كهربائي في محلول كلوريد الحديد III . فإذا ما توفرت لديك المعلومات التالية في الجدول المرافق، اجب عن الأسئلة التي تليه:

جهد اختزال الكلور = + 1,36 V	جهد اختزال الحديد II = -0,44 V
جهد التأكسد للماء = - 1,23 V	جهد اختزال الماء = - 0,83 V

- اكتب معادلات التفاعل المتوقع حدوثها عند كل قطب؟
- ما هو الناتج الفعلي عند كل قطب؟
- ما العملية التي تحدث عند كل قطب؟ وما إشارته؟
- اكتب معادلة التفاعل الكلية؟
- احسب جهد الخلية الكلي (E)؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

16. فسر. لماذا يتم كتابة أيون الهيدروجين على الصورة H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال بدلاً من كتابة الجزيء بشكل كامل.

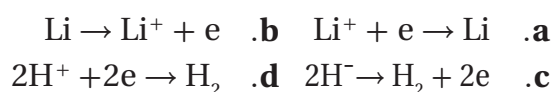
17. صف ما يحدث للإلكترونات في كل نصف تفاعل من عملية الأكسدة والاختزال.

18. ضع فرضية لما كان جهد نصف الخلية يتغير بتغير تركيز المتفاعلات والنواتج فإن الجهود القياسية تقاس عند تركيز 1M. كما أن الحفاظ على ضغط 1atm له أهمية خاصة في أنصاف الخلايا التي تحتوي على غازات بوصفها متفاعلات أو نواتج. فلماذا يعد ضغط الغاز نقطة حرجية في هذه الخلايا؟

9. عند التحليل الكهربائي لمحلول NaI تركيزه 1mol /L باستخدام أقطاب بلاتين، فإن نواتج التحليل هي :



10. إذا تم تحليل مصهور هيدريد الليثيوم LiH كهربائياً باستخدام أقطاب بلاتين، فإن تفاعل المصعد هو :



11. العبارة التي تتفق و خلية التحليل الكهربائي :

- شحنة المهبط موجبة
- يحدث الاختزال عند المصعد
- التفاعل الكلي تلقائي
- جهد الخلية (E°) له قيمة سالبة

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة من 12 إلى 14.



- حدد القطب الموجب والقطب السالب في هذا الجهاز.
- اكتب نصف تفاعل الأكسدة.
- اشرح وظيفة القنطرة الملحية في هذا الجهاز.

الهيدروكربونات Hydrocarbons

5

النفط

رقم الوحدة: 11AC.5

الفكرة (النامة) الهيدروكربونات هي مركبات عضوية، تختلف خصائصها باختلاف التركيب الكيميائي.

5-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات Introduction to Hydrocarbons

الفكرة الرئيسية الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط، وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

5-2 الألكانات والألكينات Alkanes and Alkenes

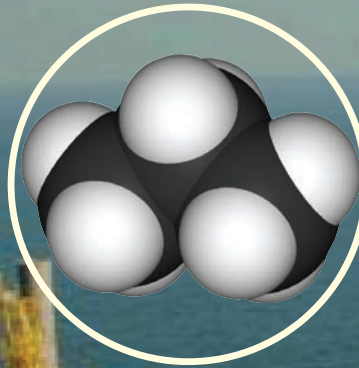
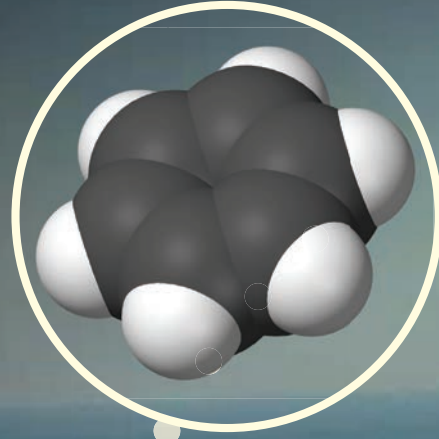
الفكرة الرئيسية الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية. والألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة تساهمية ثنائية واحدة بين ذرات الكربون.

5-3 متشكلات الهيدروكربونات Hydrocarbon Isomers

الفكرة الرئيسية لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في الصيغة البنائية مما يؤدي إلى اختلاف خصائصها.

5-4 النفط Petroleum

الفكرة الرئيسية يتم فصل مكونات النفط بطرائق فيزيائية وكيميائية حتى تكون صالحة للاستعمالات المتعددة في الصناعة، ويعد المصدر الرئيس للهيدروكربونات.



يقع حقل الشاهين البحري حوالي 80 كيلومتراً عن ساحل قطر الشمالي في الجزء الأوسط من الخليج العربي، وحقل الشاهين من أكبر حقول النفط في العالم بقدرة إنتاج تقارب ثلاثمئة ألف برميل يومياً أي ما يعادل 40% من إنتاج قطر للنفط.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركب العضوي

تهدف هذه التجربة إلى إثبات وجود كل من الكربون والهيدروجين في المركب العضوي.

خطوات العمل

1. ركب الجهاز كما هو موضح في الشكل. استخدم أنبوب اختبار خاص بالتسخين (Pyrex)، لأنه سيتعرض إلى درجة حرارة عالية.



2. اخلط كمية مناسبة من أكسيد النحاس II (CuO)، والمركب العضوي (سكر) في الجزء السفلي من أنبوب التسخين.
3. ثبت أنبوب التسخين أفقيًا بالحامل.
4. ضع ملعقة من كبريتات النحاس الالامائية البيضاء في وسط أنبوب آخر متصل مع أنبوب التسخين.
5. صل هذا الأنبوب مع دورق يحتوي ماء الجير Ca(OH)_2 .
6. ابدأ بتسخين مزيج المركب العضوي وأكسيد النحاس II (CuO).
7. سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

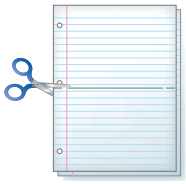
1. فسر تحول لون كبريتات النحاس الالامائية من اللون الأبيض إلى اللون الأزرق.
 2. فسر لماذا يتعكر ماء الجير؟
 3. اكتب معادلات كيميائية توضح تفسيرك في 1، و 2.
- استقصاء** ابحث عن أهم خصائص المركبات العضوية.

المركبات الهيدروكربونية

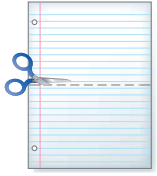
اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونية باتباع الخطوات الآتية:

المطويات

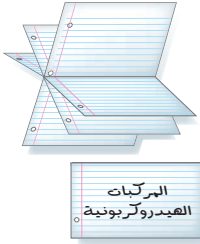
منظمات الأفكار



الخطوة 1 اثن ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معًا، واقطع خط الشئ بطول 3 cm.



الخطوة 2 أمسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط الشئ، واترك آخر 3 cm دون قطع.



الخطوة 3 أدخل أول ورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سجل من 12 صفحة، وعنونه بـ "المركبات الهيدروكربونية".

استعمل هذه المطوية مع الدروس

1-5، 2-5، 3-5 من هذه الوحدة. وبعد قراءة هذه الدروس سجل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميزة، وأمثلة من واقع الحياة.

لتنفيذ التجربة الاستهلاكية ارجع إلى كراسة التجارب العملية.

تجربة استهلاكية

مقدمة إلى الهيدروكربونات

Introduction to Hydrocarbons

معايير الأداء الرئيسية

24.1

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.8

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يذكر المقصود بكل من المركب العضوي، والكيمياء العضوية.
- يعدد العوامل التي تؤثر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية.
- يعرف بالمركبات الهيدروكربونية.
- يمثل جزيئات الهيدروكربونات بنماذج مختلفة.

مراجعة المفردات

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك (IUPAC)؛ منظمة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير لبعض المجالات مثل التسمية الكيميائية، والمصطلحات، والطرائق المعيارية.

المفردات الجديدة

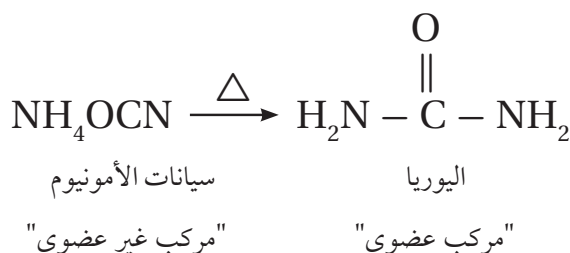
- الكيمياء العضوية
- Organic chemistry

الفكرة الرئيسية الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون والهيدروجين وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

الربط مع الحياة عندما تتركب سيارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

مركبات الكربون Carbon compounds

من الممكن تعريف الكيمياء العضوية **Organic chemistry** ببساطة بأنها كيمياء مركبات الكربون. وكلمة عضوية ناشئة من اعتقاد قديم أن المركبات العضوية يمكن الحصول عليها فقط من مصادر نباتية وحيوانية، أي أنها تستمد من الكائنات الحية، وكان يعتقد أيضًا بأنه لا بد من وجود ما يسمى بالقوة الحية، والتي توجد في أجسام الكائنات الحية سواء كانت نباتية أو حيوانية، لتصنيع المركبات العضوية. وبقي هذا الاعتقاد سائدًا حتى تمكن العالم فريدريك فوهلر Friedrich Wohler عام 1828م من الحصول على مادة اليوريا (وهي مادة عضوية) من مواد غير عضوية، وذلك بتسخين سيانات الأمونيوم، كما في المعادلة التالية:



وبعد تلك التجربة أصبح واضحًا، أنه يمكن الحصول على المركبات العضوية من مصادر غير حية، كما أنه يمكن تصنيعها في المختبر.

وغالبًا ما تشير الكيمياء العضوية إلى أي جزيء يحتوي على الكربون على أنه مركب عضوي، إلا أن هذا ليس صحيحًا تمامًا، حيث توجد أيضًا مواد تحتوي على الكربون، ولكنها لا تعد من المواد العضوية حيث أن الفصل بين العضوي وغير العضوي يعتمد على علاقة المركب "بالكائنات الحية" واحتوائه على الكربون والهيدروجين، وتميزه بالخصائص المشتركة للمركبات العضوية مثل الرائحة وقابلية الاشتعال والتشكل والقابلية للبلورة. ويتم اعتبار العديد من المركبات التي تحتوي على الكربون على أنها غير عضوية مثل، أول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد الكربون CO₂ والكربونات CO₃²⁻ والسيانيدات CN⁻ والسيانات OCN⁻ والكرييدات C⁴⁻ والثيوسيانات SCN⁻.

إن عدد المركبات العضوية المعروفة حتى الآن يزيد على ثلاثة ملايين مركب عضوي، وهذا

مواد لاصقة



سجاد



مواد تجميل



مبيدات حشرية



دهانات



إطارات



ملابس



عبوات بلاستيكية

الشكل 1-5 الكثير من المنتجات

الاستهلاكية - ومنها الأواني البلاستيكية والألياف المستعملة في صناعة الحبال والملابس، والزيوت والشموع التي تستعمل في مستحضرات التجميل - مصنوعة من البترول والغاز الطبيعي.

فَسِّرْ أهمية المركبات العضوية كمكونات أساسية للحيوان والنبات.

العدد يفوق بمرات كثيرة عدد المركبات غير العضوية. كما ان الآلاف من المركبات العضوية الجديدة يكتشف كل عام، ويرجع السبب في ذلك ان تلك المركبات تتكون بشكل رئيس من عنصر الكربون والذي له القدرة على عمل أربع روابط تساهمية مع نفسه أو مع غيره من العناصر. ودراسة الكيمياء العضوية مهمة جداً في الكثير من المجالات التي تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر في حياة الانسان، فهي تتناول المكونات الأساسية للحيوان والنبات، كالبروتينات والكربوهيدرات والفيتامينات والمواد الدهنية والأنزيمات والهرمونات وغيرها، كما ان المركبات العضوية مهمة جداً في صناعة الملابس التي نلبسها والوقود الذي نستعمله في المصانع، ولتشغيل السيارات والطائرات والسفن، كما تدخل الكيمياء العضوية في صناعة الأدوية والعقاقير، وتدخل في صناعة الورق والمطاط والبلاستيك، والمبيدات الحشرية والاسمدة والمتفجرات وغيرها. انظر الشكل 1-5 للاطلاع على بعض استخدامات المركبات العضوية.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد** أبرز استخدامات المركبات العضوية في حياتنا اليومية.

ويعتبر البترول والغاز الطبيعي والفحم من أهم المصادر التي نحصل من خلالها على الكثير من المركبات العضوية. ولتسهيل عملية دراسة واستيعاب هذا العدد الكبير من المركبات العضوية فقد قسمت تلك المركبات إلى عدد من المجموعات التي تشابه في الخواص الفيزيائية والكيميائية، وقد بني هذا التقسيم على اساس المجموعات الوظيفية. والمجموعة الوظيفية **Functional group** هي الجزء الفعّال في المركب العضوي، الذي تجري عليه معظم التفاعلات الكيميائية، ويحدد الكثير من الخواص الفيزيائية للمركب.

المفردات الجديدة

• المجموعة الوظيفية

• Functional group

وتعتمد الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية على عاملين هما: عدد وترتيب ذرات الكربون في الجزيء، والمجموعات الوظيفية في الجزيء.

عدد وترتيب ذرات الكربون في الجزيء The number and arrangement of carbon atoms in the molecule

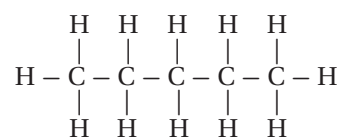
تحدد معظم الخصائص الفيزيائية الهامة بعدد ذرات الكربون في الجزيء؛ فكلما زاد عدد ذرات الكربون، زادت قوى التجاذب بين الجزيئات، وبالتالي تزداد درجات الانصهار والغليان واللزوجة.

يستطيع الكربون تكوين سلاسل مستقيمة أو متفرعة، ويمكن أيضاً ترتيب ذرات الكربون على شكل حلقات تعرف بالمركبات الحلقية، انظر الشكل 5-2.

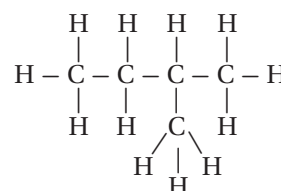
المجموعات الوظيفية في الجزيء The functional groups in the molecule

المجموعة الوظيفية The functional group هي أي ذرة محددة أو مجموعة من الذرات التي تكسب الجزيء بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية. ويوضح الجدول 5-1 بعض أهم المجموعات الوظيفية الموجودة في المركبات العضوية.

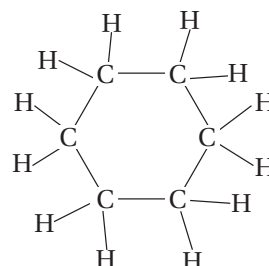
ماذا قرأت؟ حدد العلاقة بين عدد ذرات الكربون في المركب العضوي ودرجات انصهاره وغليانه. فسر إجابتك.



سلسلة كربونية مستقيمة



سلسلة كربونية متفرعة

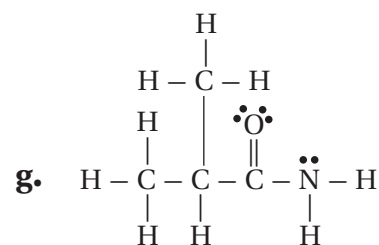
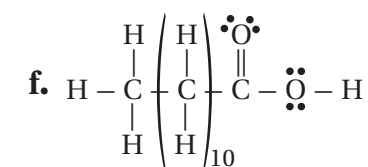
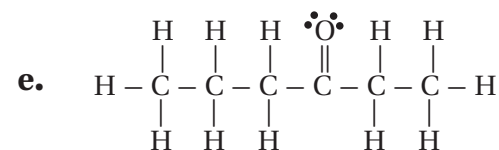
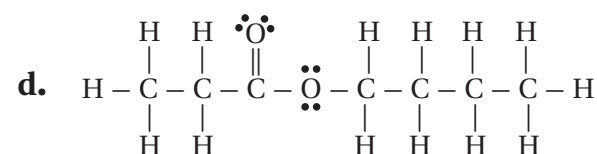
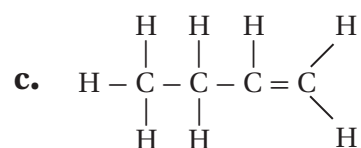
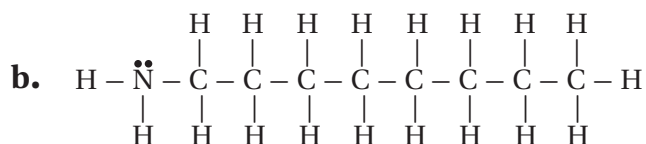
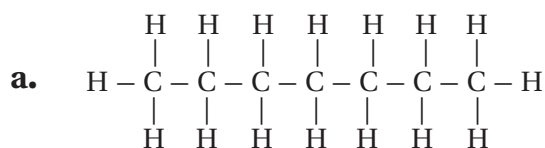


سلسلة كربونية حلقية

الشكل 5-2 أشكال السلاسل الكربونية.

المجموعات الوظيفية الشائعة			الجدول 5-1
المثال	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	نوع المركب العضوي
CH_3I	$\text{R}-\text{X}$	$-\text{X}(\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$	هاليد ألكيل
CH_3OH	$\text{R}-\text{OH}$	$-\text{OH}$	كحول
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	$\text{R}-\text{O}-\text{R}'$	$-\text{O}-$	إيثر
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	ألدهيد
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	كيتون
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{O}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	حمض كربوكسيلي
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OCH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	إستر
CH_3NH_2	$\text{R}-\text{NH}_2$	$-\text{NH}_2$	أمين

1. حدد المجموعة الوظيفية في كل من المركبات الآتية، واذكر اسمها.



الهيدروكربونات Hydrocarbons

درست سابقاً أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في الشكل 3-5. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربون $1s^2 2s^2 2p^2$ أنه يشارك دائماً بالإلكتروناته، ويكون أربع روابط تساهمية. في المركبات العضوية تتحد ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين، أو ذرات عناصر أخرى تقع قريبة من الكربون في الجدول الدوري، وخصوصاً النيتروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والهالوجينات.

تُعد الهيدروكربونات **Hydrocarbons** التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط أبسط المركبات العضوية، انظر تصنيف المركبات العضوية في الشكل 4-5. تُرى ما عدد المركبات المختلفة التي يمكن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عدداً قليلاً

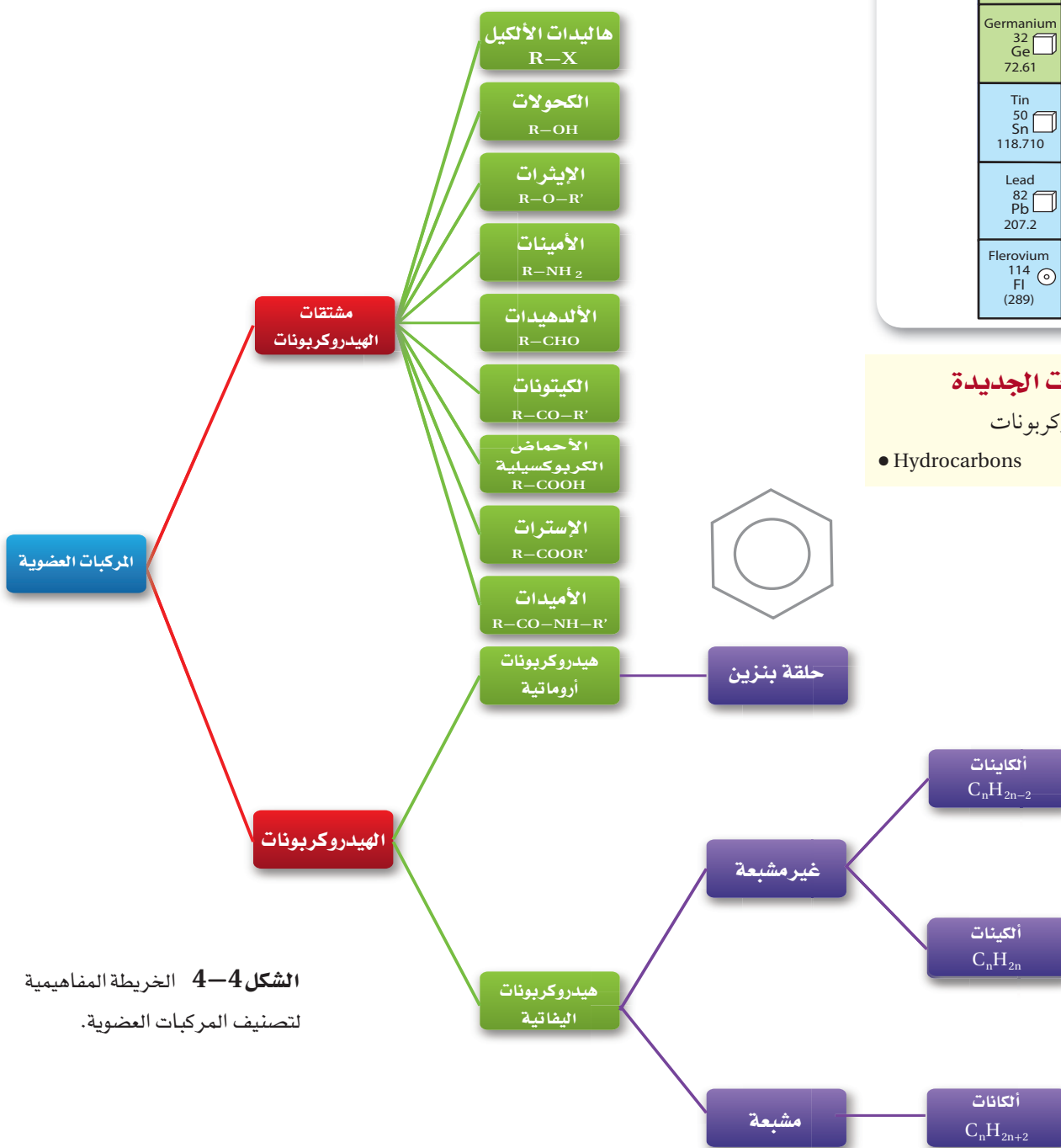
الشكل 3-5 يقع الكربون في المجموعة 14 من الجدول الدوري، ويستطيع أن يكون أربع روابط تساهمية لتشكيل ملايين من المركبات المختلفة.

Carbon 6 C 12.011
Silicon 14 Si 28.086
Germanium 32 Ge 72.61
Tin 50 Sn 118.710
Lead 82 Pb 207.2
Flerovium 114 Fl (289)

المضردات الجديدة

• الهيدروكربونات

• Hydrocarbons

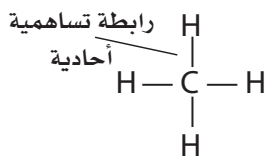


الشكل 4-4 الخريطة المفاهيمية لتصنيف المركبات العضوية.

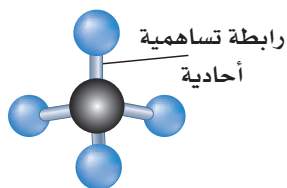
نماذج جزيء الميثان



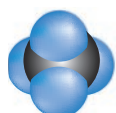
الصيغة الجزيئية



الصيغة البنائية



نموذج الكرة والعصا



النموذج الفراغي

الشكل 5-6 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH_4).

الشكل 5-5 الميثان - أبسط

هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

حدد بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصر الأخرى التي تتحد بسهولة مع الكربون.



محتملاً يمكن تكوّنه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط. ويعد جزيء غاز الميثان CH_4 أبسط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين الشكل 5-5.

✓ **ماذا قرأت؟** اذكر استخدامين للميثان أو للغاز الطبيعي في بيتك أو مجتمعك.

النماذج والهيدروكربونات Models and hydrocarbons يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. ويبين الشكل 5-6 أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشارك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في الشكل 5-6، في حين تُظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معاً بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

الروابط المضاعفة بين ذرات الكربون Multiple carbon - carbon bonds

bonds ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضاً بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في الشكل 5-7.

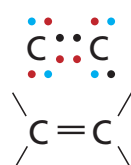
الشكل 5-7 تستطيع ذرة الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية التالية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

ثلاثة أزواج مشتركة



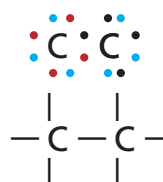
رابطة تساهمية ثلاثية

زوجان مشتركان



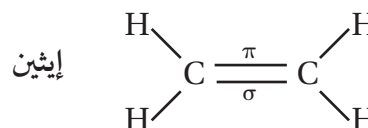
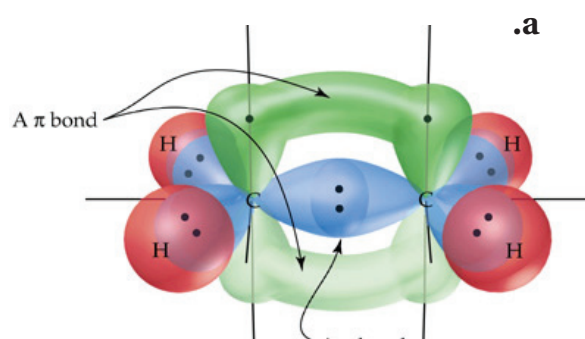
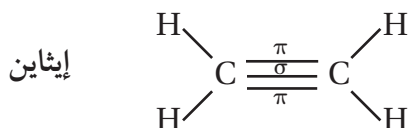
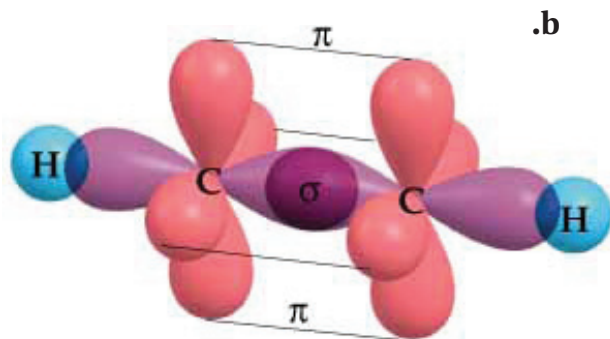
رابطة تساهمية ثنائية

زوج مشترك واحد



رابطة تساهمية أحادية

●+● إلكترونات ذرة الكربون
● إلكترون من ذرة أخرى



الشكل 5-8 روابط σ ، و π في الهيدروكربونات غير المشبعة.

المفردات الجديدة

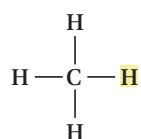
- الهيدروكربون المشبع
- Saturated hydrocarbon
- الهيدروكربون غير المشبع
- Unsaturated hydrocarbon

وقبل أن يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من فهم الروابط والبناء الكيميائي للمواد العضوية، قاموا بإجراء اختبارات على الهيدروكربونات الناتجة عن تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، وصنّفوا هذه الهيدروكربونات بناءً على اختبار كيميائي يُخلط فيه الهيدروكربون بالبروم، ثم يُقاس مقدار البروم الذي تفاعل مع الهيدروكربون. فقد تفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا يتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم اسم الهيدروكربونات غير المشبعة متأثرين بمفهوم أن المحلول المائي غير المشبع قادر على إذابة المزيد من المذاب. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فسمّيت بالهيدروكربونات المشبعة. يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عاماً مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط بالهيدروكربون المشبع **Saturated hydrocarbon**. أما الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل فيُعرف بالهيدروكربون غير المشبع **Unsaturated hydrocarbon**. تتضمن الرابطة الثنائية بين ذرات الكربون رابطة قوية تسمى سيجما (σ)، وأخرى ضعيفة تسمى باي (π)، الشكل 5-8a. أما الرابطة الثلاثية فتتكون من رابطة واحدة قوية من نوع سيجما، ورابطتين ضعيفتين من نوع باي، الشكل 5-8b.

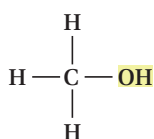
✓ ماذا قرأت؟ فسّر ما أصل مصطلحي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة؟

تسمية المركبات العضوية Naming organic compounds

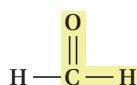
يقوم بتسمية المركبات العضوية لجنة خاصة من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية International Union of Pure and Applied Chemistry والذي يعرف اختصاراً بالرمز IUPAC). وكان من الطبيعي أن تبدأ هذه اللجنة بتسمية المركبات



الميثان



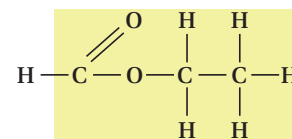
ميثانول



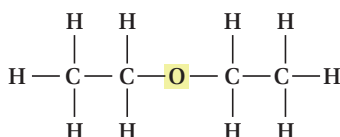
ميثانال



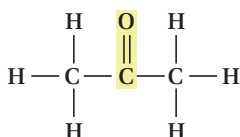
حمض الميثانويك



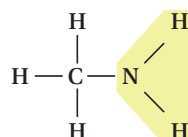
ميثانوات الإيثيل



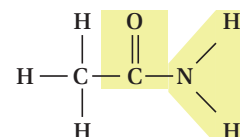
ثنائي إيثيل إيثر



بروبانون



ميثيل أمين



إيثان أميد (أسيتاميد)

العضوية في الاتحاد الدولي بوضع قواعد تسمية للهيدروكربونات المشبعة (الألكانات) (Saturated hydrocarbons) لأن ملايين المركبات العضوية الأخرى ليست سوى مشتقات منها، لذلك ستعرف بشكل مبدئي على أسماء هذه المركبات، لأن فهم هذه الأسماء بعمق سيسهل فهم طرائق تسمية مركبات عضوية أخرى مشتقة من الألكانات. وتعتمد التسمية على استخدام مقطع أولي (بادئة) يحدد عدد ذرات الكربون، ومقطع ثان (نهاية) يدل على اسم الفئة التي ينتمي إليها المركب. وتجد في الجدول 5-2 قائمة بأسماء بعض المركبات العضوية المختلفة حسب النظام الدولي IUPAC.

التقويم 5-1

الخلاصة

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المجموعة الوظيفية هي الجزء الفعّال في المركب العضوي، ويحدد الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركب.
- تعتمد الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية على: عدد وترتيب ذرات الكربون في الجزيء، والمجموعات الوظيفية في الجزيء.

2. **الفكرة الرئيسية** اذكر ثلاثة استخدامات للهيدروكربونات؟
3. اكتب اسم مركب عضوي، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
4. حدّد المعلومات التي تركّز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
5. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
6. ما الذي يشير إليه الاختصار IUPAC.
7. حدد المقصود بالمجموعة الوظيفية في المركب العضوي.
8. ما سبب تعدد المركبات العضوية؟
9. وضح ما الخصائص المميزة لعنصر الكربون؟
10. وضح كيف تميز بين المركب المشبع، وغير المشبع؟

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يسم الألكانات والألكينات بطريقة النظام الدولي IUPAC من خلال تفحص الصيغ البنائية لها.

• يكتب الصيغ البنائية للألكانات والألكينات من خلال تفحص أسائها العلمية.

• يحدد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكانات والألكينات.

• يميز عمليًا بين الألكانات (هيدروكربونات مشبعة)، والألكينات (هيدروكربونات غير مشبعة).

الصيغة الجزيئية الصيغة التي تمثل العدد الفعلي لذرات العناصر الموجودة في جزيء المركب.

الألكانات والألكينات Alkanes and Alkenes

الفكرة الرئيسية الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية. والألكينات

هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة تساهمية ثنائية واحدة بين ذرات الكربون.

الربط مع الحياة هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت أحد مركبات الألكانات. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخدامًا، وكلاهما من الألكانات. بينما تُنتج النباتات الإيثان في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعرض للإيثان حتى تنضج.

الألكانات ذات السلاسل المستقيمة

Straight-chain alkanes

يُعد الميثان أصغر مركب في سلسلة الهيدروكربونات المعروفة بالألكانات. ويتخذ وقودًا في المنازل ومختبرات العلوم، وهو ينتج عن الكثير من العمليات الحيوية. وتحتوي **الألكانات Alkanes**، وهي هيدروكربونات، على روابط أحادية فقط بين الذرات. انظر إلى النماذج البنائية للميثان التي درستها سابقًا. وبيّن الجدول 3-5 النماذج البنائية للإيثان C_2H_6 المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معًا برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون.

ويتكون المركب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثمان ذرات هيدروجين، مما يعطيه الصيغة الجزيئية C_3H_8 . أما مركب البيوتان فيتكون من أربع ذرات كربون وصيغته C_4H_{10} . قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان، والبروبان، والبيوتان، المبينة في الجدول 3-5.

الجدول 3-5	الألكانات البسيطة		
الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	نموذج الكرة والعصا	النموذج الفراغي
الإيثان (C_2H_6)	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$		
البروبان (C_3H_8)	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$		
البيوتان (C_4H_{10})	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array}$		

يُباع البروبان - والمعروف أيضاً بغاز (البروبان المُسال) Liquefied Propan (LP) - في صورة وقود للطهي والتسخين. ويستخدم البيوتان في القداحات الصغيرة (الولاعات)، وفي بعض المشاعل، كما يستخدم أيضاً في تصنيع المطاط الصناعي.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المستقيمة Naming straight chain alkanes

لقد لاحظت على الأغلب أن أسماء الألكانات تنتهي بـ "المقطع" "ان"، وأن الألكانات التي تحوي خمس ذرات كربون أو أكثر تبدأ أسماءها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبنتان مثلاً له خمس ذرات كربون، تماماً كالشكل الخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المجسّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبل معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر الجدول 4-5 أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

ويبين الجدول 4-5 أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عما هي عليه في الجدول 3-5. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ **الصيغ المكثفة Condensed formulas**، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي الجدول 4-5 حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة. وتستطيع أيضاً ملاحظة أن CH_2 هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة CH_2 واحدة. وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة CH_2 بين قوسين $(\text{CH}_2)_n$ يتبعها رقم سفلي يمثل عدد هذه الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان، والنونان، والديكان.

المفردات الجديدة

• الصيغ المكثفة

• Condensed formulas

أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة			الجدول 4-5
الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة الجزيئية	عدد ذرات الكربون	الاسم
CH_4	CH_4	1	<u>ميثان</u>
CH_3CH_3	C_2H_6	2	<u>إيثان</u>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_3H_8	3	<u>بروبان</u>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_4H_{10}	4	<u>بيوتان</u>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_5H_{12}	5	<u>بنتان</u>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_6H_{14}	6	<u>هكسان</u>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_7H_{16}	7	<u>هبتان</u>
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	C_8H_{18}	8	<u>أوكتان</u>
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	C_9H_{20}	9	<u>نونان</u>
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	10	<u>ديكان</u>

المفردات

أصل الكلمة

Homologous مُتماثل

جاءت من الكلمة الإغريقية (homologos) وتعني مُتَّفِقٌ..

المفردات الجديدة

• السلسلة المُتماثلة

• Homologous chain

• السلسلة الرئيسة Main chain

وتُسمى سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة **السلسلة المتماثلة Homologous chain**. وهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو التالي C_nH_{2n+2} ؛ حيث n عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$ أو C_7H_{16} .

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في صيغته الجزيئية.

الألكانات ذات السلاسل المتفرعة

Branched chain alkanes

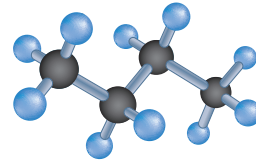
تُسمى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معاً بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في الشكل 9-5، فإذا عدت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كليهما لها الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_{10} ، فهل هما المادة نفسها؟

فإذا اعتقدت أن الصيغتين البنائيتين تمثلان مادتين مختلفتين فأنت على صواب. إذ تمثل الصيغة البنائية في الجانب السفلي البيوتان، في حين يمثل البناء في الجانب العلوي ألكاناً متفرعاً يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تماماً. وتستطيع أن تربط ذرة الكربون مع ذرة أو ذرتين أو ثلاث أو حتى أربع ذرات كربون أخرى، مما ينجم عن هذه الخاصية وجود مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

لقد عرفت سابقاً أن البيوتان يُستخدم في القداحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئياً فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في الشكل 9-5. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلاً من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

✓ **ماذا قرأت؟** صف الفرق بين الصيغة البنائية لكل من البيوتان والأيزوبيوتان.

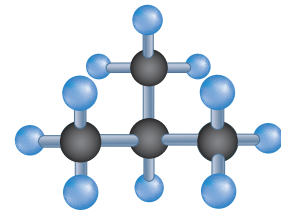
مجموعات الألكيل Alkyl groups لقد رأيت أن الألكانات المتفرعة والمستقيمة لها الصيغة الجزيئية نفسها. ويطلق على أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) عند تسمية الألكانات المتفرعة **السلسلة الرئيسة Main chain**. وتُسمى كل التفرعات الجانبية المجموعات البديلة؛ لأنها تظهر كأنها بديلة لذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة (غير المتفرعة). ويُنسب اسم المجموعة البديلة المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسة، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون



بيوتان (سلسلة مستقيمة)
الصيغة الجزيئية: C_4H_{10}



بيوتان



أيزوبيوتان (سلسلة متفرعة)
الصيغة الجزيئية: C_4H_{10}



أيزوبيوتان

الشكل 9-5 تستخدم البيوتان وقوداً في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم في منتجات مثل جل الحلاقة.

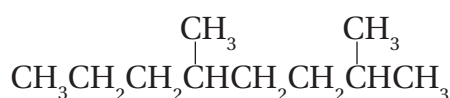
مجموعات الألكيل المشتقة من الألكانات البسيطة				الجدول 5-5
الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المكثفة	CH_3-	CH_3CH_2-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$
الصيغة البنائية	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$

نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين الجدول 5-5 بعض مجموعات الألكيل.

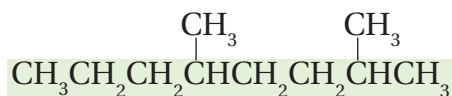
تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة Naming branched chain alkanes

استخدم الكيميائيون القواعد النظامية التالية المتفق عليها من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك، (IUPAC) في تسمية مركبات الكيمياء العضوية. وتوضح هذه الحقيقة مبدأً أساسيًا في الكيمياء العضوية "يحدد طبيعة الجزيء العضوي من خلال تنظيم الذرات وترتيبها في الجزيء العضوي هويته". لذا يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

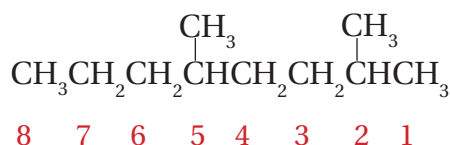
مثال: اكتب اسم الألكان التالي:



الخطوة 1. حدد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة، مستخدمًا اسم الألكان الذي يحتوي على هذا العدد من ذرات الكربون على أنه اسم للسلسلة الرئيسة في الصيغة البنائية.



الخطوة 2. رُقم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة، مبتدئًا الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقع جميع المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.



المفردات

أصل الكلمة

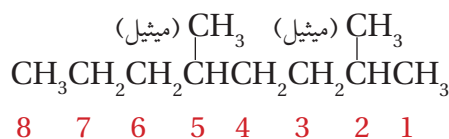
المفردات الأكاديمية

البديل (Substitute)

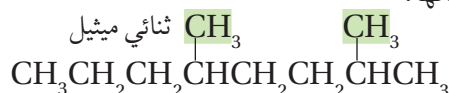
هو الشخص أو الشيء الذي يحل محل غيره.

مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

الخطوة 3. سم كل مجموعة الألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسة.



الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها تفرعاً عن السلسلة الرئيسة فاستخدم المقاطع الأولية (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.



الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسة نفسها ضع أسماؤها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تؤخذ المقاطع (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي. انظر المثال 1-5.

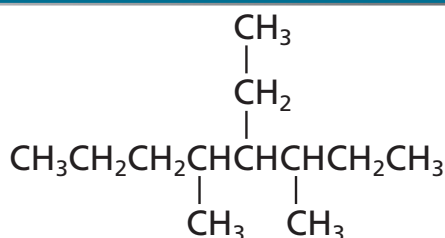
الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، مُستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل لفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغاً بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسة.



مثال 1-5

تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سم الألكان المبيّن في الشكل أدناه.



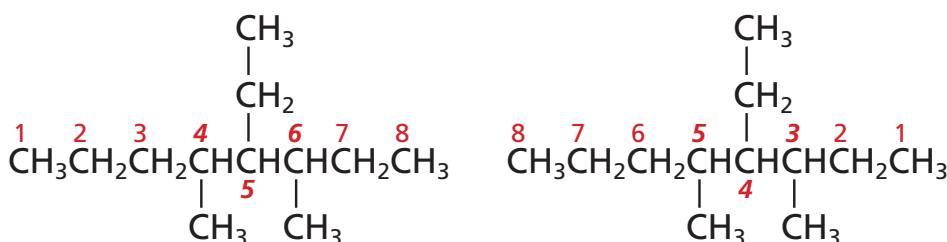
1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. اتبع قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتحديد اسم السلسلة الرئيسة وأسماء التفرعات ومواقعها في الشكل المعطى.

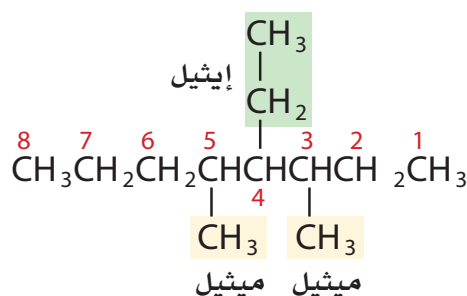
2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

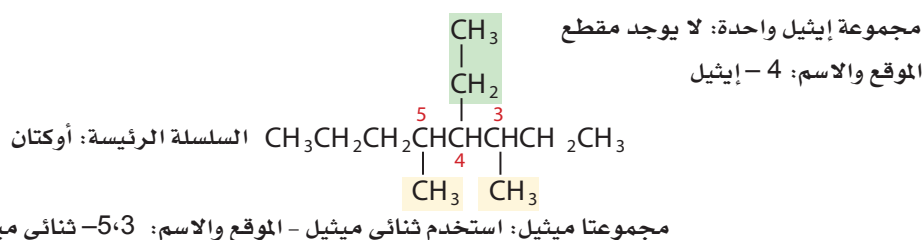
الخطوة 2. رقم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة. ورقم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو موضح أدناه مبتدئاً من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و 6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و 5. ولأن أرقام المواقع 3 و 4 و 5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



الخطوة 3. عيّن مجموعات الألكيل المتفرعة عن السلسلة الرئيسة وسمّها. هناك مجموعتان ميثيل - موجودتان على الموقعين 3 و 5، ومجموعة إيثيل على الموقع 4.



الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها فرعاً على السلسلة الرئيسة فاستخدم المقاطع (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، وابتحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وأحص عددها. ثم حدّد المقطع التي تُظهر عدد المرات التي تظهر فيها كل مجموعة واستخدمها. وسوف تضاف في هذا المثال المقطع "ثنائي" إلى الاسم ميثيل؛ لأن هناك مجموعتي ميثيل. ولا يتطلب ذلك إضافة أي بادئة إلى مجموعة الإيثيل الوحيدة. بيّن الآن موقع كل مجموعة باستخدام الرقم المناسب.



الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الرئيسة ضع أسماءها حسب الترتيب الهجائي، وضع أسماء تفرعات الألكيل حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية مع تجاهل المقاطع؛ حيث يضع الترتيب الهجائي الاسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل (E قبل M).

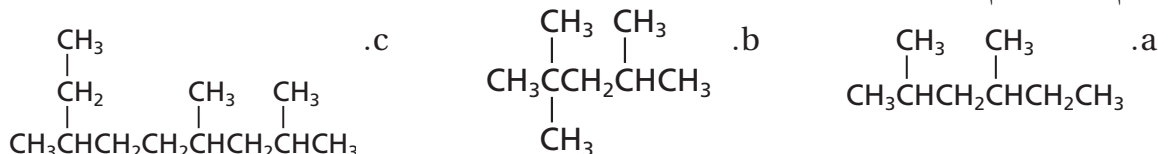
الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشروط لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، وكتب اسم الشكل (المركب) مستخدماً الشروط والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو التالي:
4 - إيثيل - 3، 5 - ثنائي ميثيل أوكتان.

3 تقويم الإجابة

تم إيجاد وترقيم أطول سلسلة كربونية متصلة بصورة صحيحة، وتمّ تعيين جميع التفرعات بالمقاطع، وأسماء مجموعات ألكيل الصحيحة. الترتيب الهجائي وعلامات الترقيم صحيحان.

مسائل تدريبية

11. استخدم قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتسمية الصيغة البنائية للمركبات الآتية:



12. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركبات التالية:

a. 3، 2 - ثنائي ميثيل - 5 - بروبيل ديكان

b. 3، 4، 5 - ثلاثي إيثيل أوكتان

الألكانات الحلقية Cyclo alkanes

تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية الهيدروكربون الحلقي **Cyclo hydrocarbon**. ويستخدم المقطع حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط تُسمى **الألكانات الحلقية Cyclo alkanes**. وتتكون الحلقات في الألكانات الحلقية من ثلاث إلى ست ذرات كربون أو أكثر. إن اسم الألكان الحلقي ذي الذرات الست من الكربون هو هكسان حلقي. ويستخدم الهكسان الحلقي المستخرج من البترول في مُزيلات الدهان، واستخلاص الزيوت الطيارة لتحضير العطور. ولاحظ أن الهكسان الحلقي C_6H_{12} يقل عن الهكسان C_6H_{14} غير المتفرع بذرتي هيدروجين؛ وبذلك تكون الصيغة العامة للألكانات الحلقية هي (C_nH_{2n}) .

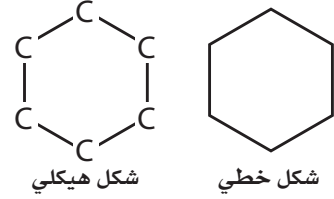
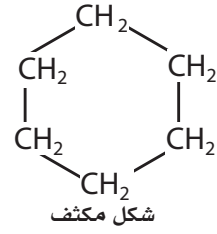
✓ **ماذا قرأت؟** قوّم بماذا يختلف البروبان الحلقي عن البروبان العادي؟ اكتب الصيغة الكيميائية لكل منهما.

تمثّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في الشكل 10-5 الهكسان الحلقي بأشكال مكثفة وهيكلية وخطية عديدة؛ وتُظهر الأشكال الخطية الروابط بين ذرات الكربون فقط، وتُفسر الزوايا في الشكل على أنها مواقع ذرات الكربون. أما بالنسبة لذرات الهيدروجين فيفترض أنها تحتل بقية مواقع الربط إلا إذا وُجدت التفرعات (المجموعات البديلة). ولا تظهر ذرات الهيدروجين في الشكل الهيكل.

تسمية الألكانات الحلقية Naming cyclo alkanes يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPAC) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائماً السلسلة الرئيسة. ولأن الشكل الحلقي ليس له أطراف لذا يبدأ الترقيم من ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. وعند وجود أكثر من مجموعة بديلة تُرقم ذرات الكربون حول الحلقة، على أن تحصل المجموعات البديلة على أصغر مجموعة أرقام ممكنة. وإذا كان هناك مجموعة بديلة واحدة متصلة بالحلقة فلا ضرورة عندئذٍ للترقيم. ويُوضح المثال الآتي عملية تسمية الألكانات الحلقية.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغة العامة للألكانات الحلقية، ثم ارسم الصيغة البنائية لأحد الألكانات الحلقية التي تحتوي على خمس ذرات كربون.

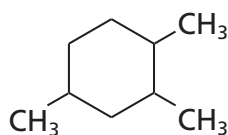
الشكل 10-5 يمكن تمثيل التركيب البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة .



ارسم الصيغ البنائية لكل من البيوتان الحلقي، والبنتان الحلقي.

المفردات الجديدة

- الهيدروكربون الحلقي
- Cyclo hydrocarbon
- الألكانات الحلقية
- Cyclo alkanes



تسمية الألكانات الحلقية

سمّ الألكان الحلقي المجاور.

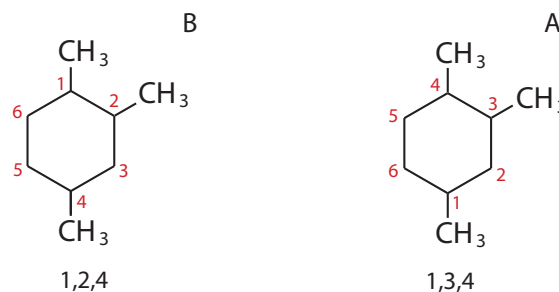
1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. عليك اتباع قواعد نظام الأيوباك لتحديد الشكل الحلقي الرئيس ومواقع المجموعات البديلة (التفرعات) للشكل المعطى.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في الحلقة، واستخدم اسم الهيدروكربون الحلقي الرئيس. حيث تتألف الحلقة في هذه الحالة، من ست ذرات كربون. لذا فإن الاسم الرئيس هو هكسان حلقي.

الخطوة 2. رَقِّم الحلقة ابتداءً من أحد تفرّعات $(-CH_3)$ ، وجِد الترقيم الذي يعطي أقل مجموعة أرقامًا ممكنة للتفرعات. وفيما يلي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



يضع الترقيم بدءاً من ذرة الكربون في أسفل الحلقة مجموعات $-CH_3$ على المواقع 1 و 3 و 4 في الشكل A، في حين يضع الترقيم بدءاً من ذرة الكربون في أعلى الحلقة مجموعات CH_3 على المواقع 1 و 2 و 4. وتضع طرائق الترقيم الأخرى مجموعات $-CH_3$ على مواقع ذات أرقام أعلى. لذا فإن 1 و 2 و 4 هي أقل أرقام ممكنة. لذلك تُستخدم في الاسم.

الخطوة 3. سمّ المجموعات البديلة. علماً بأن المجموعات الثلاث جميعها مجموعات ميثيل.

الخطوة 4. أضف المقطع لإظهار عدد المجموعات الموجودة، حيث توجد ثلاث مجموعات ميثيل، لذا فإن المقطع (ثلاثي) تُضاف إلى اسم المجموعة ميثيل، فتصبح ثلاثي ميثيل.

الخطوة 5. يمكن تجاهل الترتيب الهجائي بسبب وجود نوع واحد من المجموعات.

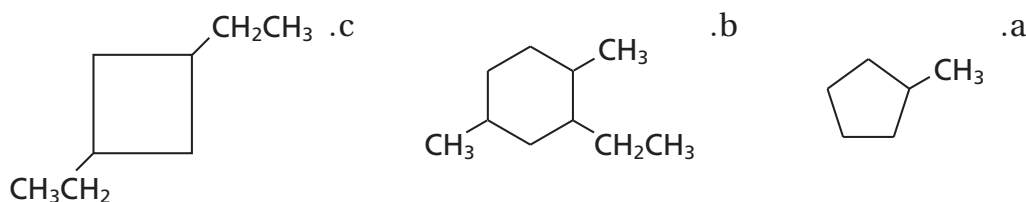
الخطوة 6. جَمِّع الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي الرئيس، مستخدماً الفواصل للفصل بين الأرقام، والشرطات للفصل بين الأرقام والكلمات. واكتب الاسم على النحو الآتي:

1، 2، 4 - ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

3 تقويم الإجابة

يُرقِّم الشكل الحلقي الرئيس على أن يعطي التفرعات أقل مجموعة أرقام ممكنة. ويشير المقطع (ثلاثي) إلى وجود ثلاث ذرات كربون. ولأن التفرعات كلها هي مجموعات ميثيل، لذا فلا ضرورة للترتيب الهجائي.

13. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:



14. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات التالية:

a. 1- إيثيل - 3- بروبيل بنتان حلقي. b. 4،2،2،1 - رباعي ميثيل هكسان حلقي.

خصائص الألكانات Properties of alkanes

تعرف الألكانات أيضاً باسم البارافينات Paraffins، وهي المركبات الكيميائية التي تتألف فقط من عناصر الكربون والهيدروجين ولذلك تعرف بالهيدروكربونات. وتعلمت سابقاً أن الذرات في الألكانات ترتبط بروابط تساهمية أحادية فقط، ولذلك تسمى بالهيدروكربونات المشبعة. وتنتمي الألكانات إلى سلسلة متماثلة من المركبات العضوية التي تختلف بمجموعة $-CH_2-$. وهذا يعطيها الصيغة العامة C_nH_{2n+2} . جميع الألكانات شديدة الاشتعال، ولها قيمة كبيرة كوقود نظيف، إذ يتم حرقها لتكوين الماء وثنائي أكسيد الكربون في الاحتراق الكامل. وتعتبر الألكانات الأربعة الأولى - الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان غازات في درجة حرارة الغرفة، ويمكن استخدامها مباشرة كوقود. أما الألكانات بداية من البنتان C_5H_{12} وحتى تصل إلى حوالي $C_{17}H_{36}$ تكون في الحالة السائلة في درجة حرارة الغرفة. فمثلاً، البنزين (وقود السيارات) خليط ألكانات من البنتان حتى الديكان، بينما يحتوي الكيروسين على الألكانات من $n = 10$ إلى $n = 16$. أما الألكانات التي تحتوي على أكثر من 17 ذرة كربون تكون في الحالة الصلبة في درجة حرارة الغرفة. وتم العثور على ألكانات تحتوي على عدد كبير من ذرات الكربون في وقود الديزل وزيت الوقود، وشمع البارافين وزيوت المحركات، إضافة إلى أن مشتقات الألكانات تدخل في صناعة العديد من المنتجات مثل البلاستيك والدهانات، والأدوية، ومستحضرات التجميل، والمنظفات، والمبيدات الحشرية، وغيرها، انظر بعض استخدامات الألكانات في الشكل 11-5.

المفردات

أصل الكلمة

البارافينات (Paraffines)

تعني باللاتينية قليلة الميل نحو التفاعل مع الأحماض والقواعد.....



الشكل 11-5 تستخدم الألكانات

في الغالب كوقود، ومصدر للحرارة وأحياناً للضوء. تعمل المداخل على منع ظاهرة الصقيع لحماية المزروعات، وتوفر المصابيح التي تعمل بالغاز الضوء للطرق والساحات، أما المواقد المنزلية فتوفر الحرارة، وأحياناً الضوء.

مقارنة الخصائص الفيزيائية للماء والميثان		الجدول 5-6
الميثان CH_4	الماء H_2O	المادة والصيغة
16 amu	18 amu	الكتلة الجزيئية
غاز	سائل	حالة المادة عند درجة حرارة الغرفة
-162°C	100°C	درجة الغليان
-182°C	0°C	درجة الانصهار

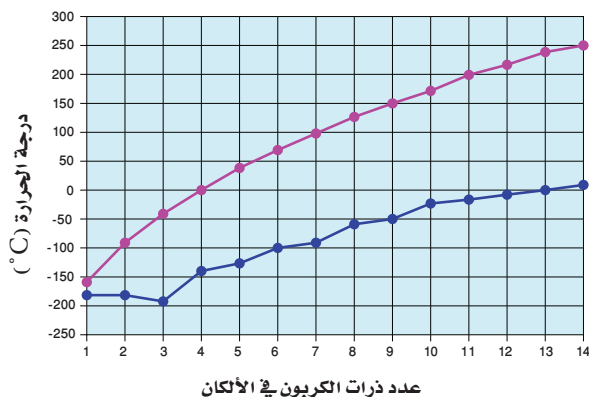
الخصائص الفيزيائية Physical properties كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى الجدول 5-6، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم.

درجات الغليان عندما تُقارَن درجات الغليان والانصهار للميثان بالماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافاً واضحاً وجوهرياً. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الغليان إلى أن التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيف مقارنة بالتجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوِّن روابط هيدروجينية بينها، أما جزيئات الماء فقُطبية وتُكوِّن روابط هيدروجينية.

تزداد درجات غليان الألكانات بزيادة قوى التجاذب بين جزيئاتها. وهناك عاملين يحددان هذه القوى: عدد الإلكترونات المحيطة بالجزيء، والتي تؤدي إلى زيادة الكتلة الجزيئية للألكان، والعامل الثاني هو المساحة السطحية للجزيء (الحجم). وقد قرأت في المقدمة أن الألكانات الأربعة الأولى (الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان) في الحالة الغازية في درجة حرارة الغرفة؛ أما الألكانات من C_5H_{12} إلى $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ فتكون في الحالة السائلة؛ وتكون الألكانات بعد $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ في الحالة الصلبة، انظر الشكل 5-12. وتزداد درجات غليان الألكانات بشكل عام بزيادة الكتلة الجزيئية لها، ويكون للألكانات ذات السلاسل المستقيمة درجات غليان أعلى

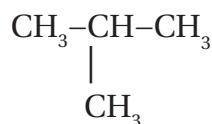
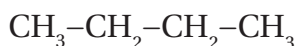
الشكل 5-12 البارافين من الهيدروكربونات السائلة، بينما الأسفلت من الهيدروكربونات الصلبة.





الشكل 5-13 درجات انصهار (الأزرق) والغليان (الوردي) لأول 14 ألكان.

من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة، نظرًا لأن زيادة مساحة سطح الجزيء في السلاسل المستقيمة تزيد من قوى التجاذب بين الجزيئات، وهذا يرفع من درجة الغليان؛ فعلى سبيل المثال قارن بين درجتي غليان البيوتان (سلسلة مستقيمة)، وإيزوبيوتان (سلسلة متفرعة).



بيوتان (0.0°C)

(2- ميثيل بروبان) إيزوبيوتان (-12°C)

درجات الانصهار Melting point تتبع درجات انصهار الألكانات اتجاه مماثل لدرجات الغليان لنفس الأسباب الموضحة لدرجات الغليان. فكلما زادت الكتلة الجزيئية زادت درجة الانصهار.

* هناك اختلاف هام واحد بين درجة الغليان ودرجة الانصهار، فالمواد الصلبة يكون لها هيكل أكثر ثباتاً من السوائل، ويتطلب هذا التركيب طاقة أكبر لتفكيكه. ويتضح هذا بالنسبة للألكانات من الرسم البياني الموضح في الشكل 5-13 (الخط الأزرق). ويمكن أن تكون درجات انصهار الألكانات ذات السلسلة المتفرعة أعلى أو أقل من تلك الألكانات المقابلة لها ذات السلاسل المستقيمة، وهذا يعتمد على قدرة جزيئات الألكان على الارتباط جيداً في المرحلة الصلبة: وهذا صحيح بصفة خاصة بالنسبة للألكانات المتفرعة، التي كثيراً ما تكون درجات انصهارها أعلى من تلك الألكانات المقابلة لها ذات السلاسل المستقيمة.

الذوبانية Solubility تفسر قوى التجاذب بين جزيئات الألكانات عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات - مثل زيوت التشحيم - في الماء ينفصل السائلان فوراً إلى طبقتين انظر الشكل 5-14. ويحدث هذا الانفصال لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. لذا فإن الألكانات تذوب في المذيبات المكوّنة من جزيئات غير قطبية، مثل البنزين العطري والإيثير.

✓ **ماذا قرأت؟ فسر** لماذا تكون درجات غليان وانصهار الماء أكبر منها مقارنة مع الميثان، علماً بأن الكتل الجزيئية لهما متقاربة؟



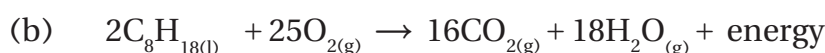
الشكل 5-14 لا تذوب الألكانات في الماء، لذلك نلاحظ عدم امتزاج الهكسان مع الماء.

الخصائص الكيميائية Chemical properties إن الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي ضعف نشاطها الكيميائي؛ لذا تتم معظم تفاعلات الألكانات في وجود طاقة كبيرة أو درجة حرارة مرتفعة، ولا يتم تنفيذها في المختبرات لأنها تحتاج تجهيزات خاصة. ويمكن إرجاع ضعف نشاط الألكانات إلى روابط C – C و C – H القوية نسبيًا.

تفاعلات الألكانات Reactions of alkanes

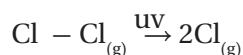
لا تعد الألكانات مواد عالية النشاط بشكل عام، إلا أنها تتفاعل تحت ظروف معينة.

تفاعلات الاحتراق Combustion reactions يعد كل من الغاز الطبيعي، والجازولين، وزيت الوقود من الألكانات التي تدخل في تفاعلات الاحتراق، وهي عبارة عن تفاعلات طاردة للحرارة تعطي كميات كبيرة من الطاقة.

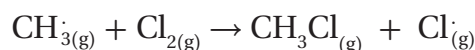
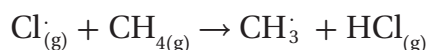


تستخدم تفاعلات الاحتراق هذه، وغيرها في العمليات الصناعية، إضافة إلى استخدامها في أغراض التسخين المنزلي وطهي الطعام.

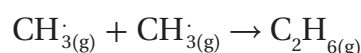
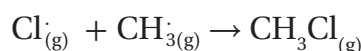
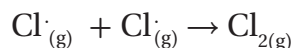
تفاعلات الاستبدال Substitution reactions وتسمى أيضًا هلجنة الألكانات، أي يتم فيها استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بذرة هالوجين، وهو نوع آخر لتفاعلات الألكانات؛ فعند تسخين مزيج من الميثان والكلور لدرجة حرارة تزيد عن 100°C أو تعريضه لضوء الشمس، يتكون كلوريد الميثيل (CH₃Cl). ويمكن للتفاعل أن يستمر عند توفر كميات كافية من الكلور. ويتم التفاعل من خلال ثلاث مراحل، هي: الأولى، تكوّن الشقوق الحرة في وجود الضوء Initiation:



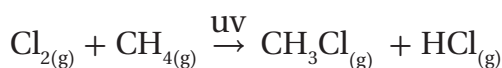
وفي المرحلة الثانية: تبدأ الشقوق الحرة بمهاجمة جزيء الهيدروكربون Propagation:



وفي المرحلة الثالثة والأخيرة يتم التخلص من الشقوق الحرة وينتهي التفاعل Termination:



ويكون التفاعل النهائي:



تسمى الألكانات التي استبدلت فيها ذرة هيدروجين أو أكثر بذرة هالوجين، هاليدات الألكيل Alkyle halides. أو الألكانات الهالوجينية، والتي سيتم دراستها بالتفصيل في الوحدة القادمة ومن بين الأعداد الكبيرة من هاليدات الألكيل، فإن الكلوروفورم CHCl_3 ، ورباعي كلوريد الكربون CCl_4 ، وكلوريد الميثيلين CH_2Cl_2 ، ومركبات الكلوروفلوروكربون CFCs هي الأكثر أهمية. الكلوروفورم سائل متطاير، حلو المذاق، وقد استخدم بوصفه مخدرًا سنوات عدة، ولكنه استبدل فحلت محله مركبات أخرى بسبب سميته (قد يسبب تلفًا بالغًا للكبد، والكلى، والقلب). ورباعي كلوريد الكربون هو الآخر سام، ويستخدم بوصفه سائل تنظيف، لإزالة البقع الدهنية عن الملابس. أما كلوريد الميثيلين فيستخدم مذيئًا لإزالة الكافيين من القهوة، ومزيلًا للدهان.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة التفاعل بين الإيثان والبروم.

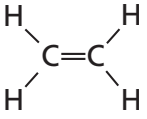
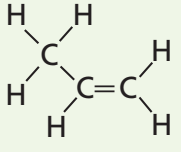
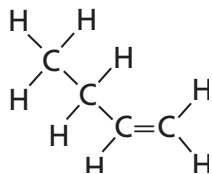
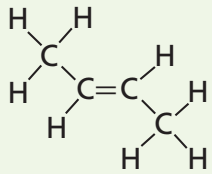
الألكينات Alkenes

سبق أن درست أن الألكانات هيدروكربونات مشبعة؛ لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية بين ذرات الكربون، وأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون. وتسمى الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرتي الكربون **بالألكينات Alkenes**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية - اثنان من كل ذرة كربون - تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين C_2H_4 . تكون الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في الجدول 5-7 فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكل منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n} . يقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي

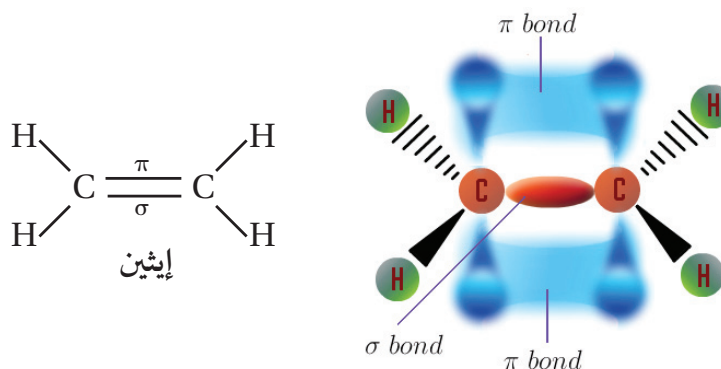
المفردات الجديدة

• الألكينات

• Alkenes

مقارنة الصيغ الكيميائية للألكينات				الجدول 5-7
إيثين	بروبين	1-بيوتين	2-بيوتين	الاسم
C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8	الصيغة الجزيئية
				الصيغة البنائية
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCH}_3$	الصيغة البنائية المكثفة

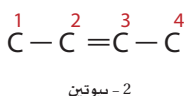
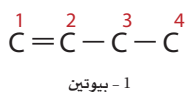
الشكل 13-5 روابط (σ)،
و(π) في الرابطة التساهمية
الثنائية في الألكينات.



هيدروجين؛ ويسبب ذلك تكون رابطة تساهمية ثنائية بين ذرات الكربون أحدهما قوية تسمى رابطة سيجما (σ) والأخرى ضعيفة تسمى رابطة باي (π)، انظر الشكل 13-5. **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغ الجزيئية للألكينات التي تحتوي على ست ذرات كربون، وتلك التي تحتوي على تسع ذرات كربون.

ألكينات ذات سلاسل مستقيمة

(غير متفرعة).



الشكل 14-5 عند تسمية أي من
الألكينات ذات السلاسل المتفرعة
أو المستقيمة يجب ترقيهما باستخدام
قواعد نظام الأيوباك.

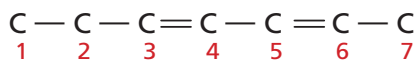
تسمية الألكينات Naming alkenes تُسمى الألكينات بالطريقة المتبعة في تسمية الألكانات نفسها تقريباً. حيث تكتب أسماؤها بتغيير المقطع الأخير (ان) للألكان المناظر إلى المقطع (ين). ويُسمى الألكان الذي يتكون من ذرتي كربون الإيثان (C_2H_6)، في حين يسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون الإيثين (C_2H_4). وبطريقة مماثلة، فالألكين الذي يحتوي ثلاث ذرات كربون يسمى بروين. وللإيثين والبروين اسمان قديمان أكثر شيوعاً، هما الإيثيلين والبروبيلين.

يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في الشكل 14-5. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسة ابتداءً من طرف السلسلة الذي يعطي أصغر رقم لأول ذرة كربون في الرابطة الثنائية. ثم يُستخدم هذا العدد في الاسم.

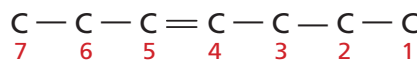
لاحظ أن البناء الثالث لا يسمى "3-بيوتين" لأنه مطابق للبناء الأول، وعليه يسمى 1-بيوتين. لذا من الضروري أن تدرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين مادتان مختلفتان، لكل منهما صفاته الخاصة. وتُسمى الألكينات الحلقية تقريباً بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرتي الكربون المرتبطتين بالرابطة الثنائية.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

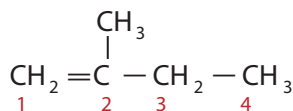
تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة Naming branched chain alkenes اتبع عند تسميتها قواعد نظام الأيوباك المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة، على أن يؤخذ في الحسبان أمران، أولهما أن تكون السلسلة الرئيسة في الألكينات دائماً هي أطول سلسلة كربونية تتضمن الرابطة الثنائية، بحيث يبدأ الترقيم من ذرة



أو



4.2 - هبتادايين



2- ميثيل بيوتين

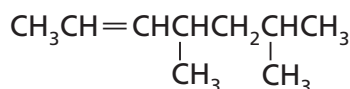
الشكل 15-5 تُرقم مواقع الروابط
الثنائية في الألكينات بطريقة تعطي أصغر
مجموعة من الأرقام. وينطبق هذا على
الألكينات المستقيمة والمتفرعة.

b. رابطتان ثنائيتان

a. رابطة ثنائية واحدة

الكربون الأقرب لهذه الرابطة - وليس التفرعات. لاحظ وجود سلسلتين من 4 - ذرات
كربون في الجزيء المبين في الشكل 15a-5، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية
استخدمت وحدها أساساً للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2- ميثيل بيوتين.
تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد
الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام المقطع (داي، تراي، تيترا، وهكذا) قبل
المقطع (ين). وتُرقم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم
ستستخدم في المثال في الشكل 15b-5؟ سيستخدم المقطع (هبتا)، لأن الجزيء يحتوي على
سلسلة كربونية سباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم المقطع (ثنائي)
قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هبتادايين. وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين مواقع الروابط
الثنائية يصبح الاسم 2، 4- هبتادايين.

مثال 3-5



تسمية الألكينات المتفرّعة

سمّ الألكين المجاور.

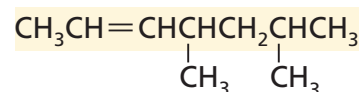
1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت ألكيناً ذا سلسلة متفرّعة تحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد نظام الأيوباك لتسمية
المركب العضوي.

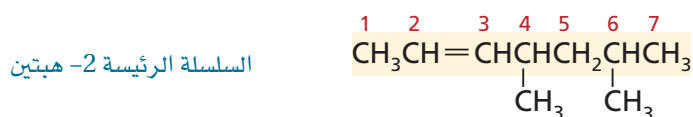
2 حساب المطلوب

الخطوة 1. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو
ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغيّر الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

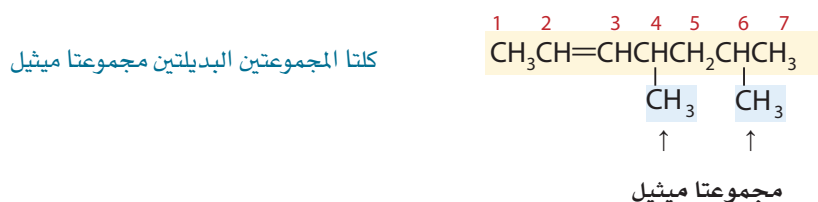
السلسلة الرئيسة هبتين



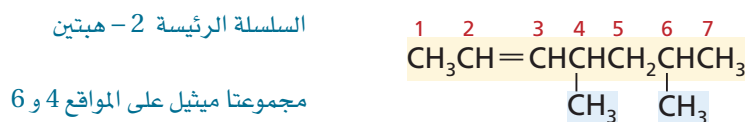
الخطوة 2. رَقِّم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.



الخطوة 3. سَمِّ كل مجموعة بديلة.



الخطوة 4. حدّد عدد كل مجموعة بديلة، وعين البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد، ثمّ أدخل أرقام المواقع لتحصل على المقطع كاملاً.



وهي 6،4- ثنائي ميثيل

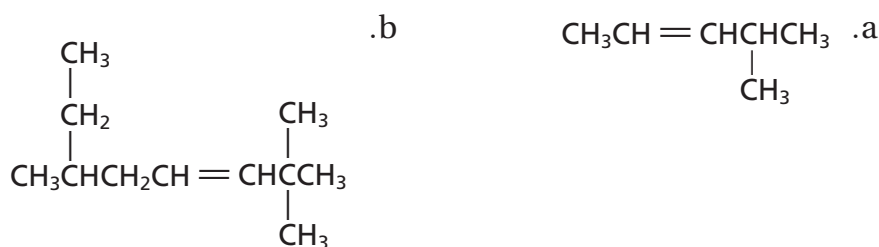
الخطوة 5. ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل المقطع كاملاً إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسة، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم: 6،4- ثنائي ميثيل -2- هبتين.

3 تقويم الإجابة

تحتوي أطول سلسلة كربونية على الرابطة الثنائية، وموقع الرابطة الثنائية له أصغر رقم ممكن. واستعملت المقاطع الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل لتعيين التفرعات.

مسائل تدريبية

15. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية IUPAC الآتية:



16. تحفيز ارسـم الصيغة البنائية للجزيء 1،3- بنتادايين.

خصائص الألكينات واستخداماتها

Uses and properties of alkenes

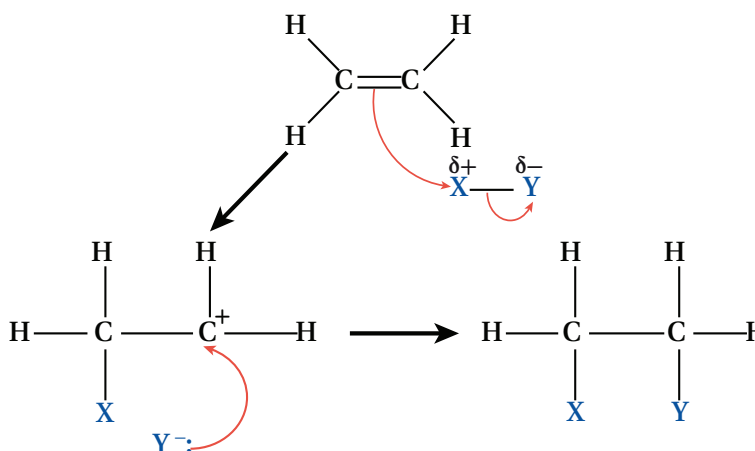
الخصائص الفيزيائية Physical properties تحتوي الألكينات على رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتي كربون، وهذه الرابطة تؤدي إلى تغيير في خصائص الألكينات. وتتواجد الألكينات في درجة حرارة الغرفة في جميع حالات المادة الثلاث، الصلبة، والسائلة، والغازية. ويشبه التغير في درجات غليان وانصهار الألكينات تلك المتعلقة بدرجات غليان وانصهار الألكانات.

الحالة الفيزيائية Physical state تتواجد غازات الإيثين، والبروبين، والبيوتين كغازات عديمة اللون. الألكينات التي تحتوي 5 ذرات كربون أو أكثر مثل البنتين، والهكسين والهيبتين تكون في الحالة السائلة، أما الألكينات التي تحتوي 15 ذرة كربون أو أكثر تكون في الحالة الصلبة.

الذوبانية Solubility الألكينات أقل كثافة من الماء، وهي غير قابلة للذوبان في الماء بسبب خصائصها غير القطبية. وهي قابلة للذوبان فقط في المذيبات غير القطبية.

درجات الغليان Boiling points تكون درجة الغليان لكل ألكين مشابهة جداً للألكان المقابل الذي يحتوي نفس العدد من ذرات الكربون. وتعتمد درجات الغليان للألكينات على الكتلة الجزيئية (طول السلسلة)، حيث تؤدي الزيادة في الكتلة الجزيئية للألكين إلى زيادة قوى التجاذب بين الجزيئات، وهذا يعني أن درجات الغليان تزداد بزيادة الكتلة الجزيئية للألكين. **درجات الانصهار Melting points** تعتمد درجات الانصهار للألكينات على بنية الجزيئات، وتكون درجات انصهارها مماثلة تقريباً للألكانات المقابلة لها.

الخصائص الكيميائية Chemical properties الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات بسبب وجود الرابطة الثنائية التي تحتوي رابطة باي π الضعيفة، مما يسهل كسر الرابطة π والإضافة على ذرتي الكربون؛ وتعمل الرابطة π على زيادة الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهينةً بذلك موقعاً جيداً للنشاط الكيميائي. وهذا يجعل المواد المتفاعلة قادرة على جذب إلكترونات الرابطة باي بعيداً عن الرابطة الثنائية. انظر الشكل 5-16.



الشكل 5-16 آلية حدوث تفاعلات الإضافة في الألكينات.

تجربة

الكشف عن المركبات غير المشبعة باستخدام

منجنات البوتاسيوم VII

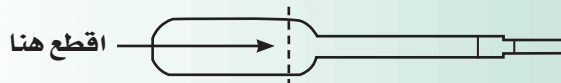
يستخدم محلول من منجنات البوتاسيوم VII (K_2MnO_4) في هذه التجربة يتم الاحتفاظ بمحلول البروبانول في ماصة بلاستيكية. يختلط المحلول بسهولة مع المركبات العضوية غير القطبية مثل الهكسان الحلقي، والهكسين الحلقي، والليمونين limonene. تعمل المركبات غير المشبعة على تحويل المحلول إلى اللون البني بسبب اختزال المنجنيز VII إلى المنجنيز IV (MnO_2).

ارشادات الأمن والسلامة



خطوات العمل

1. اقطع نهاية الماصة البلاستيكية كما هو موضح أدناه، وضعها داخل دورق.



2. أضف بعناية عدد قليل من بلورات منجنات البوتاسيوم (VII) إلى الماصة البلاستيكية.

3. أضف البروبانول إلى منتصف الماصة البلاستيكية. ستلاحظ أن منجنات البوتاسيوم VII تذوب مكونة محلولاً بنفسجياً.

4. اقطع نهايات ثلاث ماصات بلاستيكية كما هو موضح أدناه، لعمل أوعية تفاعل صغيرة الحجم، وثبتها في طبق بتري بلاستيكي.



5. باستخدام الماصة البلاستيكية، أضف أربع نقاط من محلول البروبانول والمنجنات إلى كل وعاء من الأوعية الثلاثة.

6. ضع ثلاثة نقاط من كل سائل عضوي (الهكسان الحلقي، والهكسين الحلقي، والليمونين limonene)، ولاحظ أي تغيرات قد تحدث بعد دقائق قليلة.

7. تخلص من السائل باستخدام المناديل الورقية عند الانتهاء من التجربة.

التحليل

1. هل يعد ذوبان منجنات البوتاسيوم VII في مذيب عضوي أمراً غريباً؟ فسّر.

2. أي أنواع السوائل العضوية تتفاعل مع محلول منجنات البوتاسيوم §VII

تفاعلات الإضافة للهيدروجين Addition of hydrogen تختزل الألكينات بسهولة

عند إضافة الهيدروجين إلى الرابطة التساهمية الثنائية لتكوين الألكانات.

فعلى سبيل المثال، عندما يتم تمرير الألكينات على عامل حفاز مثل النيكل في درجة $15^\circ C$ يختزل الألكين إلى ألكان.



إيثين

إيثان

تفاعلات الإضافة للهالوجين Addition of halogen يضاف الهالوجين بسهولة إلى

الرابطة التساهمية الثنائية في الألكينات كما يلي:



إيثين

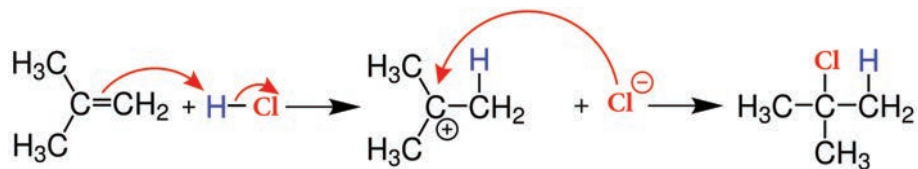
ثنائي كلوروايثان

قاعدة ماركوفنيكوف Markovnikov's «عند إضافة متفاعلات قطبية إلى الرابطة

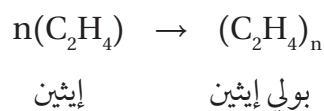
الثنائية في الألكين فإن ذرة الهيدروجين تضاف إلى ذرة الكربون المرتبطة بأكبر عدد من ذرات الهيدروجين من ذرتي كربون الرابطة الثنائية»، فعند إضافة كاشف غير متماثل مثل

HX أو H-OH إلى الكين غير متماثل مثل $CH_3-CH=CH_2$ فإن الشق الموجب من

الكاشف يضاف إلى ذرة الكربون المرتبطة بأكبر عدد من ذرات الهيدروجين بينما يضاف الشق السالب إلى ذرة الكربون المرتبطة بعدد أقل من ذرات الهيدروجين، والمعادلة الكيميائية التالية توضح ذلك:



تفاعلات البلمرة Polymerization reactions عند تسخين الإيثين C_2H_4 تحت ضغط كبير بوجود عامل حفّاز يرتبط عدد كبير من الجزيئات الصغيرة (المونومرات) لتكوين جزيء ضخيم يسمى بولي إيثين $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$ ، (أو البولي إيثيلين). ويسمى هذا النوع من التفاعل البلمرة بالإضافة.



استخدامات الألكينات Uses of alkene ينتج العديد من الألكينات بصورة طبيعية في الكائنات الحية. فالإيثين، على سبيل المثال، هرمون تُنتجه النباتات على نحو طبيعي، وهو المسؤول عن عملية النضج في الفواكه، ويؤدي دوراً في عملية تساقط أوراق الأشجار إيداناً بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في الشكل 5-17 وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعياً عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب.

الشكل 5-17 استخدام الإيثين في إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج.

فسّر لماذا يعدّ هذا نافعاً ومناسباً للمزارعين؟



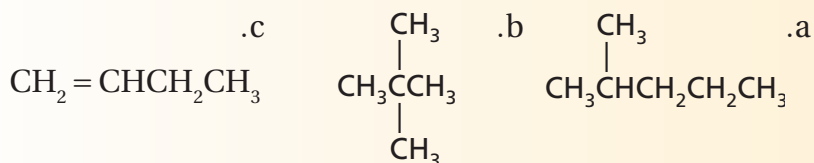
التقويم 5-2

الخلاصة

- تحتوي الألكانات على روابط تساهمية أحادية فقط بين ذرات الكربون. وتحتوي الألكينات رابطة ثنائية واحدة على الأقل.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تتميز الألكانات بضعف نشاطها الكيميائي.
- تتفاعل الألكانات بالاستبدال، ولا تتفاعل بالإضافة.
- للألكينات استخدامات متعددة في الصناعات الكيميائية.
- تعد الألكينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

17. الفكرة الرئيسية صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات والألكينات.

18. سمِّ الصيغ البنائية التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.



19. صف الخصائص العامة للألكانات.

20. وضح العلاقة بين الكتلة الجزيئية للألكان وجودته كوقود.

21. فسِّر لماذا تزداد درجات غليان الألكانات مع زيادة الكتل الجزيئية لها.

22. حدد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات عما تتصف به الألكانات.

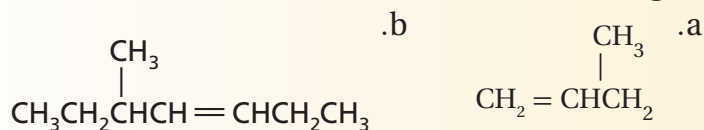
23. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

- a. 3، 5-ثنائي ميثيل هبتان
b. 1، 4-إيثيل-4-ميثيل حلقي هكسان
c. 1، 2-ثنائي ميثيل حلقي بروبان

24. تفسِّر الصيغ البنائية لماذا يعد الاسم 3-بيوتيل بنتان غير صحيح؟

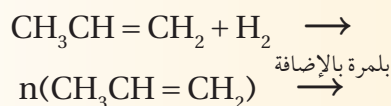
اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3-بيوتيل بنتان؟

25. سمِّ الصيغ البنائية أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.



26. اكتب الصيغة البنائية لـ 2، 3-ثنائي ميثيل-2-بيوتين.

27. أكمل المعادلتين الكيميائيتين التاليتين:



28. استنتج توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهدَّجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟

متشكلات الهيدروكربونات

Hydrocarbon Isomers

فيه هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

24.5 – 24.6

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.6 – 11A.1.8

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يميز بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
- يميز أنواع المتشكلات البنائية بعضها عن بعض.
- يفرق بين المتشكلات الهندسية المتضادة والمتجاورة.
- يصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

مراجعة المفردات

الصيغة البنائية الصيغة التي تمثل ترتيب الذرات في جزيء المركب.

المفردات الجديدة

- المتشكلات Isomers
- المتشكلات البنائية
- Structural isomers

الفكرة الرئيسية: لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في الصيغة البنائية مما يؤدي لاختلاف خصائصها.

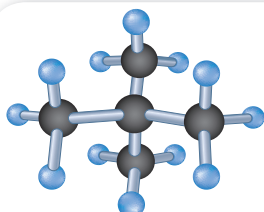
الربط مع الحياة هل قابلت يومًا توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكلات شبيهة بالتوائم؛ إذ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

المتشكلات البنائية Structural isomers

تعتبر الكيمياء الفراغية التي تهدف إلى دراسة تركيب الجزيء في ثلاثة أبعاد مهمة جدًا في فهم كيفية حدوث التفاعلات الكيميائية. تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في الشكل 5-18 لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و 12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية C_5H_{12} . ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و 2-ميثيل بيوتان، و 2،2-ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات isomers. والمتشكلات Isomers عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية، أي اختلاف ترتيب الذرات في الجزيء. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشكليين؛ لاختلاف الصيغ الجزيئية لهما.

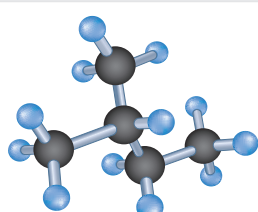
يوجد نوعان رئيسان من المتشكلات هما المتشكلات الفراغية والمتشكلات البنائية. ويُبين الشكل 5-18 مركبات تعدّ أمثلة على المتشكلات البنائية Structural isomers. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتدعم هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها".

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات C_5H_{12} بصيغها البنائية؟



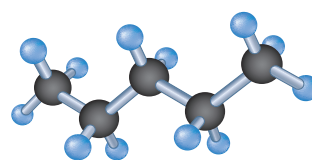
2،2-ثنائي ميثيل بروبان

درجة الغليان = $9^\circ C$



2-ميثيل بيوتان

درجة الغليان = $28^\circ C$



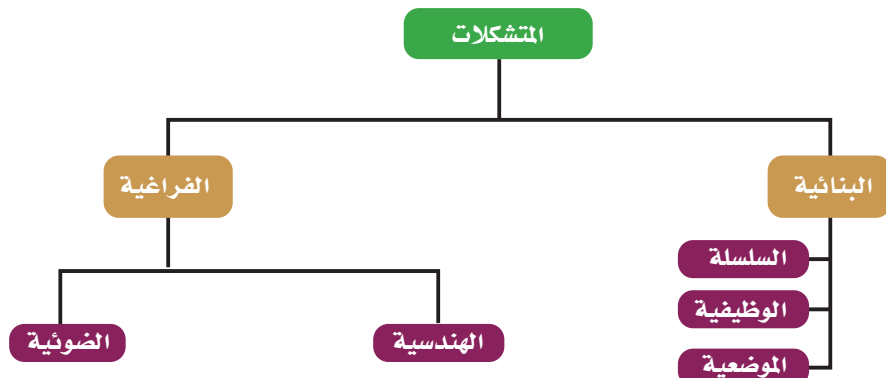
بنتان

درجة الغليان = $36^\circ C$

الشكل 5-18 إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.

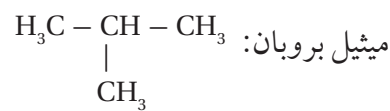
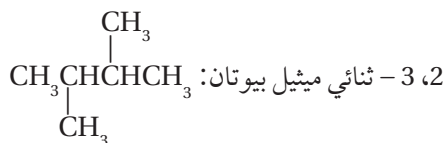
الشكل 19-5 المخطط المفاهيمي

لمتشكلات الهيدروكربونات.

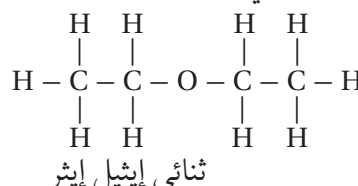
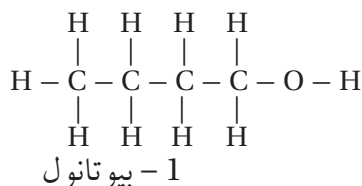


كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية C_7H_{16} . وهناك أكثر من 300,000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية $C_{20}H_{42}$. وتنقسم المتشكلات البنائية إلى عدة أقسام، انظر الشكل 19-5.

متشكلات السلسلة Chain isomers يوجد هذا النوع من المتشكلات في المركبات التي تتشابه في الصيغة الجزيئية، ولكنها تختلف في كيفية ارتباط ذرات الكربون بعضها ببعض، فهي إما أن تكون سلسلة مفتوحة أو سلسلة متفرعة مثل البيوتان، ومركب ميثيل بروبان فكلاهما له نفس الصيغة الجزيئية C_4H_{10} لكنها يختلفان في ترتيب ذرات الكربون؛ فالبيوتان والهكسان يكونان سلاسل مفتوحة بينما يكون ميثيل بروبان و 2، 3-ثنائي ميثيل بيوتان سلاسل متفرعة.

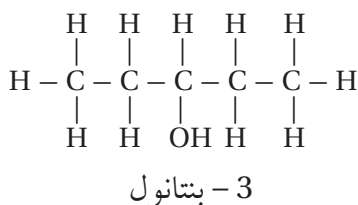
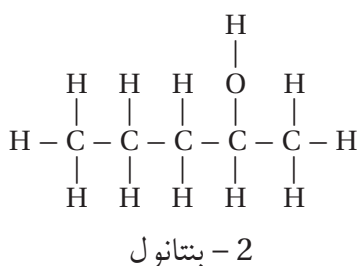


المتشكلات الوظيفية Functional isomers مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية لكنها تختلف في نوع المجموعة الوظيفية الموجودة في كل مركب، فالصيغة $C_4H_{10}O$ يحتمل أن تكون لمركب ثنائي إيثيل إثير (من الإثيرات) أو لمركب 1-بيوتانول (من الكحولات).



تعتبر الصيغة البنائية الأولى عن نوع من الإثيرات، وتعتبر الأخرى عن مركب كحولي وعليه فإنها يتشابهان في الصيغة الجزيئية لأنها يحتويان نفس العدد من الذرات، ولكنها يختلفان في نوع المجموعة الوظيفية فأحدهما إثير والآخر كحول.

المتشكلات الموضعية Position isomers مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ونفس المجموعة الوظيفية لكنها تختلف في موقع المجموعة الوظيفية، انظر الشكل 20-5؛ فالصيغة $C_4H_{10}O$ تجمع كلاً من 2-بنتانول، و 3-بنتانول، وهما من الكحولات لكن



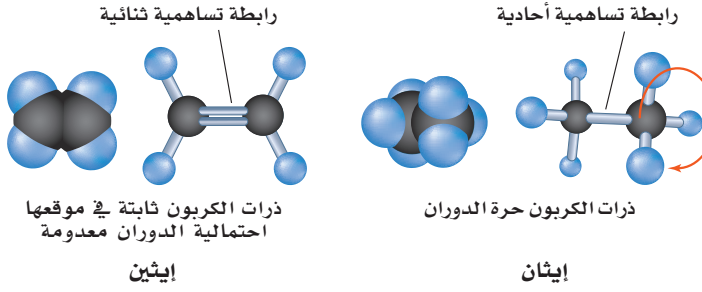
الشكل 20-5 المتشكلات

الموضعية للبنتانول، والبيوتين.

الشكل 21-5 هناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات،

التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداهما حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها.

فَسِّرْ كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.



يختلفان في موقع المجموعة الوظيفية OH فنجدها على ذرة الكربون رقم 3 في 3- بنتانول، بينما نجدها على ذرة الكربون رقم 2 في 2- بنتانول. لاحظ أيضًا أن اختلاف موقع الرابطة التساهمية الثنائية في البيوتين يؤدي إلى اختلاف اسم الألكين.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers

تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جدًا في الروابط؛ **المتشكلات الفراغية Stereoisomers** متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ)، وهما نوعان: المتشكلات الهندسية، والمتشكلات الضوئية كما في الشكل 21-5.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2- بيوتين في الشكل 22-5. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يشار إليه بالمقطع متجاور (cis)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبادئة متضاد (trans). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (cis) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب cis لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب trans.

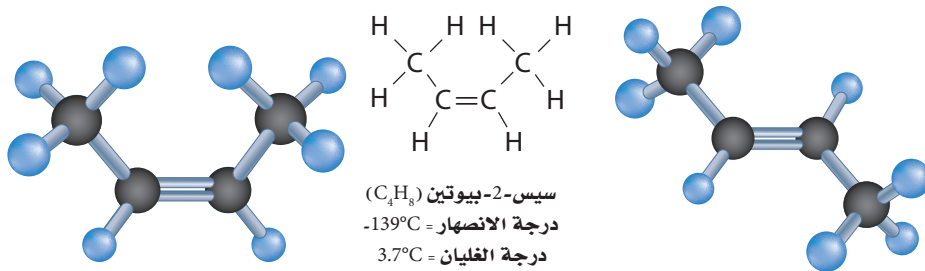
وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية **بالمشكلات الهندسية Geometrical isomers**. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار والغليان.

المفردات الجديدة

- المتشكلات الفراغية
- Stereoisomers
- المتشكلات الهندسية
- Geometrical isomers

الشكل 22-5 يختلف هذان

المتشكلات لـ 2- بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف. لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.





الشكل 23-5 إن انعكاس يدك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يدك اليسرى، وانعكاس يدك اليسرى يبدو تمامًا مثل يدك اليمنى.

المفردات الجديدة

• الكيرالية

• Chirality

واقع الكيمياء في الحياة

الدهون غير المشبعة



المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات trans بدهون ترانس. وتحضر الكثير من الأطعمة المغلفة باستخدام دهون trans؛ لأن لها فترة حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن هذه الدهون تزيد من نوع الكوليسترول الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات cis و trans عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

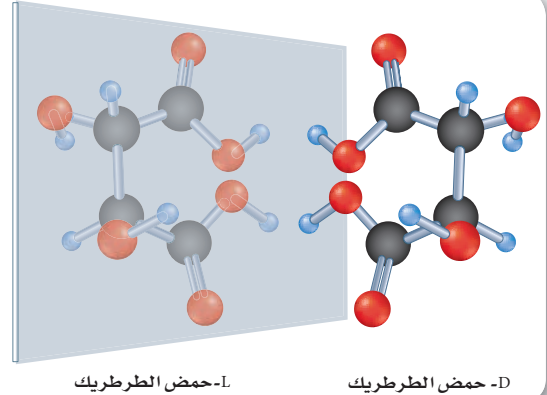
الكيرالية Chirality

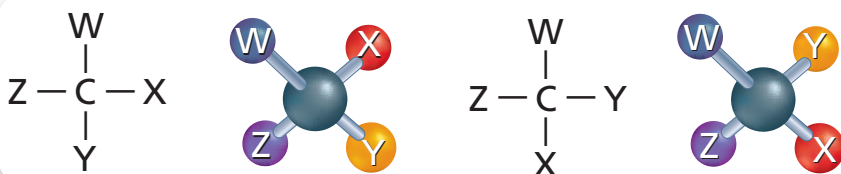
الربط مع علم الأحياء في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822-1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في الشكل 23-5، لذا سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمر، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيتها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في التركيبين في الشكل 24-5. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D و L إلى البادئين اللاتينيين (dextro) وتعني جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمى الخاصية التي يوجد فيها الجزئي في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى **الكيرالية Chirality**. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في الكائنات الحية - ومنها الحموض الأمينية المكوّنة للبروتينات - بهذه الكيرالية. وتستفيد الكائنات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

الشكل 24-5 تمثل هذه النماذج

شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D- حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L- حمض الطرطريك).





الشكل 25-5 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.

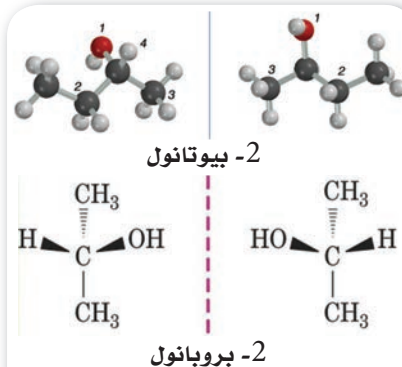
المتشكلات الضوئية Optical Isomers

أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة Asymmetric carbon atom. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائماً ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في الشكل 25-5، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تماماً.

والآن افترض أنك بنيت نماذج هذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تماماً؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X و Y من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيراً. ومن الأمثلة على هذا النوع متشكلات 2 - بيوتانول، الشكل 26-5، فلا يمكن تتطابق الصورتان؛ أما ما يتعلق بالمركب 2 - بروبانول، فلا يمكن اعتبارهما متشكلات لعدم وجود ذرة كربون كيرالية (غير متماثلة)، ويمكن أن تتطابق الصورتان بسهولة، انظر الشكل 26-5.

المتشكلات الضوئية Optical isomers متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفزة بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فالحايات البشرية مثلاً تسمح بدخول الأحماض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوريك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضاً. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضاراً. تشترط صفة المركز الكيرالي في المركب العضوي وجود ذرة كربون ترتبط بأربع مجموعات مختلفة، ويتم توضيح المركز الكيرالي بوضع نجمة (*) كما يظهر في المركب CHBrClF. انظر الشكل 27-5.

الدوران الضوئي Optical rotation إن المتشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى المتشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح

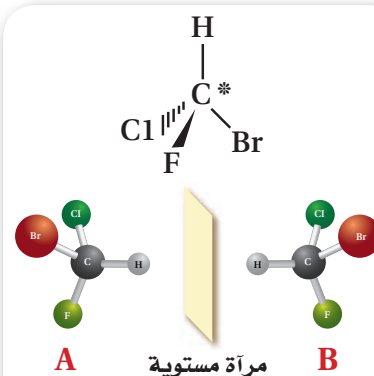


الشكل 26-5 لا يمكن لصورتَي 2-بيوتانول أن يتطابقا لوجود ذرة كربون كيرالية (غير متماثلة)، لكن يمكن لصورتَي 2-بروبانول أن يتطابقا لعدم وجود ذرة كربون كيرالية.

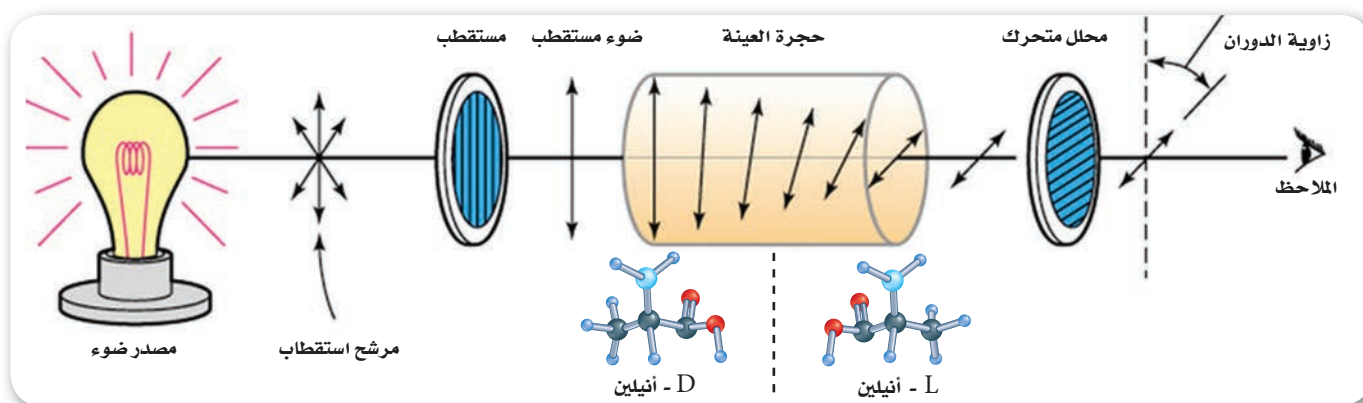
المفردات الجديدة

• المتشكلات الضوئية

• Optical isomers



الشكل 27-5 الصيغ ثلاثية الأبعاد التي توضح المركز الكيرالي في المركب العضوي.



الشكل 28-5 يَنْتُج الضوء المستقطب بتمرير الضوء العادي من خلال مُرْشِح (فلتر) يبيث فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي المتشكلات إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.

المفردات الجديدة

• الدوران الضوئي

• Optical rotation

في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب. عندما يمر الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُتَّبِعًا التأثير المُسمَّى **الدوران الضوئي Optical rotation**. ويظهر هذا التأثير في الشكل 28-5. قد يكون L- مينثول أحد المتشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضًا. أمَّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرأة) D- مينثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L- مينثول نفسه.

التقويم 5-3

الخلاصة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لهما الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

- الفكرة الرئيسية** 29. اكتب المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية C_6H_{14} جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.
30. فسر الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
31. ارسم أشكال كل من سيس-3-هكسين وترانس-3-هكسين.
32. استنتج لماذا تستفيد الكائنات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟
33. قوِّم يُنتج تفاعل معين 80% ترانس-2-بنتين و 20% سيس-2-بنتين. ارسم شكل هذين المتشكلين الهندسيين، وكون فرضية لتفسير سبب تكون المتشكلين بهذه النسبة.
34. اعمل نماذج ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكلين ضوئيين مرتبط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:
 $-H$; $-CH_3$; $-CH_2CH_3$; $-CH_2CH_2CH_3$
35. لديك المركبات التالية: البيوتان، و 2- ميثيل بروبان (آيزوبيوتان)، و 1- بنتانول، و 2- بنتانول، و 3- بنتانول، والهكسان الحلقي، و 1- هكسين.
a. اكتب الصيغ البنائية للمركبات جميعها.
b. حدد أي منها تعد: متشكلات وظيفية، أو متشكلات سلسلة، أو متشكلات موضعية؟
36. صمم جدولاً يتضمن يتضمن الأنواع المختلفة لمتشكلات المركب C_6H_{12} .

النفط Petroleum

ففي هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

24.3–24.7– 24.8

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.6– 11A.1.8– 11A.3.4

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يعدد النظريات التي تفسر نشوء النفط.
- يستعرض الأدلة التي تدعم النظرية العضوية لتفسير نشوء النفط.
- يشرح عملية التقطير التجزيئي لمكونات النفط.
- يوضح المقصود بعملية التكسير الحفزي.

مراجعة المفردات

الوقود الأحفوري خليط من مواد هيدروكربونية يستخدم كمصدر للطاقة، ويشمل الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي.

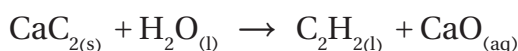
الفترة الرئيسية يتم فصل مكونات النفط بطرائق فيزيائية وكيميائية حتى تكون صالحة للاستعمالات المتعددة في الصناعة، ويعد المصدر الرئيس للهيدروكربونات.

الربط مع الحياة تخيل بأنك لن تستطيع الذهاب إلى عملك أو زيارة أهلِكَ، لأن كافة أنواع السيارات والناقلات قد توقفت. وتخيل بأنك لا تجد مياهًا في منزلِك للشرب أو الطهي أو الغسيل، لأن المضخات قد توقفت. وتخيل بأنك لن تكون قادراً على الاستمرار في الحياة الطبيعية؛ فما هو رأيك؟

أصل النفط Origin of petroleum

هناك ثلاث نظريات تفسر نشأة البترول هي: النظرية غير العضوية، والنظرية الكيميائية، ثم النظرية العضوية التي تعد من أهم النظريات، وأكثرها دقة، وسوف نتناولها بالتفصيل فيما يلي.

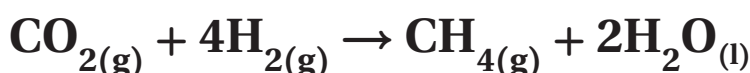
* **النظرية غير العضوية Abiogenic theory** تؤكد هذه النظرية بأن النفط قد نشأ من أصل غير عضوي، وأنه معدني الأصل، تكون نتيجة لتعرض بعض رواسب كبريدات الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء، ذلك لأن كبريد الكالسيوم CaC_2 يتفاعل مع الماء مكوناً الهيدروكربون غير المشبع "الأسستين".



ولكن الندرة الشديدة لرواسب الكبريدات، يصعب معها تصور أنها كانت موجودة بكميات هائلة وكافية، لتكوين ما استخرج، فعلاً من النفط وأنه لا يزال موجوداً في باطن الأرض. وجيولوجياً فمثل هذه الكبريدات إن وجدت فلا بد أن تكون في ثنايا الصخور البركانية Volcanic rocks، بدليل خروج غازات هيدروكربونية من فوهات البراكين، بينما لا يوجد البترول إلا في طبقات الصخور الرسوبية.

* **النظرية الكيميائية Chemical theory** إلى جانب النظريتين العضوية وغير العضوية لنشأة البترول هناك النظرية الكيميائية، التي تفترض أن بعض الهيدروكربونات قد تكونت في الزمن القديم باتحاد الهيدروجين بالكربون، انظر الشكل 29-5، ثم انتشرت في باطن الأرض، واختزن فيها، وتحولت إلى النفط، الذي بدأ يتسرب إلى سطح الأرض عن طريق بعض الشقوق والصدوع في القشرة الأرضية، أو عن طريق حفر آبار الاستكشاف أو المياه، وظهرت الهيدروكربونات على هيئة غازات طبيعية وبترول، أو بقيت في بعض الطبقات

إنتاج الهيدروكربون بعملية كيميائية (غير حيوية)



الشكل 29-5 يتفاعل ثاني أكسيد

الكربون مع الهيدروجين لتكوين غاز

الميثان (هيدروكربون) والماء.

الشكل 30-5 تحتوي منطقة الخليج العربي على ثلثي الاحتياطي المؤكد للنفط العالمي، على الرغم من مساحتها الصغيرة جداً.



المسامية. ومن أدلة النظرية الكيميائية وجود احتياطيات هائلة من البترول في مناطق صغيرة جداً في مساحتها كالخليج العربي، تقترب من ثلثي الاحتياطي المؤكد للبترول العالمي، انظر الشكل 30-5، ولا يعقل أن تكون هذه المساحة مكان تجمع بالغ الضخامة من بقايا الكائنات الحية. وهذه النظرية تعني أن هناك احتمالات كبيرة للغاز الطبيعي والبترول في أماكن كثيرة من الأرض، وأن باطن الأرض يحتوي على مصدر لا ينضب من الهيدروكربونات المكونة للبترول. ويثق بعض العلماء من الولايات المتحدة والسويد وروسيا بصدق هذه النظرية، إذ جرى الحفر على أعماق تناهز خمسة آلاف متر أو أكثر، بل إن عمق بعض الآبار الاستكشافية في روسيا وصل إلى 15 km في الدرع الجرانيتية لشبه جزيرة "كولا" شمال الدائرة القطبية.

الربط مع الجيولوجيا **الآبار الاستكشافية Exploratory wells** يتم حفر هذه الآبار للتأكد من وجود النفط في المناطق المؤمل وجوده فيها، ولتحديد أنسب الأماكن التي يُرجَّح أن تكون حقولاً منتجة، وإعطاء معلومات دقيقة عن الواقع الحقيقي لعمق الطبقات الحاملة للنفط وخصائصها، وحساب كميات النفط المنتظر إنتاجها، وتقدير الاحتياطي المرجَّح من النفط في الحقل. ويعتمد اختيار مواقع الآبار في الحفر الاستكشافي Exploring drilling على نتائج المسوح الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية، وعادة تُحفر البئر الاستكشافية الأولى على قمة التركيب الجيولوجي المراد استكشافه، انظر الشكل 31-5.

الشكل 31-5 البئر الاستكشافي ثقب عميق في باطن الأرض يصل إلى الطبقة الحاملة للبترول أو الغاز بغرض الحصول عليهما، ويتم ذلك بواسطة حفار خاص لهذه الغاية.



مهن في الكيمياء

فني التنقيب عن النفط يستخدم هذا الفني أدوات لقياس وتسجيل معلومات فيزيائية وجيولوجية حول آبار النفط والغاز. فعلى سبيل المثال، قد يقوم باختبار عينة جيولوجية لتحديد محتواها من النفط، وتركيب العناصر والمعادن فيها.

المفردات

أصل الكلمة

البترول Petroleum

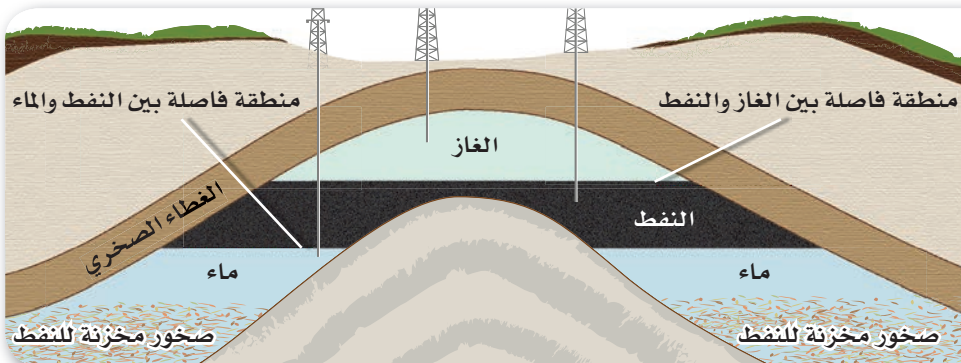
اشتقت من الأصل اللاتيني، وتعني زيت الصخر، وقد تعرف أيضاً باللغة العربية بمعنى الزيت، وأيضاً جاء في اللغة التركية على أنها تعني البئر العميقة.

المفردات الجديدة

• الصخور المخزنة للنفط

• Reservoir rock

النظرية العضوية Biogenic theory تؤكد النظرية الخاصة بالأصل العضوي أن النفط قد تكون من بقايا بعض الكائنات الحية، الحيوانية والنباتية، وبخاصة الأحياء البحرية الدقيقة، التي تجمعت مع بقايا كائنات أخرى بعد موتها في قيعان البحار والمحيطات، واختلطت برمالها، وبرواسب معدنية أخرى، وتجمعت تدريجياً في الصخور الرسوبية، وتزايد سمكها، ثم تعرضت لضغوط هائلة، وارتفعت درجة حرارتها إلى درجات عالية بفعل حركة القشرة الأرضية، وتأثير حرارة باطن الأرض، فتكونت طبقات الصخور الرسوبية، وتحولت البقايا العضوية الغنية بالكربون والهيدروجين في هذه الصخور إلى مواد هيدروكربونية، تكون منها زيت البترول والغاز الطبيعي؛ نتيجة عوامل الضغط والحرارة والتفاعلات الكيميائية، ونشاط البكتيريا الذي قام بدور مهم في انتزاع الأكسجين والكبريت والنيتروجين من المركبات العضوية بخلايا الكائنات الحية. وتنتج هذه الصخور كميات كبيرة من البترول، إلا أن ما يتحرك إلى الطبقات المجاورة قليل نسبي، أما أغلب البترول فيبقى في الصخور ولا يمكن إنتاجه. ونظرية النشأة العضوية للبترول هي الأكثر قبولاً بين العلماء المعاصرين لأسباب عديدة، أولاً: اكتشاف الغالبية العظمى من حقول البترول في الصخور الرسوبية، وبالقرب من شواطئ البحار، أو في قيعانها مثل خليج السويس والخليج العربي وبحر الشمال. أما البترول الموجود في بعض الصخور النارية أو المتحولة، فإن مصدره هو المهجرة من صخور رسوبية مجاورة. ثانياً: أن النفط المستخرج من باطن الأرض يحتوي عادة، على بعض المركبات العضوية، التي يدخل في تركيبها النيتروجين والفوسفور والكبريت، والتي توجد في خلايا الكائنات الحية فقط، سواء كانت حيوانية أم نباتية. وثالثاً: يتميز النفط بخاصية النشاط الضوئي، وهي من الخصائص المميزة للمواد العضوية التي تكاد تنفرد بها المواد العضوية. ولما كانت المواد العضوية المترسبة هي المصدر الأساسي الذي نشأ منه البترول، فإن صفاته الطبيعية وخصائصه الكيميائية تختلف باختلاف طبيعة الكائنات الحية، ومكونات الصخور الرسوبية الحاوية له. وفي تقدير المخزونات البترولية تعطى الأولوية لتحديد سمك واستمرار **الصخور المخزنة للنفط Reservoir rock**، ومسامية هذه الصخور ونفاذيتها، والضغط التي يتعرض لها النفط، انظر الشكل 32-5.



الشكل 32-5 تتحلل المواد العضوية في صخور المصدر، ثم تنتقل إلى الصخور المخزنة للنفط وتترتب بحسب كثافتها.

تكرير البترول Refining of petroleum

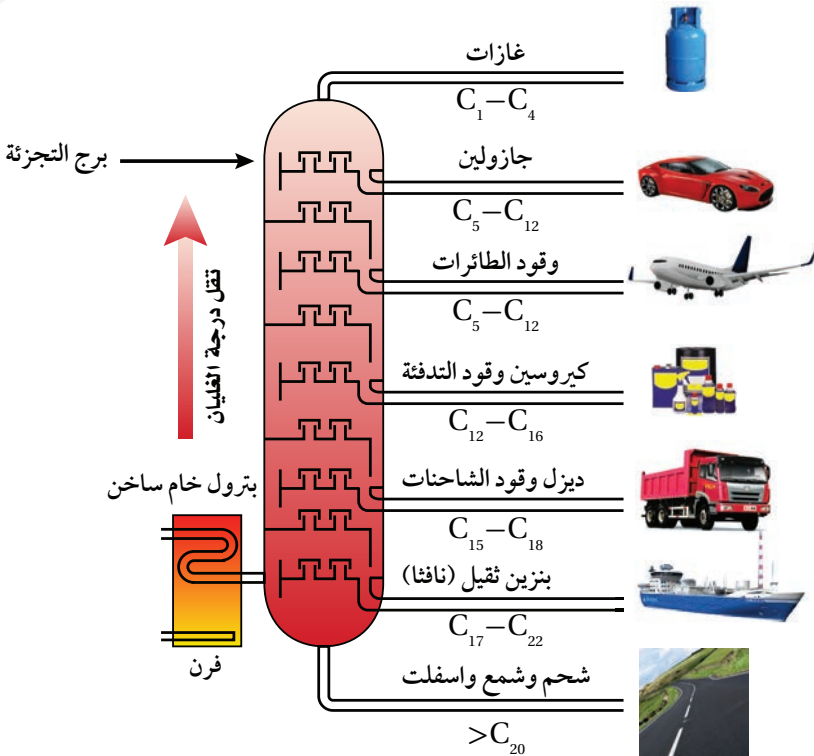
ينتج اليوم الكثير من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المسمى النفط (البترول). وقد تشكل النفط من بقايا الكائنات الحية التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. ومع مرور الزمن كونت بقايا هذه الكائنات في قاع المحيط طبقات سميكة من ترسبات شبه طينية، تحولت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة برك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحباً للترسبات النفطية، حيث يتشكلان معاً في الوقت نفسه وبالطريقة نفسها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضاً على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات. وتتم عملية التكرير من خلال ثلاث مراحل أساسية هي: الفصل، والتنقية، والتحويل. وتتم عملية فصل المكونات عن طريق التقطير التجزيئي.

التقطير التجزيئي Fractional distillation يُعد النفط - على العكس من الغاز الطبيعي - خليطاً معقداً يحتوي على أكثر من ألف مركب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكونات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي Fractional distillation**، التي تتضمن تبخير النفط عند درجة الغليان، ثم تجمع المشتقات أو المكونات المختلفة في أثناء تكثفها عند درجات حرارة متباينة. ويجري التقطير التجزيئي في أبراج للتجزئة شبيهة بما في الشكل 33-5.

المفردات الجديدة

• التقطير التجزيئي

• Fractional distillation



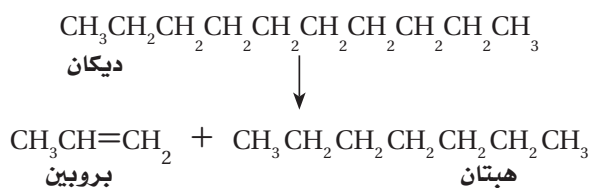
الشكل 33-5 يبين مخطط

برج التجزئة هذا كيفية سحب المكونات ذات درجات الغليان المنخفضة - ومنها الجازولين والنواتج الغازية - من المناطق الباردة القريبة من قمة البرج، في حين تبقى المواد الزيتية والشحوم ذات درجات الغليان الأعلى قريباً من قاع البرج حيث تُسحب من هناك.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من 400°C في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجياً في اتجاه أعلى البرج. وعموماً تنخفض درجات حرارة تكثف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في الشكل 34-5.

يبين الشكل 33-5 أسماء المشتقات أو المكونات الأساسية التي تُفصل عن النفط مصحوبة بدرجة غليانها، والمدى الذي يتراوح فيه حجم الهيدروكربون واستخداماته الشائعة. لاحظ الارتباط بين حجم الجزيء ونوع الوقود وكيفية استخدامه حيث تكون الجزيئات ذات الأحجام الصغيرة وقوداً ذا جودة عالية واستخداماته أوسع، ويكون سعرها أعلى من المنتجات الأخرى. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفاً لديك؛ حيث إنك تستخدمها يومياً، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في الشكل 34-5 لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكونات. فعلى سبيل المثال، نادراً ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على مواءمة العرض مع الطلب، وأُطلق على هذه العملية التي تُحوّل فيها المكونات الثقيلة إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية التكسير الحفزي **Catalytic cracking**.



وتحدث عملية التكسير الحفزي عند غياب الأكسجين ووجود عامل حفّاز. وبالإضافة إلى تكسير الهيدروكربونات الثقيلة إلى جزيئات بالحجم المطلوب في الجازولين فإن هذه العملية تنتج أيضاً المواد الأولية لصناعة الكثير من المنتجات المختلفة، ومنها المنتجات البلاستيكية وأفلام التصوير والألياف الصناعية. انظر وحدة التكسير الحراري في الشكل 35-5.

✓ **ماذا قرأت؟** صف العملية التي يحدث من خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات مرغوبة أكثر وذات سلاسل أصغر.

تصنيف الجازولين Rating gasoline لا تُعد أي من المشتقات الناتجة عن تكرير النفط الخام مادة نقية. فكما هو موضح في الشكل 33-5، يُعد الجازولين خليطاً من الهيدروكربونات السائلة (هبتان وإيزوأوكتان) بنسب مختلفة، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية

الشكل 34-5 تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فالآلاف المنتجات التي نستخدمها في منازلنا وفي التنقل والصناعة ناتجة عن عملية تكرير (تنقية) النفط.

استنتج ما نوع المواد المنبعثة من مصافي النفط التي يجب التحكم فيها لحماية البيئة؟



المفردات الجديدة

• التكسير الحفزي

• Catalytic cracking



الشكل 35-5 وحدة نموذجية للتكسير الحفزي في مصفاة نفط.



الشكل 36-5 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) في الوقود. فالتصنيف الأوكتاني للبنزين السيارات المتوسط الدرجة 89، والتصنيف الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فتصنيفه الأوكتاني 110.

من 5-12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عما استُخدم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فالיום يجري تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير التجزيئي من خلال ضبط تركيبه وإضافة مواد تؤدي إلى تحسين أدائه في محرك المركبات، وتؤدي أيضاً إلى تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات.

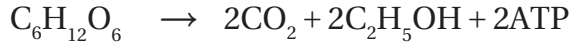
لذا فمن الضروري جداً أن يحدث اشتعال خليط الجازولين والهواء في أسطوانة محرك المركبة في اللحظة المناسبة، وأن يجري احتراقه تماماً. فإذا حدث الاشتعال قبل الموعد المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرعة) تماماً، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوباً بفرقعة (knocking).

أنشئ نظام تصنيف الأوكتان (رقم الأوكتان)، أو منع الفرقعة، للبنزين في أواخر العشرينيات، مما أدى إلى إدراج تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين كما في الشكل 36-5. فللبنزين المتوسط الدرجة تصنيف أوكتان يقارب 89، في حين للبنزين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضاً. وفي دولة قطر تم تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين 91، 95.

الربط مع الجيولوجيا وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake - في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط - بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيراً.

ومن المتوقع في العقود القادمة وصول احتياج الطاقة لذروته، مما سيرفع الطلب على إنتاج النفط إلى كميات غير مسبوقة، مما يعني أن هذه الثغرة في الإمداد يجب أن يتم سدها عبر استهلاك أقل للطاقة، وباستخدام طاقات بديلة كالطاقة المتجددة مثلاً، بحيث يتم الاستغناء شيئاً فشيئاً عن الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة.

الإيثانول الحيوي Bioalcohol أثار استخدام بعض المحاصيل الزراعية كالذرة وقصب السكر لإنتاج الإيثانول - كوقود حيوي - ردود فعل سلبية واسعة في شتى أنحاء العالم، حيث تبين أن إنتاج هذا النوع من الوقود، قد أدى إلى ارتفاع أسعار بعض المواد الغذائية، ومن أهمها الذرة التي يعتمد عليها كثير من شعوب العالم في غذائهم اليومي. وتستعمل عملية التخمير، وهي عملية كيميائية يتم من خلالها تحطيم المادة السكرية بواسطة الإنزيمات للحصول على الطاقة منتجة بذلك الإيثانول وثاني أكسيد الكربون كناتج أساسي لعملية التخمير.



جلوكوز إيثانول طاقة

يعود استخدام الإيثانول كوقود للسيارات على نطاق تجاري إلى عام 1975م، عندما لجأت البرازيل إلى إنتاج هذا الوقود من السكر، وفي عام 1990م تبنت الولايات المتحدة عملية إنتاج الإيثانول من الذرة على نطاق واسع. وفي عام 2013م تبوأ مركز الصدارة في العالم، إذ بلغ إنتاجها 13.3 مليار جالون، تلتها البرازيل بنحو 6.3 مليار جالون، علماً بأن الإنتاج العالمي من الإيثانول يبلغ حالياً نحو 1.87 مليون برميل يومياً.

وتتعدد أسباب تزايد الاعتماد على وقود الإيثانول، فبعضها يعود إلى أسباب بيئية، نظراً لما يتسبب به الوقود الأحفوري المستخدم في وسائل النقل المختلفة من انبعاثات غازية ضارة، تؤثر على مناخ العالم بشكل كبير مما يسهم في تفاقم مشكلة ظاهرة الاحتباس الحراري، كذلك فقد ظهر اتجاه عام في أميركا وبعض الدول الأوروبية لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ودعم للأبحاث التي تهدف إلى إيجاد مصادر للطاقة المتجددة، ومن تلك المصادر الوقود الحيوي، ومنها الإيثانول الذي يتم استخراجه من عمليات التخمير الحيوي، ومزجه مع الجازولين كوقود لمحركات السيارات، حيث يخلط بنسب محددة للحصول على وقود خاص للمركبات؛ إذ إن استخدام 10% إيثانول و90% جازولين يمكن أن يستعمل في أي محرك سيارة دون إجراء تعديلات على المحرك، ويرمز لهذا الوقود بالرمز E10، أما في حال زادت نسبة الخلط، فإنه يستلزم إدخال بعض التعديلات على محرك السيارة. وفي حال كانت نسبة الخلط 85% إيثانول ففي هذه الحالة يستلزم تصميم محركات احتراق خاصة بالمركبات تستطيع التعامل مع هذا النوع من الوقود. انظر الشكل 37-5.

الدواء الحيوي Biomedicine تُنتج شركات الأدوية العديد من الأدوية المستخرجة من النباتات والفطريات، ومن هذه الأدوية مقويات القلب، والمسكنات وبعض المضادات الحيوية. فمثلاً يستخرج عقار الديجيتال المقوي للقلب من أوراق شجرة قفاز الثعلب. ويستخلص البنسلين من الفطر.



الشكل 37-5 أنواع مختلفة من الوقود الحيوي.

التقويم 5-4

الخلاصة

- يوجد ثلاث نظريات لتفسير نشأة النفط، وهي: غير العضوية، والكيميائية، والعضوية.
- التكسير الحفزي، عملية كيميائية يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة بوجود عامل حفّاز، وبغيات الأكسجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.
- العديد من المركبات العضوية مكونة من مواد نباتية أو مواد حيوانية.

37. الفكرة الرئيسية ما المقصود بالنفط؟

- 38. عدّد النظريات الثلاث التي تفسّر نشوء النفط.
- 39. استعرض الأدلة التي تدعم النظرية العضوية لتفسير تكون النفط.
- 40. صف عملية التقطير التجزيئي.
- 41. وضح المقصود بعملية التكسير الحفزي.
- 42. وضح الهدف من نظام تصنيف الأوكتان (رقم الأوكتان).
- 43. فسّر البيانات اعتمادًا على الشكل 30-5. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجة أي مكّون نفطي عندما يُبرّد إلى درجة حرارة الغرفة؟
- 44. توقع التغير في درجات الغليان والانصهار لمكونات النفط مع التغير في عدد ذرات الكربون. فسّر توقعك.
- 45. اكتب معادلة كيميائية توضح فيها عملية إنتاج الإيثانول الحيوي من عملية تخمر المواد الكربوهيدراتية.

كيف تعمل الأشياء؟

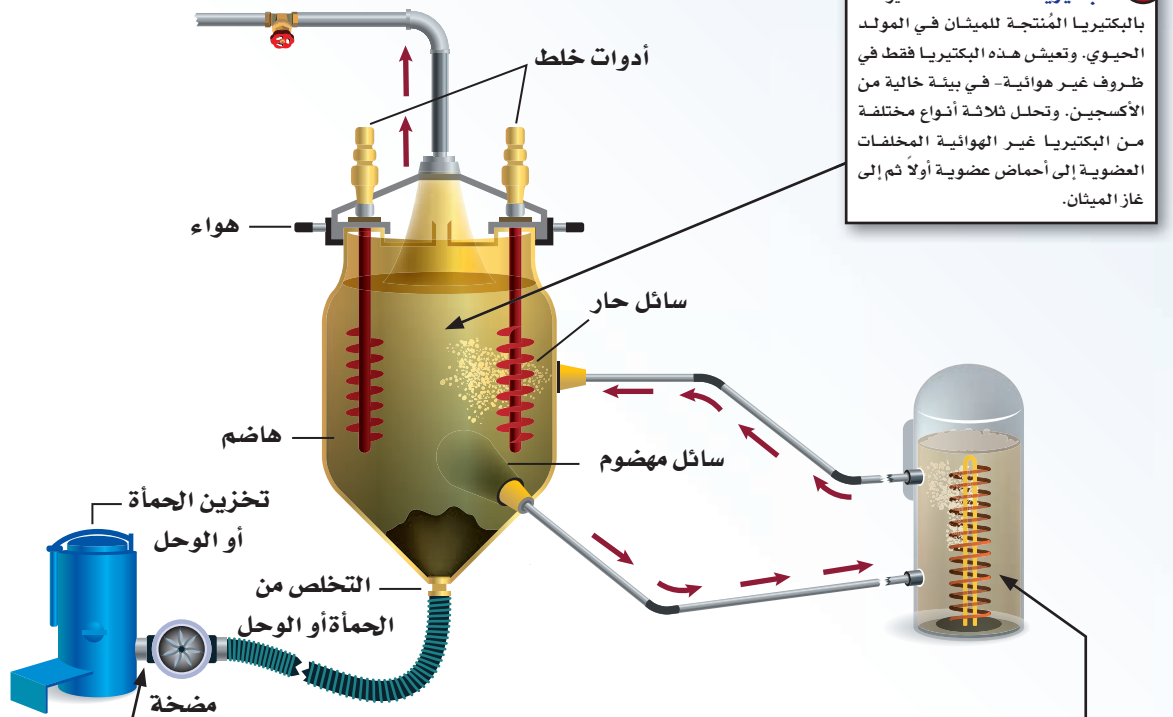
تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل المولد الحيوي للميثان Biogenerator

يأمل المتخصصون أن يساهم مربو الحيوانات الأليفة في تقديم المخلفات العضوية لحيواناتهم لمشروع تجريبي يحول المواد العضوية إلى طاقة مفيدة؛ إذ يحول المولد الحيوي المخلفات العضوية إلى غاز بيولوجي (حيوي) - وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون، وحرق الميثان يزود بالطاقة اللازمة.



4 **الغاز يُجمع** والغاز ويضغط، فإما أن يُستخدم فوراً أو يُخزن. ويمكن استعمال غاز الميثان لتدفئة المنازل أو توليد الكهرباء.

1 **البكتيريا** تُخلط فضلات الحيوانات بالبكتيريا المُنتجة للميثان في المولد الحيوي. وتعيش هذه البكتيريا فقط في ظروف غير هوائية - في بيئة خالية من الأكسجين. وتحلل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا غير الهوائية المخلفات العضوية إلى أحماض عضوية أولاً ثم إلى غاز الميثان.



2 **درجة الحرارة** تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان، كما هو الحال في أي تفاعل كيميائي. ومن ذلك البكتيريا في أجسامنا. إن البكتيريا في الجهاز أعلاه تكون أكثر فاعلية بين 35°C و 37°C . ويساعد جهاز التدفئة الخارجي. بالإضافة إلى العزل الحراري حول حجرة الهضم. على إبقاء درجة الحرارة ثابتة وضمن الحدود المثالية.

3 **الحمأة (الوحل)** لا تستطيع البكتيريا تحويل المخلفات العضوية للحيوانات بنسبة 100% إلى ميثان. فالمادة المتبقية غير القابلة للهضم المسمدة بالحمأة أو الفضلات تكون غنية بالسماذ النباتي، ويمكن خلطها مع التربة.

الكتابة في الكيمياء

ابحثا عمل كتيبا تبين فيه كيفية إنتاج الغاز من المخلفات العضوية.

مختبر الكيمياء

تفاعلات وخصائص الهيدروكربونات

3. انقل 10 نقاط من الهيدروكربونات إلى أنابيب اختبار منفصلة. أضف حجماً مساوياً من 2M HCl، ثم حرّك المزيج، ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

4. انقل 10 نقاط من الهيدروكربونات إلى أنابيب اختبار منفصلة. أضف حجماً مساوياً من 2M NaOH، ثم حرّك المزيج، ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

5. هذه الخطوة يجب أن تتم في خزانة سحب الغازات. انقل 5 نقاط من الهيدروكربونات إلى أنابيب منفصلة، ثم أضف إلى كل منها 10 نقاط من محلول البروم. أغلق أنابيب الاختبار وحرّك المزيج بحذر. ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت تغيرات في الألوان؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

6. انقل 10 نقاط من الهيدروكربونات إلى أنابيب اختبار منفصلة. ثم أضف إلى كل منها بالتدريج نقاطاً من محلول برمنجنات البوتاسيوم. حرّك المزيج بعد كل نقطة حتى تلاحظ ثبات اللون البنفسجي. احسب عدد النقاط التي لزمت لذلك. ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

7. اخلط 5 نقاط من الألكان مع 5 نقاط من الألكين في أنبوب اختبار جديد. حرّك المزيج جيداً. ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

حل واستنتج

1. نظم نتائج تجربتك في جدول.
2. ناقش الاختلافات بين شعلة الاحتراق في كل من الألكان والألكين.
3. اكتب معادلات كيميائية موزونة لأيّ تفاعلات حدثت في الخطوات من 1 - 7.
4. أيهما أكثر نشاطاً: الألكان أم الألكين؟ فسّر باختصار.
5. قارن الخصائص الفيزيائية لكل من الألكان والألكين.

الاستقصاء

صمم صمم تجربة تميّز فيها بين الأوكتان والأوكتين.

الخلفية النظرية تعدّ الألكانات والألكينات سلاسل هيدروكربونية متماثلة. فالألكانات (وهي هيدروكربونات مشبعة) تتميز - نسبياً - بعدم نشاطها الكيميائي، أمّا الألكينات (وهي هيدروكربونات غير مشبعة) فتتميز بالنشاط الكيميائي؛ بسبب الرابطة التساهمية الثنائية بين الكربون والكربون التي تشارك بسهولة في تفاعلات الإضافة، إضافةً إلى أن العوامل المؤكسدة تحوّل الألكينات إلى كحولات.

السؤال قارن بين الألكانات والألكينات من حيث نشاطها الكيميائي وخصائصها.

المواد والأدوات اللازمة

- 10 أنابيب اختبار صغيرة. - 2M HCl
- موقد بنزن. - 2M NaOH
- صفيحة مقاومة للحرارة. - 0.02 M KMnO₄ محمض
- حوض تبخير (عدد 2). - 0.02 mol KMnO₄
- عبوات زجاجية بقطارة من: - في (H₂SO₄ M)
- محلول البروم (10mL من - الهكسان الحلقي
- Br₂ في 90mL من ثنائي - الهكسين الحلقي
- كلوروميثان (CH₂Cl₂).

إجراءات السلامة

تحذير: يسبّب البروم حروقاً للجلد، وهو ضار جداً على العيون والأنف والرئتين، لذلك يجب استخدام البروم ومحاليله في خزانة سحب الغازات. والهيدروكربونات مادة قابلة للاحتراق، لذلك يجب إبقاؤها بعيدة عن مصادر اللهب.

خطوات العمل

1. ضع 5 نقاط من الألكان في حوض تبخير، و5 نقاط من الألكين في حوض تبخير آخر، ثم ضع الحوضين على صفيحة التسخين. أشعل السوائل في الحوضين في خزانة سحب الغازات مستخدماً لهب بنزن، وقارن بين الشعلتين من حيث اللون، ودرجة الاحتراق.

2. انقل 10 نقاط من الهيدروكربونات إلى أنابيب اختبار منفصلة. أضف حجماً مساوياً من الماء، ثم حرّك المزيج، ولاحظ: هل امتزجت السوائل؟ وهل حدثت أيّ تفاعلات؟

دليل مراجعة الوحدة

5

الوحدة

الفكرة العامة الهيدروكربونات هي مركبات عضوية، تختلف خصائصها باختلاف التركيب الكيميائي.

5-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسية

الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

المفردات

- الكيمياء العضوية • Organic chemistry
- المجموعة الوظيفية • Functional group
- الهيدروكربونات • Hydrocarbons
- الهيدروكربون المشبع • Saturated hydrocarbon
- الهيدروكربون غير المشبع • Unsaturated hydrocarbon

المفاهيم الرئيسية

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المجموعة الوظيفية هي الجزء الفعّال في المركب العضوي، ويحدد الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركب.
- تعتمد الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية على: عدد وترتيب ذرات الكربون في الجزيء، والمجموعات الوظيفية في الجزيء.

5-2 الألكانات والألكينات

الفكرة الرئيسية

الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية. والألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة.

المفردات

- الألكانات • Alkanes
- الصيغ المكثفة • Condensed formulas
- السلسلة الرئيسية • Main chain
- السلسلة المتماثلة • Homologous series
- الهيدروكربون الحلقي • Cyclic hydrocarbon
- الألكانات الحلقية • Cyclic alkanes
- الألكينات • Alkenes
- البلمرة • Polymerization

المفاهيم الرئيسية

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.
- والألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة.
- تعد الألكينات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

5-3 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسية

لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

المفردات

المفاهيم الرئيسية

- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معاً.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

- المتشكلات
- Isomers
- المتشكلات البنائية
- Structural isomers
- المتشكلات الفراغية
- Stereoisomers
- المتشكلات الهندسية
- Geometrical isomers
- الكيرالية
- Chirality
- المتشكلات الضوئية
- Optical isomers
- الدوران الضوئي
- Optical rotation

5-4 النفط

الفكرة الرئيسية

النفط عبارة عن خليط من عدة مركبات هيدروكربونية.

المفردات

المفاهيم الرئيسية

- يوجد 3 نظريات تفسّر كيفية نشوء النفط هي: غير العضوية، والكيميائية، والعضوية.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.
- العديد من المركبات العضوية مكونة من مواد نباتية أو مواد حيوانية.

- الصخور المخزنة للنفط
- Reservoir rock
- التقطير التجزيئي
- Fractional distillation
- التكسير الحفزي
- Catalytic cracking

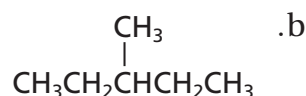
5-2

إتقان المفاهيم

53. اكتب الصيغة العامة لكل من الألكان، والألكين.
54. صف خصائص السلاسل المتماثلة للهيدروكربونات.
55. اذكر استخدامات سُمِّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقوداً، ثم اذكر استخداماً آخر لكل منها.
56. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:
- a. الإيثان c. البروبان
b. الهكسان d. الهبتان
57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.
58. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:
- a. الميثان
b. البيوتان
c. الأوكتان
59. كيف يختلف بناء الألكينات عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟
60. وضح كيف تميز بين الألكان والألكين في المعمل؟

إتقان حل المسائل

61. سُمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية التالية:



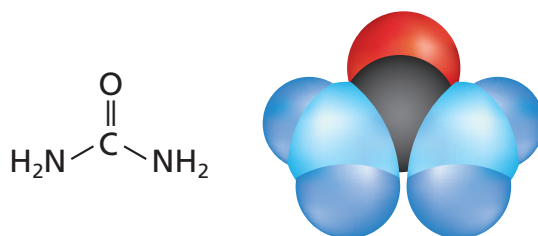
5-1

إتقان المفاهيم

46. الكيمياء العضوية لماذا أدى اكتشاف فوهرلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟
47. ما الخصائص الرئيسة للمركب العضوي؟
48. ما خصائص الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟
49. فسر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

إتقان حل المسائل

50. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟
- a. رابطة أحادية
b. رابطة ثنائية
51. يبين الشكل 5-38 نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهرلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 5-38

- a. حدّد نوع كل من النموذجين.
- b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.
52. اكتب الصيغة المكثفة والبنائية لمركب البنتان C_5H_{12} .

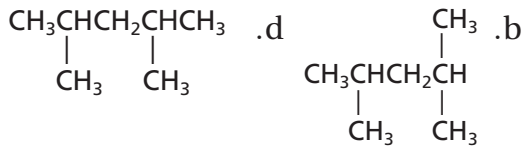
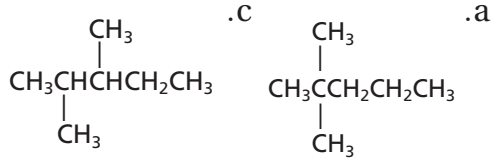
5-3

إتقان المفاهيم

65. فيم تتشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟
66. صف الاختلاف بين متشكلات مجاور (cis)، ومضاد (trans) من حيث الترتيب الهندسي.
67. ما خصائص ذرة الكربون الكيرالية؟
68. الضوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟
69. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

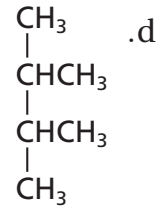
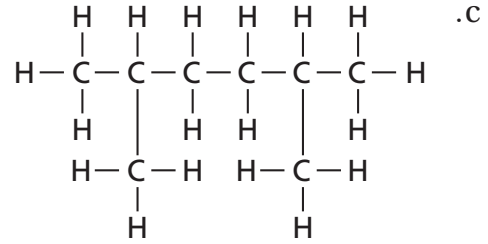
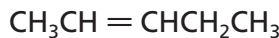
إتقان حل المسائل

70. عيّن زوج المتشكلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:



71. اكتب صيغاً بنائية لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8 .

72. اكتب متشكليين cis و trans للجزيء الممثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:



62. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

a. هبتان

b. 2-ميثيل هكسان

c. 3,2-ثنائي ميثيل بنتان

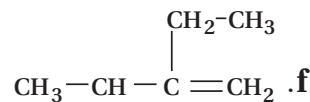
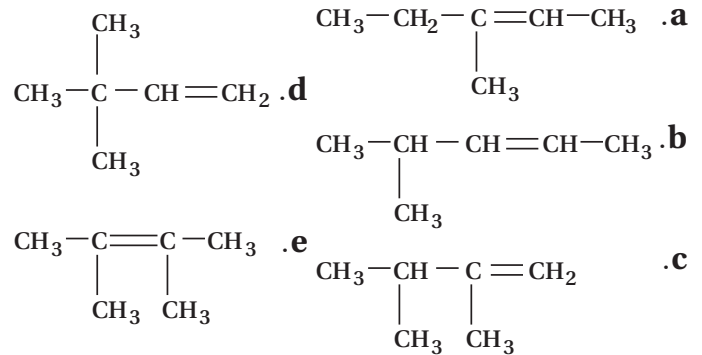
d. 2,2-ثنائي ميثيل بروبان

63. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

a. 3,2-ثنائي ميثيل بيوتان

b. 3,3-ثنائي إيثيل 2-ميثيل بنتان.

64. اكتب أسماء المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:



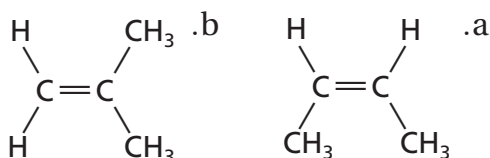
الجدول 5-8 درجات غليان الألكانات	
المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	- 161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	- 0.5
البروبان	- 42.1

80. فسر. لماذا تقوم عملية فصل مكونات النفط على مبدأ التقطير التجزيئي؟

81. فسر. العديد من المركبات العضوية مكونة من مواد نباتية أو مواد حيوانية.

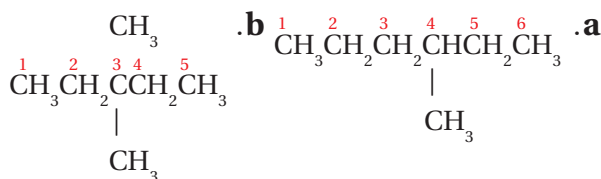
مراجعة عامة

82. هل تمثل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسر إجابتك، ثم حدد هل توجد علاقة بينهما؟

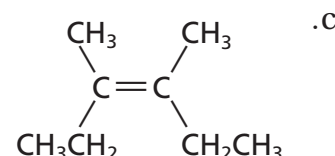
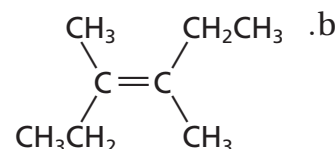
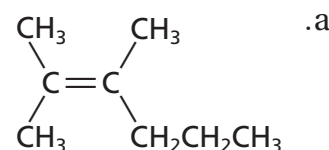


83. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

84. حدّد ما إذا كان كل من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعد كتابتها بالترقيم الصحيح:



73. عيّن زوج المشكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبيّناً سبب اختيارك، ثم فسر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:



5-4

إتقان المفاهيم

74. اذكر اسم مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

75. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي يعتمد عليها لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

76. ما الأدلة على صحة النظرية العضوية في نشأة النفط؟

77. حدّد المقصود بالتكسير الحفزي.

78. حدّد المقصود بالإيثانول الحيوي.

إتقان حل المسائل

79. التقطير رتب المركبات المدرجة في الجدول 5-8 حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها التجزيئي من الخليط.

5 تقويم الوحدة

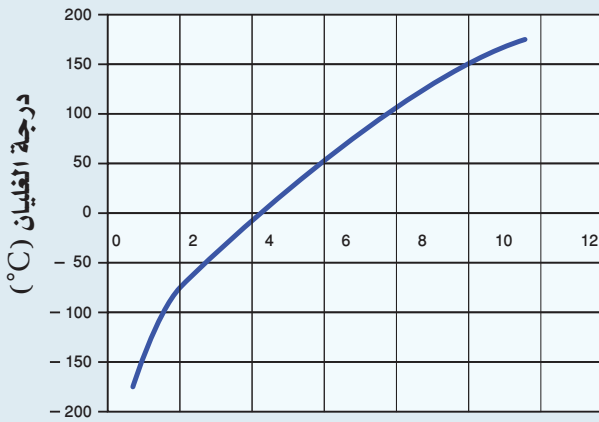
التقويم الإضافي

الكتابة في الكيمياء

91. الجازولين كان المركب "رباعي إيثيل الرصاص" لسنوات كثيرة، مكوناً أساسياً في الجازولين لمنع الفرقعة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يتخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

أسئلة المستندات

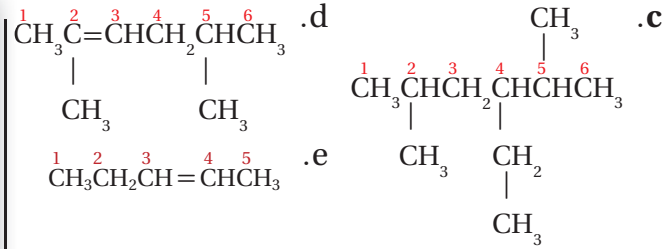
يمثل المنحنى في الشكل 39-5 العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الألكانات العشرة الأولى ودرجات غليانها. استخدم المنحنى في الإجابة عن السؤالين 92، 93.



الشكل 39-5

92. توقع درجة غليان الألكانات التي تحتوي 11، 12 ذرة كربون على التوالي.

93. استنتج العلاقة بين عدد ذرات الكربون في جزيء الألكان وقوى التجاذب بين جزيئاته.



85. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل C_5H_{12} ؟

86. أيهما تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكلات البنائية أم زوج من المتشكلات الفراغية؟ فسر استنتاجك.

التفكير الناقد

87. حدّد اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

- a. 2-إيثيل-2-بيوتين
b. 5، 5-ثنائي ميثيل-2-هكسين
c. 2، 2، 4-ثلاثي ميثيل بنتان

88. السبب والنتيجة فسر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان، فعالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

89. فسر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الهيدروكربونات ودرجة غليان الألكانات.

مسألة تحفيز

90. ذرات الكربون الكيرالية يحتوي الكثير من المركبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكل ذرة كربون كيرالية في المركب زوج من المتشكلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكلات المحتملة للمركب مساوٍ لـ 2^n ، حيث تشير n إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتب الصيغ البنائية للمركبات أدناه، وحدّد عدد المتشكلات الفراغية الممكنة لكل منها.

- a. 3، 5-ثنائي ميثيل نونان
b. 3، 7-ثنائي ميثيل-5-إيثيل ديكان.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. إلى أي فئة ينتمي المركب الهيدروكربوني الذي يحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط؟

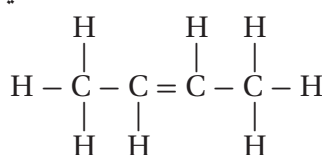
a. الألكانات

b. الألكينات

c. الألكينات الحلقية

d. الألكينات الحلقية

2. إلى أي فئة من مركبات الهيدروكربونات ينتمي المركب التالي؟



a. الألكانات

b. الألكينات

c. الألكينات

d. الكربونات

3. ما عدد ذرات الهيدروجين التي ترتبط مع 3 ذرات من

الكربون في جزيء الألكان؟

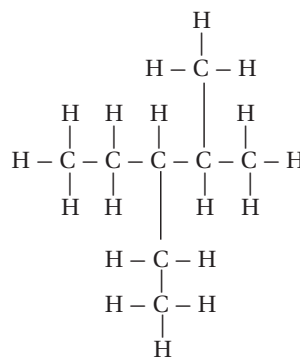
a. 4

b. 6

c. 8

d. 10

4. ما الاسم العلمي بحسب نظام IUPAC للمركب التالي؟



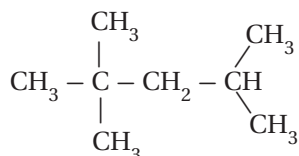
a. أوكتان

b. 3 - إيثيل - 4 - ميثيل بتان

c. ميثيل بتان

d. 3 - إيثيل - 2 - ميثيل بتان

5. ما الاسم العلمي بحسب نظام IUPAC للمركب التالي؟



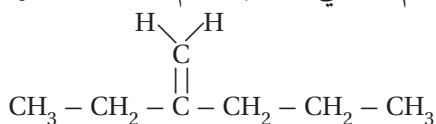
a. 1، 3 - خماسي ميثيل بروبان

b. 1، 1، 3، 3 - رباعي ميثيل بيوتان

c. 2، 4، 4 - ثلاثي ميثيل بتان

d. 2، 2، 4 - ثلاثي ميثيل بتان

6. ما الاسم العلمي بحسب نظام IUPAC للمركب التالي؟



a. 3 - ميثيل هكسان

b. 2 - بروبيل - 1 - بيوتين

c. 4 - إيثيل - 4 - بنتين

d. 2 - إيثيل - 1 - بنتين

7. ما الاسم الذي يطلق على عملية تسخين النفط الخام

البترو لافصل مكوناته بعضها عن بعض؟

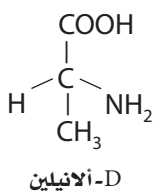
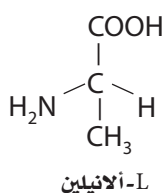
a. التكسير الحفزي

b. الفرقة

c. التقطير التجزيئي

d. الدوران الضوئي

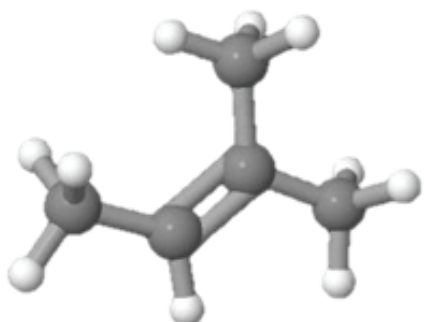
8. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريباً على هيئة (L).
فأي المصطلحات الآتية يصف بدقة العلاقة بين المركبين
L-أنيلين و D-أنيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

اختبار مقنن

13. سمّ الألكين الموضح في الشكل:



14. اكتب الصيغة العامة لكل من الألكانات والألكينات.

15. اذكر أبرز استخدامات الهيدروكربونات في الحياة اليومية.

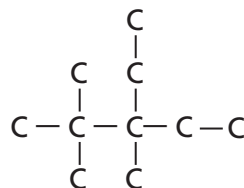
أسئلة الإجابات المفتوحة

16. بين كيف ساهمت الهيدروكربونات في تطوير صناعة البوليمرات؟

17. توقع ما الذي يمكن أن يحدث لطبيعة الحياة على الكرة الأرضية في حالة نفاذ النفط من العالم؟

18. لماذا تُعدُّ النظرية العضوية في نشأة النفط الأكثر قبولاً لدى العلماء؟

- a. متشكلات بنائية
- b. متشكلات هندسية
- c. متشكلات ضوئية
- d. متشكلات فراغية



9. ما اسم المركب ذي الصيغة الهيكلية المبينة أعلاه؟

- a. 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل - 3 - إيثيل بنتان
- b. 3 - إيثيل - 3، 4، 4 - ثلاثي ميثيل بنتان
- c. 2 - بيوتيل - 2 - إيثيل بيوتان.
- d. 3 - إيثيل - 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل بنتان.

10. أي الألكانات التالية الأقل في درجة انصهارها؟

- a. C_2H_6
- b. C_4H_{10}
- c. C_8H_{18}
- d. $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$

أسئلة الإجابات القصيرة

11. حدد المقصود بكل من الألكان والألكين.

12. اكتب اسم العملية المناسبة عن يمين تعريف كل منهما:

1. التقطير التجزيئي 2. التكسير الحراري

- a. عملية يتم فيها تحويل جزيئات النفط الكبيرة إلى جزيئات صغيرة.
- b. عملية يتم فيها فصل النفط إلى مكوناته.

مشتقات الهيدروكربونات وتفاعلاتها

Substituted Hydrocarbons and Their Reactions

6

الزيتون

رقم الوحدة: 11AC.6

الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

1-6 الألكانات الهالوجينية

Haloalkanes

الفكرة الرئيسية مركبات عضوية تحل فيها ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

2-6 الكحولات، والأمينات

Alcohols and Amines

الفكرة الرئيسية الكحولات مركبات عضوية تتكون من استبدال ذرة هيدروجين بمجموعة OH، بينما الأمينات تتكون من استبدال ذرة هيدروجين في جزيء الأمونيا NH_3 بشق هيدروكربوني.

3-6 مركبات الكربونيل

Carbonyl Compounds

الفكرة الرئيسية تحتوي الألدهيدات والكيونات على مجموعة الكربونيل في كل منهما.

4-6 الزيوت والدهون

الفكرة الرئيسية تمثل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية مخزوناً من الطاقة لكل من النبات والحيوان، وتنظيم الأنشطة الحيوية.

5-6 المركبات الأروماتية

Aromatic Compounds

الفكرة الرئيسية تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، وظاهرة الرنين.

يعدُّ زيت الزيتون من المعجزات الطبيعيّة التي خلقها الله عز وجل وأنعم على البشرية بها، وذلك بفضل تركيبته الطبيعيّة ومكوناته الفريدة. ويتكون من عدد من الأحماض الدهنية، بما فيها الأكساليك والأولييك والإستياريك؛ بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من المواد الأخرى المفيدة لجسم الإنسان.

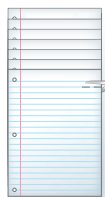
نشاطات تمهيدية

المجموعات الوظيفية :
صمم المطوية الآتية لتنظيم
المعلومات حول المجموعات
الوظيفية للمركبات العضوية.

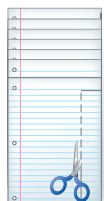
المطويات

منظمات الأفكار

الخطوة 1 ضع سبع أوراق
على شكل طبقات، كما في
الصورة المجاورة.



الخطوة 2 قص الأوراق السبعة
أفقياً بطول 3 سم، وذلك عند
السطر السادس من الجهة العلوية
للأوراق.



الخطوة 3 اعمل قطعاً
عمودياً من أسفل حتى يلتقي مع
القطع الأفقي.

الخطوة 4 ضع ورقة صحيحة أسفل الأوراق
المقطوعة الأخرى، ثم
اضبط قمم وجوانب كافة
الأوراق، ودبس المطوية أو
ضعها في دفتر الملاحظات،
ثم ضع عليها علامات
التبويب كما هو مبين في
الشكل.

○	مشتقات الهيدروكربونات
○	هاليدات الألكيل
○	الكحولات والأمينات
○	الألدهيدات
○	الكيتونات
○	الأحماض الكربوكسيلية
○	الإسترات
○	الأميدات

المطويات استعمل هذه المطوية مع الدروس
1-6، و2-6، و3-6، وفي أثناء قراءتك لهذه الأقسام
لخص ما تعلمته عن تصنيف المركبات العضوية وتركيبها،
واذكر أمثلة على كل منها.

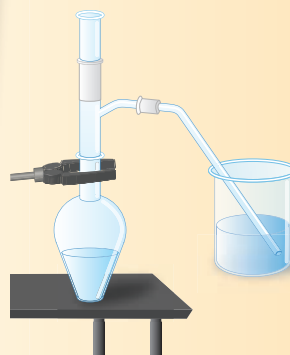
لتنفيذ التجربة الاستهلاكية ارجع إلى
كراسة التجارب العملية.

تجربة استهلاكية

تجربة استهلاكية

تحضير بروموإيثان في المختبر

يعرف بروموإيثان أيضاً باسم بروميد الإيثيل، وهو مركب
كيميائي ينتمي إلى مجموعة الألكانات الهالوجينية (هاليدات
الألكيل).



تحذير: نفذ هذه التجربة
في خزانة سحب الأبخرة،
وتعامل بحذر مع الكحول
واعمل بعيداً عن مصادر
اللهب، فهو قابل للاشتعال
بسرعة.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ركب الجهاز كما هو موضح في الشكل المرفق.
3. ضع 5mL من الإيثانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ في دورق
تسخين كروي.
4. أضف 5mL من حمض الكبريتيك المركز إلى الدورق
بشكل نقاط، مع تحريك المزيج بلطف.
5. قم بتبريد الدورق بوضعه في حمام مائي.
6. أضف 6g من مسحوق بروميد الصوديوم NaBr إلى
المزيج.
7. سخّن المزيج بلطف، ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. حدد أي الطبقتين تمثل بروموإيثان.
2. اكتب معادلات التفاعل.
3. فسّر سبب تبريد الدورق في الخطوة 5.

استقصاء صمّم تجربة أخرى لتحضير بروموإيثان. هل تحصل
على نفس النتائج إذا استبدلت مادة بروميد الصوديوم بمادة
بروميد البوتاسيوم KBr؟ فسّر.

الألكانات الهالوجينية

Haloalkanes

معايير الأداء الرئيسية

24.1 – 24.9 – 24.10

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.6 – 11A.1.8

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يحدد المقصود بالألكانات الهالوجينية (هاليدات الألكيل).
- يسمِّ هاليدات الألكيل بطريقة التسمية الدولية IUPAC.
- يوضح بعض خواص واستعمالات هاليدات الألكيل.
- يكتب معادلات كيميائية تمثل تفاعلات الاستبدال والحذف التي تشترك فيها هاليدات الألكيل.

مراجعة المفردات

المركب الأليفاتي: مركب هيدروكربوني غير عطري، مثل الألكان، والألكين.

المفردات الجديدة

- المجموعة الوظيفية
- Functional group

الفكرة الرئيسية مركبات عضوية تحل فيها ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

الربط مع الحياة إذا كنت تلعب ضمن فريق، فأَي اللاعبين يمكن تغييرهم في أثناء اللعب؟ يمكن على سبيل المثال تغيير اللاعب الذي يشعر بالإرهاق. نلاحظ أن أداء الفريق قد تغير بعد عملية الاستبدال.

المجموعات الوظيفية Functional groups

من المعروف أن ذرات الكربون في الهيدروكربونات ترتبط فقط مع ذرة كربون أخرى أو ذرات هيدروجين. ولكن يمكن لذرة الكربون أيضًا أن تكون رابطة تساهمية قوية مع عناصر أخرى، ومن أكثرها شيوعًا الأكسجين والنيتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفوسفور.

وتوجد ذرات هذه العناصر في المواد العضوية بوصفها جزءًا من المجموعات الوظيفية. والمجموعة الوظيفية **Functional group** في المركبات العضوية هي ذرة أو مجموعة من الذرات تكسب المركب العضوي خواص مميزة، وتتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافة المجموعات الوظيفية للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائمًا مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية. والمواد الظاهرة في الشكل 1-6 – صناعية كانت أم طبيعية – جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً.



الشكل 1-6 جميع هذه المواد تحتوي على نوع واحد – على الأقل – من المجموعات الوظيفية التي ستدرسها في هذه الوحدة. فعلى سبيل المثال يكون للفواكه والأزهار رائحة تميزها، ويعزى هذا إلى وجود مجموعة الإستر الفعالة COO – في تركيب جزيئات هذه المواد.

المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية			الجدول 6-1
رمز المجموعة الفعالة	المجموعة الوظيفية	الصيغة العامة	نوع المركب
X (X = F, Cl, Br, I)	الهالوجين	R—X (X = F, Cl, Br, I)	هاليدات الألكيل
—OH—	الهيدروكسيل	R—OH	الكحولات
—O—	الإثير	R—O—R'	الإثيرات
—NH ₂	الأمين	R—NH ₂	الأمينات
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	الألدهيد	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	الألدهيدات
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	الكيتون	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	الكيتونات
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	الكربوكسيل	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	الأحماض الكربوكسيلية
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	الإستر	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	الإسترات
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$	الأميد	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ \text{R}'-\text{C}-\text{N}-\text{R} \end{array}$	الأميدات

ويبين الجدول 6-1 بعض المركبات العضوية، ومجموعاتها الوظيفية الشائعة. ويمثل الرمز R و R' سلسلة أو حلقة من الكربون مرتبطة مع المجموعة الوظيفية. تذكر أن الرابطة الثنائية بين ذرات الكربون تعد مجموعة وظيفية، على الرغم من وجود ذرات كربون وهيدروجين فقط. ومن خلال معرفة خواص المجموعة الوظيفية يمكنك توقع خواص المركبات العضوية التي تحتوي عليها، حتى لو لم تكن تعلمتها سابقاً.

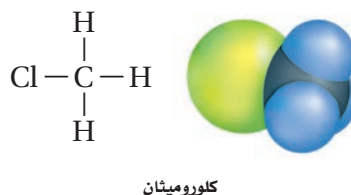
مركبات عضوية تحتوي على الهالوجينات Organic compounds containing halogens

الهالوجينات هي أبسط المجموعات التي يمكن أن تفكر فيها على أنها مجموعات وظيفية مرتبطة مع الهيدروكربونات؛ فإذا حلت ذرة هالوجين محل أي ذرة هيدروجين من الألكان نتج هاليد الألكيل. وهاليدات الألكيل **Alkyl halides** أو الألكانات الهالوجينية Haloalkanes عبارة عن ألكانات تحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتوجد الهالوجينات الأربع الأولى - الفلور والكلور والبروم واليود - في العديد من المركبات العضوية. وعلى سبيل

المفردات الجديدة

• هاليدات الألكيل

• Alkyl halides



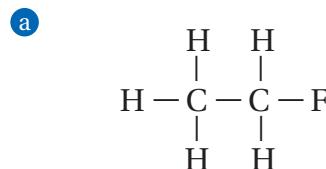
الشكل 2-6 الكلوروميثان هو هاليد ألكيل، ويُستعمل في صناعة المواد اللاصقة المعروفة تجارياً بالسليكون؛ لتثبيت الأبواب والنوافذ.

المثال، فإن الكلوروميثان هو هاليد ألكيل يتكون عندما تحل ذرة كلور محل ذرة من ذرات الهيدروجين الأربع في الميثان، كما هو موضح في الشكل 2-6.

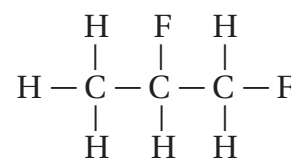
الربط علوم الأرض تستعمل هاليدات الألكيل على نطاق واسع في المبردات وأنظمة التكييف على شكل كلوروفلوروكربونات (CFCs). وقد بقيت كذلك حتى أواخر الثمانينيات. ومعلوم أن CFCs يؤثر في طبقة الأوزون. وقد استبدلت الفلوروكلوروكربون (CFCs) بالهيدروفلوروكربون (HFCs)؛ حيث تحتوي فقط على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع الكربون. ومن أكثر مركبات HFCs شيوعاً 1،1،2- ثلاثي فلوروإيثان.

تسمية هاليدات الألكيل Naming of alkyl halides تسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية وفق طريقة IUPAC اعتماداً على السلسلة الرئيسة للألكيل فيدل المقطع الأول على اسم الهالوجين مع إضافة حرف (و) في نهاية الاسم. لذا يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، والكلور هو كلورو، والبروم هو برومو، واليود هو أيودو، كما هو مبين في الشكل 3a-6.

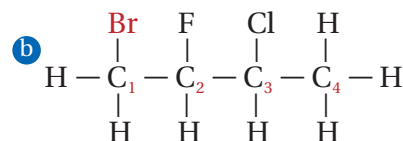
في حالة وجود أكثر من ذرة هالوجين في الجزيء نفسه ترتب أسماء الذرات أبجدياً بحسب ترتيب الأحرف الإنجليزية. ويجب ترقيم السلسلة بحيث يعطى أقل رقم لموقع الذرة المرتبطة بذرة الهالوجين بحسب الترتيب الأبجدي. لاحظ كيفية تسمية هاليدات الألكيل في الشكل 3b-6.



فلورو إيثان



2،1-ثنائي فلورو بروبان

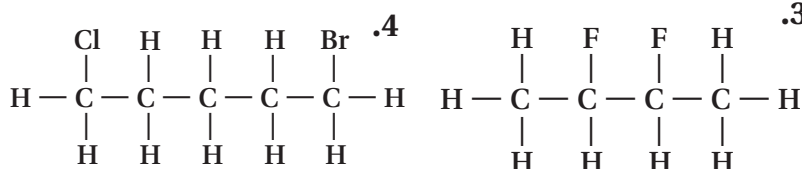


1-برومو-3-كلورو-2-فلورو بيوتان

الشكل 3-6 تحتوي الجزيئات العضوية على مجموعات وظيفية، تسمى اعتماداً على تركيب سلسلة الألكان، ووفق النظام الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

مسائل تدريبية

سمّ هاليدات الألكيل التي لها الصيغ البنائية الآتية:



مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها			الجدول 6-2
الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/ml) في الحالة السائلة
ميثان	CH ₄	-162	0.423 عند 162 °C
كلورو ميثان	CH ₃ Cl	-24	0.911 عند 25 °C
بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	36	0.626
1-فلورو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ F	62.8	0.791
1-كلورو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Cl	108	0.882
1-برومو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Br	130	1.218
1-أيودو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ I	155	1.516

خواص هاليدات الألكيل Properties of alkyl halides يبين الجدول 6-2

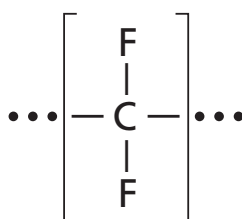
قائمة ببعض الخواص الفيزيائية لعدد من هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها. لاحظ أن درجة غليان وكثافة كل هاليد ألكيل (هالوألكان) أعلى من درجة غليان وكثافة الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. لاحظ أيضًا أن درجة الغليان والكثافة تزداد عند الانتقال عبر الهالوجينات من الفلور إلى الكلور، والبروم، واليود. ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات الخارجية البعيدة عن النواة. وبذلك تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل بازدياد حجم ذرة الهالوجين.

✓ **ماذا قرأت؟** اشرح العلاقة بين عدد الإلكترونات في الهالوجين ودرجة الغليان للألكانات الهالوجينية.

استعمالات الألكانات الهالوجينية Uses of haloalkanes على الرغم من أن هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان تحتوي على يوديد عضوي إلا أنه من النادر أن يتم العثور على الهاليدات العضوية في الطبيعة. إن ذرات الهالوجين التي ترتبط بذرات الكربون أكثر نشاطًا من ذرات الهيدروجين المستبدلة. ولهذا السبب، كثيرًا ما تستعمل هاليدات الألكيل مواد أولية في الصناعات الكيميائية بوصفها مذيبيات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب بعض الجزيئات العضوية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر الشكل 6-4 أحد تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ إذ يتم تصنيع هذا النوع

الشكل 6-4 رباعي فلورو

بولي إيثين (PTFE) مكون من مئات الوحدات. ويوفر سطحًا غير لاصق لكثير من أدوات المطبخ، ومن ذلك أدوات الخبز.



من البلاستيك من غاز رابع فلورو إيثين. ويمكن تسخين البلاستيك وتشكيله عندما يكون ليناً. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

أما الكلوروفورم أو ثلاثي كلورو ميثان، فهو مركب عضوي صيغته الكيميائية CHCl_3 ، وهو سائل عديم اللون، سهل التطاير. وقد استخدم قديماً كمخدر، ولكن بسبب تأثيره السام وصعوبة تقدير الكميات الصحيحة في حالة استخدامه كمخدر فقد استبدل بمخدر آخر هو الهالوثان، وهو مركب كيميائي من الألكانات الهالوجينية، له الصيغة الكيميائية $\text{C}_2\text{HBrClF}_3$ ، واسمه العلمي 2- برومو-2- كلورو-1،1،1- ثلاثي فلورو إيثان. والهالوثان سائل كثير التبخر، غير قابل للاشتعال، وله رائحة مميزة، ويُعد مخدراً طيباً جيداً لكونه لا يسبب نزفاً شديداً، ويضمن تخديراً سريعاً وسريعاً خلال العملية الجراحية.

ويستخدم رباعي كلورو الإيثيلين في عمليات التنظيف الجاف، وهو من الألكانات الهالوجينية له الصيغة الكيميائية C_2Cl_4 ، ويكون على شكل سائل عديم اللون، كما أنه مذيب جيد لمختلف المواد الكيميائية خاصة الزيوت، وهو غير قابل للاشتعال، وله رائحة خفيفة مميزة له.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح** لماذا تستعمل هاليدات الألكيل في الصناعات الكيميائية بوصفها مواد أولية بدلاً من الألكانات؟

تفاعلات الاستبدال Substitution reactions

من أين يأتي التنوع الهائل للمركبات العضوية؟ يعد البترول المصدر الأول لجميع المركبات العضوية الصناعية. ويُظهر الشكل 5-6 عمال حقول النفط وهم ينقبون عن النفط، وهو أحد أشكال الوقود الأحفوري الذي يتألف مجمله من مواد هيدروكربونية تقريباً، وبخاصة الألكانات. كيف يمكن تحويل الألكانات إلى مركبات مختلفة مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات؟ من طرائق إدخال المجموعات الوظيفية تفاعلات الاستبدال، كما هو مبين في الجدول 3-6. وفي تفاعلات الاستبدال Substitution reactions تحل ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب.

المفردات الجديدة

• تفاعلات الاستبدال

• Substitution reactions



الشكل 5-6 عمال حقول

النفط ينقبون عن البترول. ويمكن استخراج ما يزيد على 100 ألف برميل يومياً من بئر النفط الواحد.

اشرح العلاقة بين النفط والمركبات العضوية الصناعية.

مثال على تفاعلات الاستبدال (الهلجنة) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{ضوء أو حرارة}} \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ إيثان كلورو إيثان	تفاعلات الاستبدال العامة لتكوين هاليدات الألكيل $\text{R}-\text{CH}_3 + \text{X}_2 \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2\text{X} + \text{HX}$ حيث X فلور، أو كلور، أو بروم
مثال على تفاعلات تكوين الكحولات $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl}$ كلورو إيثان إيثانول	تفاعلات تكوين الكحولات $\text{R}-\text{X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}-\text{OH} + \text{X}^-$ هاليد الألكيل كحول
مثال على تفاعلات تكوين الأمينات $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{HBr}$ 1-برومو إيثان إيثيل أمين	تفاعلات تكوين الأمينات $\text{R}-\text{X} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{R}-\text{NH}_2 + \text{HX}$ هاليد الألكيل أمين

المفردات الجديدة

• الهلجنة

• Halogenation

وفي حالة الألكانات، يمكن أن تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين في عملية تسمى **الهلجنة Halogenation**. ويوضح الجدول 6-3 أحد الأمثلة على عملية الهلجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان. ويبين الشكل 6-6 نوعاً آخر من الهيدروكربونات المهلجنة يسمى الهالوثان (2-برومو-2-كلورو-1،1،1-ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استعمل أول مرة في التخدير في خمسينيات القرن العشرين.

ويبين الجدول 6-3 المعادلات العامة لتفاعلات الاستبدال. ويمكن أن تكون X في هذا التفاعل الفلور أو الكلور أو البروم، ولكن ليس اليود؛ لأن اليود لا يتفاعل جيداً مع الألكانات. ويمكن الافتراض أن الألكان يتفاعل مع اليود بشكل أسرع مقارنة مع الهالوجينات الأخرى. ومع ذلك، فإن الأمر يختلف مع اليود؛ إذ يلزم كمية طاقة ممتصة كبيرة

الشكل 6-6 استعمل الهالوثان في الطب في خمسينيات القرن الماضي مخدراً عاماً للمرضى عند إجراء العمليات الجراحية.



(+142kJ/mol) للحصول على اليود النشط الذي يلزم للتفاعل بسهولة في الخطوة الأولى.

✓ **ماذا قرأت؟ ارسم الصيغة البنائية للهالوثان.**

تفاعلات استبدال أخرى Other substitution reactions عندما تتم هليجنة الألكانات يصبح هاليد الألكيل الناتج قابلاً للدخول في تفاعل استبدال آخر؛ حيث تحل ذرة أو مجموعة من الذرات محل ذرة الهالوجين. على سبيل المثال، تفاعل هاليد الألكيل مع المحاليل القاعدية، حيث تحل مجموعة OH^- محل ذرة الهالوجين لينتج الكحول. ويبين الجدول 3-6 المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل. كما يؤدي تفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا NH_3 إلى أن تحل مجموعة الأمين NH_2 محل ذرة الهالوجين لينتج الألكيل أمين، كما هو مبين في الجدول 3-6.

✓ **ماذا قرأت؟ عرف تفاعلات الاستبدال في الألكانات الهالوجينية مستعملاً كلماتك الخاصة.**

✓ **ماذا قرأت؟ اكتب معادلة تفاعل الاستبدال لتكوين 1-بروبانول.**

مسائل تدريبية

أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:
5.

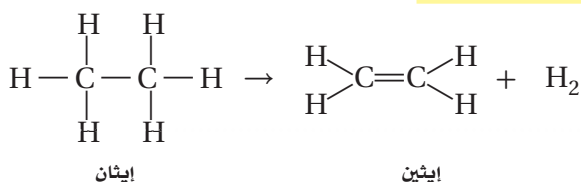


تفاعلات الحذف Elimination reactions

تسمى عملية تكوين الألكين من الألكان **تفاعلات الحذف Elimination reactions**، وهي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالباً ما تكون الذرات المحذوفة جزيئات مستقرة، مثل H_2O ، أو HCl ، أو H_2 .

✓ **ماذا قرأت؟ عرف تفاعلات الحذف مستعملاً كلماتك الخاصة.**

يحضر الإيثين، وهو المادة الأولية المستعملة في تحضير البولي إيثين المستخدم في صناعة أدوات وأرضيات الملاعب، كما هو مبين في الشكل 7-6، وتسمى التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الإيثان **تفاعلات حذف الهيدروجين Elimination reactions of hydrogen**. لاحظ أن ذرتي الهيدروجين قد كوّنتا غاز الهيدروجين.

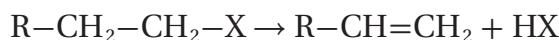


الشكل 7-6 يصنع البولي إيثيلين المنخفض الكثافة من غاز الإيثين تحت ضغط مرتفع عند وجود مواد محفزة. ويستعمل هذا النوع من البلاستيك في تجهيزات ملاعب الأطفال؛ لسهولة تشكيله في أشكال متنوعة، كما يسهل إعطاؤه ألواناً متعددة، إضافة إلى قدرته على تحمل الاستعمال المتكرر.

المفردات الجديدة

- تفاعلات الحذف
- Elimination reactions
- تفاعلات حذف الهيدروجين
- Elimination reactions of hydrogen

ويمكن أن يدخل هاليد الألكيل في تفاعل حذف لإنتاج الألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو مبين لاحقاً.



هاليد الألكيل

ألكين

هاليد الهيدروجين

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة كيميائية توضح فيها تفاعل حذف ذرتي هيدروجين لتكوين 2 - بيوتين.

التقويم 6-1

الخلاصة

- يؤدي إحلال مجموعات وظيفية محل ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات إلى تكوين مجموعة كبيرة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل أو الألكان الهالوجيني مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة مع ذرة كربون في مركب أليفاتي (مركب هيدروكربوني غير حلقي).
- تفاعلات الاستبدال، هي التفاعلات التي يتم فيها استبدال ذرة أو مجموعة ذرية بذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب.
- تفاعلات الحذف هي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتي كربون.

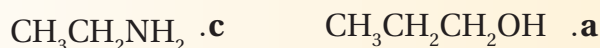
6. **الفكرة الرئيسة** حدد المقصود بهاليدات الألكيل.

7. ارسم الصيغة البنائية لكل مما يلي:

a. 2-كلورو بيوتان c. 3,1-ثنائي فلورو هكسان

b. 1,1,1-ثلاثي كلورو إيثان d. 4-برومو-1-كلورو هكسين

8. عرّف المجموعة الوظيفية، وسم المجموعة الوظيفية في كل من الصيغ البنائية الآتية، ثم سم نوع المركب العضوي لكل منها:



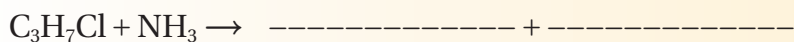
9. قوم كيف يمكن توقع درجة غليان البروبان، و 1-كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسّر إجابتك

10. لخص أبرز خصائص الألكانات الهالوجينية.

11. اكتب اسم مركب عضوي ينتمي إلى الألكانات الهالوجينية ويصلح لأحد الاستخدامات التالية:

- a. التنظيف الجاف
- b. مخدر في العمليات الجراحية
- c. صناعة أدوات للطهي

12. أكمل المعادلة الكيميائية التالية:



الكحولات والأمينات

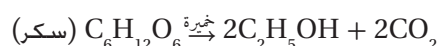
Alcohols, and Amines

الفكرة الرئيسية الكحولات مركبات عضوية تتكون من استبدال ذرة هيدروجين بمجموعة OH، بينما الأمينات تتكون من استبدال ذرة هيدروجين في جزيء الأمونيا NH_3 بشق هيدروكربوني..

الربط مع الحياة عندما توجد في غرفة طبيب لتلقي العلاج، هل تشم رائحة بعد استخدام الحقنة؟ هل تعلم أن الممرض كان يستعمل أحد مشتقات الهيدروكربونات لتطهير الجلد؟

الكحولات Alcohols

كثير من المركبات العضوية تحتوي على ذرة أكسجين ترتبط مع ذرة كربون. ولأن ذرة الأكسجين تحتوي في مستوى الطاقة الأخير على 6 إلكترونات، يكون لديها القدرة على تكوين رابطتين تساهميتين لتصل إلى نظام الثماني المستقر. كما يمكن لذرة الأكسجين أن ترتبط برابطة ثنائية مع ذرة الكربون لتحل محل ذرتين من الهيدروجين، وقد ترتبط برابطة أحادية مع الكربون ورابطة أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى مجموعة الأكسجين-هيدروجين التي ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون مجموعة الهيدروكسيل (OH-). وتسمى المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين **الكحولات Alcohols**. ويبين الجدول 4-6 الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضا العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول. ويعد الإيثانول وثنائي أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب.



ويستخدم الإيثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفه مطهراً. كما يستعمل لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن، ويمكن إضافته إلى البنزين، كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيداً.

يبين الشكل 6-8 نموذجين لجزيء الإيثانول وجزيء الماء. وبالمقارنة بين النموذجين ستلاحظ أن زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في جزيء الإيثانول تساوي مقياس

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يحدد المجموعة الوظيفية لكل من الكحولات والأمينات والنيتريلات.
- يسم كل من الكحولات والأمينات والنيتريلات بطريقة التسمية الدولية IUPAC.
- يوضح الأهمية التجارية للكحولات.
- يميز بين الكحولات الأولية والثانوية والثالثية.
- يرسم الصيغة البنائية لكل من الأمين، والحمض الأميني، والنيتريل.

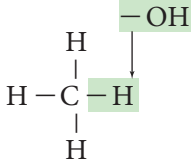
مراجعة المفردات

السوائل تامة الامتزاج سائلان يذوب كل منهما في الآخر.

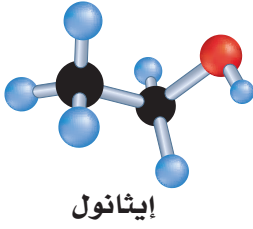
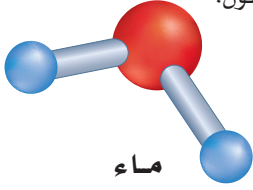
المفردات الجديدة

• الكحولات

• Alcohols

الكحولات	الجدول 4-6
أبسط الكحولات وأبسط الألكانات	الصيغة العامة
 الميثان CH_4 ألكان	ROH R تمثل سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية. الميثانول CH_3OH كحول

الشكل 8-6 الزاوية بين رابطتي الأكسجين التساهمية لها القياس نفسه تقريباً في جزيئي الماء والإيثانول.

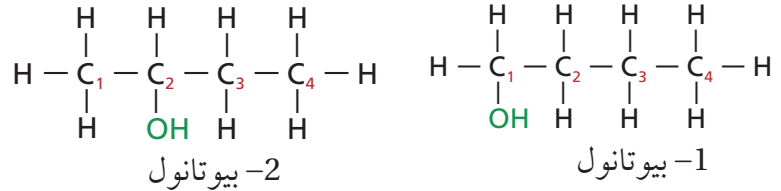


الزاوية نفسها في جزيء الماء، ولذلك تكون مجموعة الهيدروكسيل في جزيء الكحول متوسطة القطبية، كما في جزيء الماء، وقادرة على تكوين روابط هيدروجينية مع مجموعة هيدروكسيل في جزيئات كحول أخرى. وبسبب هذه الرابطة فإن درجة غليان الكحول أعلى من درجة غليان المركبات الهيدروكربونية المماثلة لها في الشكل والحجم.

ويمكن أن يمتزج الكحول تماماً مع الماء بسبب وجود مجموعة الهيدروكسيل في تركيب الكحول. وفي الحقيقة يصعب فصل الكحول عن الماء بشكل كامل بعد مزجها. ولذلك تستعمل عملية التقطير لفصل الكحول عن الماء، وعلى الرغم من ذلك يبقى حوالي 5% من الماء في مزيج الإيثانول والماء بعد نهاية هذه العملية تماماً، ويعد الميثانول أبسط الكحولات، وهو من المذيبات الشائعة الاستعمال في الصناعة، مثل استعماله في بعض الدهانات، كما يستعمل 2- بيوتانول مذيباً في بعض الأصباغ. انظر الشكل 9-6.

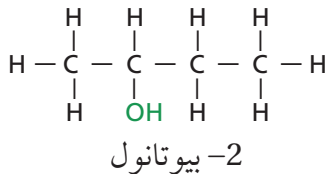
تسمية الكحولات Naming of alcohols

يشق اسم الكحولات من اسم الألكانات المقابلة لها، مثل هاليدات الألكيل. فعلى سبيل المثال، CH_4 هو الميثان، و CH_3OH الميثانول، و CH_3CH_3 الإيثان، و $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ الإيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات أساساً على عدد ذرات الكربون في الألكان، وتعتمد قواعد التسمية العالمية الأيوباك IUPAC على السلسلة أو الحلقة الأصلية أولاً، ثم إضافة المقطع (ول) إلى نهاية اسم الألكان ليمثل مجموعة الهيدروكسيل. وفي الكحولات التي تتكون من ثلاث ذرات كربون أو أكثر هناك أكثر من موقع لمجموعة الهيدروكسيل. لذلك يجب الإشارة إلى الموقع برقم يضاف إلى الاسم في البداية، كما هو مبين فيما يلي:



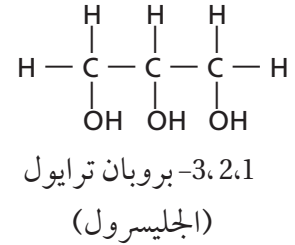
ماذا قرأت؟ فسر لماذا لا تكون الأسماء 3- بيوتانول، و 4- بيوتانول أسماء صحيحة للمواد؟

الشكل 9-6 يستخدم 2- بيوتانول كمذيب في الدهانات والأصباغ بسبب بطء تبخره مقارنة مع جزيئات الكحول الأصغر حجماً. ارسم صيغتين بنائيتين لكحولين آخرين لهما نفس الصيغة الجزيئية لـ 2- بيوتانول ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$).





الشكل 10-6 الجليسرول مادة تستخدم غالباً مادة مانعة للتجمد في المركبات ووقود الطائرات.



تصنف الكحولات بحسب عدد مجموعات الهيدروكسيل في جزيئاتها إلى أحادية الهيدروكسيل، وثنائية الهيدروكسيل، وثلاثية الهيدروكسيل، وعديدة الهيدروكسيل. ولتسمية الكحولات في حالة وجود أكثر من مجموعة هيدروكسيل في سلسلة الكربون يضاف المقطع «ثنائي» أو «ثلاثي» أو «رباعي» قبل الاسم ليشير إلى عدد مجموعات الهيدروكسيل قبل الاسم، ثم يضاف اسم الألكان والمقطع (ول) في نهاية الاسم.

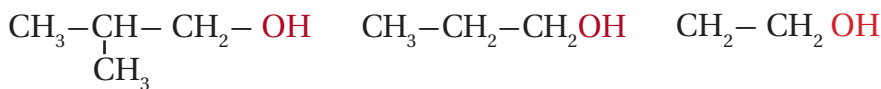
يبين الشكل 10-6 جزيء 3، 2، 1-بروبان ترايول، واسمه الشائع الجليسرول. وهو كحول يحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل. والجليسرول يستعمل غالباً مادة مانعة لتجمد الوقود في الطائرات.

والآن انظر إلى الشكل 11-6 تتكون حلقة المركب من 6 ذرات كربون مع روابط أحادية، وقد تعلمت من قبل أن اسم المركب هو هكسان حلقي. وبسبب وجود مجموعة -OH مرتبطة مع الكربون يتم إضافة المقطع (ول) في نهاية اسم الألكان لأنه كحول. والترقيم هنا ليس ضرورياً لأن جميع ذرات الكربون في الحلقة متكافئة. لذا يسمى هذا المركب هكسانول حلقي. وهو مركب سام يستعمل مذبذباً لبعض المواد البلاستيكية ويدخل في صناعة المبيدات الحشرية.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا لم يتم ترقيم سلسلة ذرات الكربون عند تسمية المركب في الشكل 10-6؟

تصنيف الكحولات أحادية الهيدروكسيل Classification of monohydric alcohols تصنف الكحولات التي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة إلى كحولات أولية، وثنائية، وثالثية.

الكحولات الأولية Primary alcohols في الكحول الأولي (1°) Primary alcohol، ترتبط ذرة الكربون التي تحمل المجموعة -OH، والتي تسمى الكاربينول بمجموعة ألكيل واحدة فقط. وفيما يلي بعض الأمثلة على الكحولات الأولية:

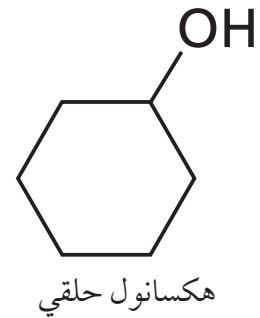


2-ميثيل، 1-بروبانول

1-بروبانول

إيثانول

الشكل 11-6 تعتمد تسمية الهكسانول الحلقي على اسم الألكان المقابل له وهو الهكسان الحلقي.



المفردات الجديدة
الكحول الأولي

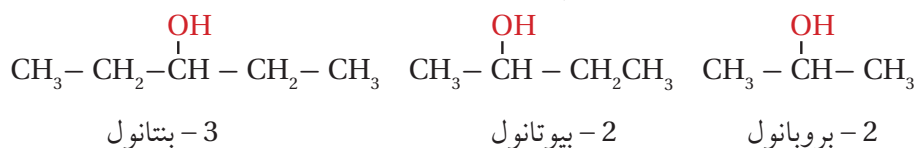
• Primary alcohol

الجدول 5-6		الصيغ العامة لأنواع الكحولات وأمثلة على كل منها
نوع الكحول	الصيغة العامة	أمثلة
الكحول الأولي (1)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{OH}$ إيثانول $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ 2-ميثيل، 1-بروبانول
الكحول الثانوي (2)	$\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$ 2-بيوتانول
الكحول الثالثي (3)	$\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{R}'' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-ميثيل، 2-بروبانول

لاحظ أن تعقد مجموعة الألكيل المرتبطة بذرة الكربون ليس لها علاقة بالتصنيف.

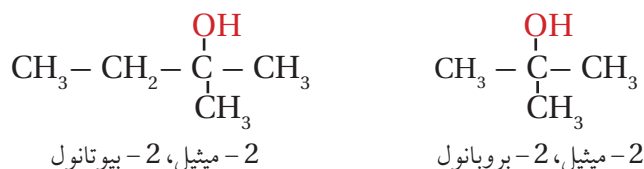
الكحولات الثانوية Secondary alcohols في الكحول الثانوي (2°) Secondary

alcohols، ترتبط ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH - بمجموعتي ألكيل، قد يكونا متماثلتين أو مختلفتين. وفيما يلي بعض الأمثلة على الكحول الثانوية:



الكحولات الثالثية Tertiary alcohols في الكحول الثالثي (3°) Tertiary

ترتبط ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH - بثلاث مجموعات ألكيل، قد تكون متماثلة أو مختلفة. وفيما يلي بعض الأمثلة على الكحولات الثالثية:



تفاعلات الكحولات Reactions of alcohols

تفاعلات الاستبدال مع هاليدات الألكيل Substitution reactions (HX)

with alkyl halides تتفاعل الكحولات مع الحمض HX بالاستبدال، فيحل أيون الهالوجين محل أيون الهيدروكسيد في الكحول.

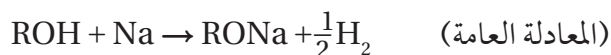


المفردات الجديدة

- الكحول الثانوي
- Secondary alcohol
- الكحول الثالثي
- Tertiary alcohol

تفاعلات الاستبدال مع الفلزات النشطة مثل (Na) Substitution reactiona with (Na)

reactive metals تتفاعل الكحولات مع الفلزات النشطة مثل Na وينطلق من الكحول غاز H_2 ، ولا تتفاعل الكحولات مع القواعد مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، وبيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$. ويكتب التفاعل بصيغته العامة على النحو التالي:

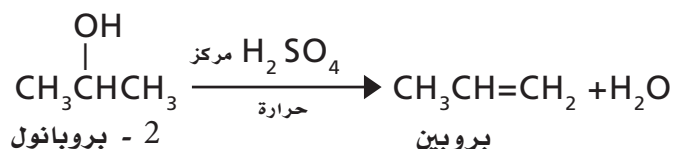


(ميثانول) (ميثوكسيد الصوديوم)

ويستخدم هذا التفاعل للكشف عن الكحولات حيث يتصاعد غاز الهيدروجين من الكحول.

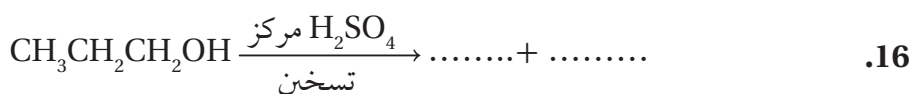
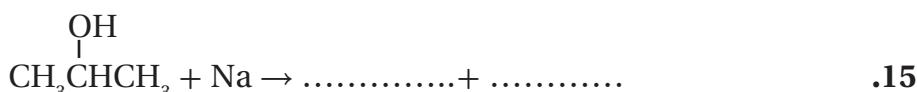
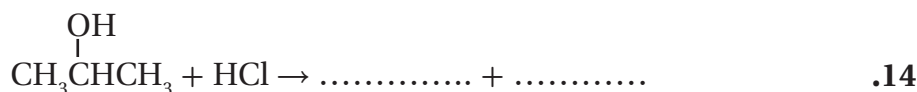
✓ **ماذا قرأت؟** كيف تميز مخبريًا، وبمعادلات كيميائية بين 1- بروبانول والبروبان؟

تفاعلات حذف الماء Elimination reactions of water يؤدي تفاعل الكحول مع حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى حذف جزيء ماء من ذرتي كربون متجاورتين وتكوين ألكين، بشرط أن تحتوي ذرة الكربون المجاورة لذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل على ذرة هيدروجين.



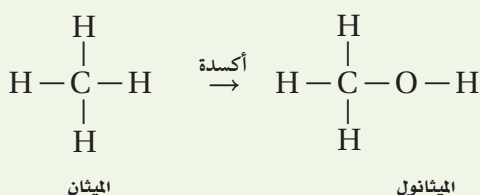
مسائل تدريبية

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



تفاعلات الأكسدة والاختزال Redox reactions يمكن تحويل كثير من المركبات العضوية إلى مركبات أخرى عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. فعلى سبيل المثال، افترض أنك تريد تحويل الميثان الموجود في الغاز الطبيعي إلى ميثانول، وهو مذيب صناعي عام ومادة أولية لصنع الفورمالدهيد وإسترات الميثيل. ويتم تحويل الميثان إلى ميثانول، كما في المعادلة المبينة في الجدول 6-6، بحيث تمثل [O] الأكسجين من مصدر أحد العوامل المؤكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$.

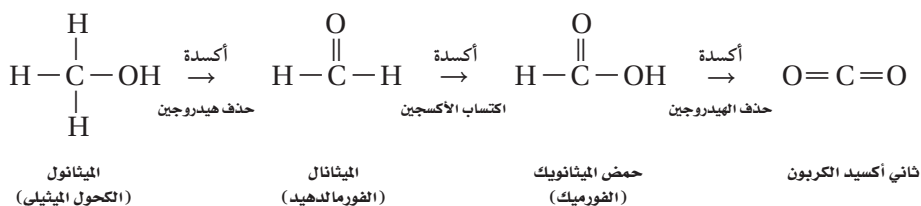
تحويل الألكانات إلى كحولات



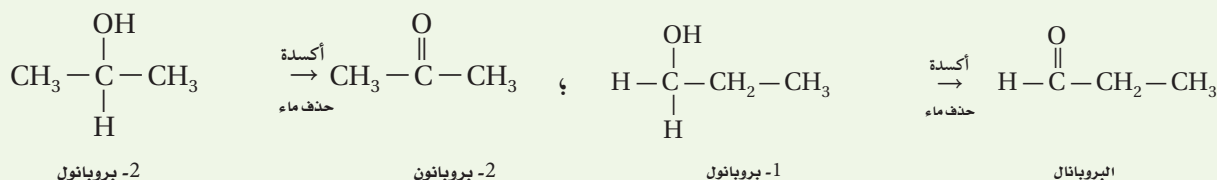
الحصول على الألدهيدات

والأحماض الكربوكسيلية

من الكحولات الأولية



الحصول على الكيتونات والألدهيدات من الكحولات



* [O]: K₂Cr₂O₇/ H⁺

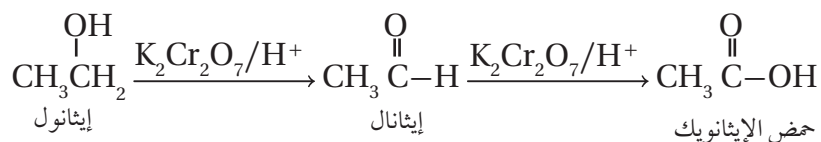
ماذا يحدث للميثان عندما يتفاعل؟ من المعروف أن الأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات، وتتأكسد المادة عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. أما الاختزال فهو عملية اكتساب الإلكترونات، وتختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين. لذلك، حدثت أكسدة للميثان لأنه اكتسب الأكسجين وتحول إلى ميثانول. وبالتأكيد يتضمن كل تفاعل أكسدة واختزال عمليتي الأكسدة والاختزال. ويمكن وصف تفاعلات الأكسدة والاختزال في المواد العضوية اعتماداً على التغير الذي يحدث للمركبات العضوية بعد التفاعل.

إن أكسدة الميثانول يعد الخطوة الأولى من مجموعة خطوات لتحضير الألدهيد، كما في الجدول 6-6. ويعد تحضير الألدهيد بهذه الطريقة من المهام الصعبة؛ لأن الأكسدة قد تستمر فيتحول الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي.

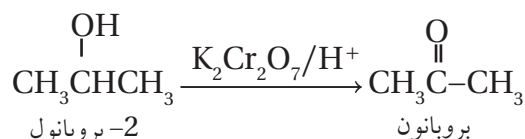
✓ **ماذا قرأت؟** حدد استعمل الجدول 6-6 لتحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألدهيد.

تعتمد أكسدة الكحولات على نوعها كما يلي:

الكحول الأولي: تؤدي أكسدة الكحول الأولي إلى تكوين الألدهيد، وتستمر عملية الأكسدة ليتحول الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي.



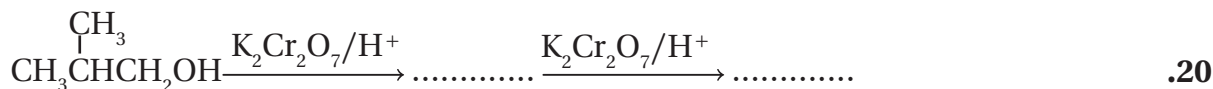
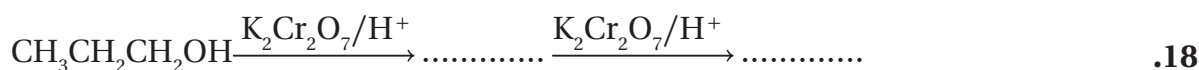
الكحول الثانوي: تؤدي أكسدة الكحول الثانوي إلى تكوين الكيتون، ولا تستمر عملية الأكسدة.



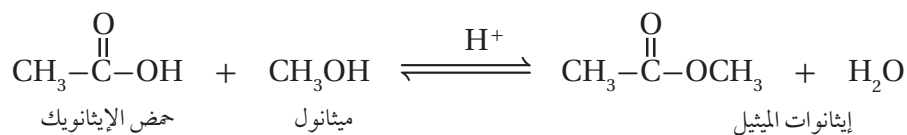
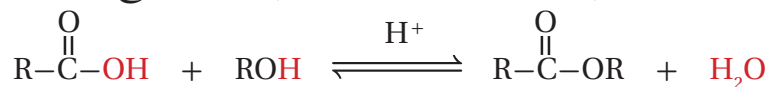
الكحول الثالثي: لا تتأكسد الكحولات الثالثية لعدم احتواء ذرة الكربون المرتبطة بمجموعة الهيدروكسيل على ذرة هيدروجين.

مسائل تدريبية

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



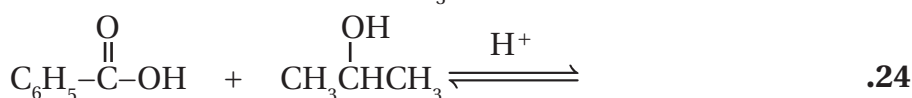
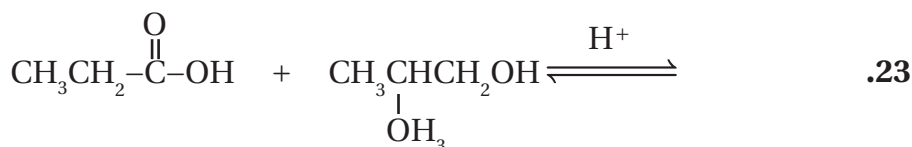
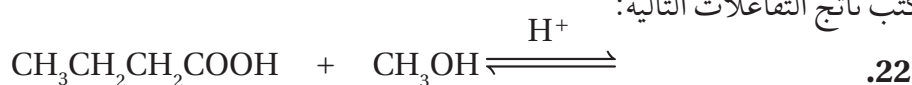
الأسطرة Esterification عندما يتفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيلي في وسط حمضي يعطي الإستر. ويتم التفاعل عادة بوجود حمض قوي مثل H_2SO_4 كعامل مساعد، وينتج عن ذلك استبدال مجموعة (OR) في الكحول بمجموعة (OH) في الحمض لينتج الإستر والماء.



ويعد هذا التفاعل انعكاسيًا، ويمكن زيادة كمية الإستر الناتج بسحب الماء من وعاء التفاعل.

مسائل تدريبية

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



الأمينات Amines

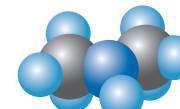
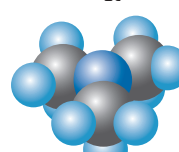
تحتوي الأمينات **Amines** على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2 ، ويبين الجدول 6-7 الصيغ العامة للأمينات بأنواعها الأولية والثانوية والثالثية.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا NH_3 . وتعد الأمينات أولية وثانوية أو ثالثية اعتمادًا على ما إذا كانت واحدة أو اثنتان أو ثلاث من ذرات الهيدروجين في الأمونيا قد حل محلها مجموعات عضوية.

المفردات الجديدة

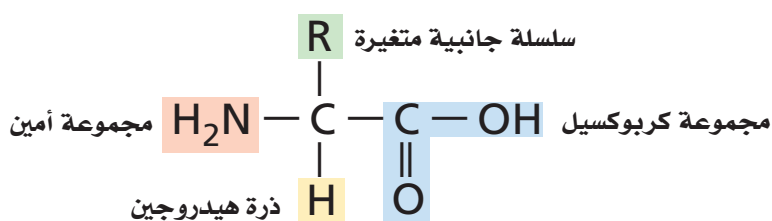
• الأمينات

• Amines

الأمينات				الجدول 6-7
أمثلة على الأمينات				الصيغة العامة
$\begin{array}{c} H-\ddot{N}-H \\ \\ H \end{array}$  NH_3 أمونيا	$\begin{array}{c} R-\ddot{N}-H \\ \\ H \end{array}$  CH_3-NH_2 أمين أولي	$\begin{array}{c} R-\ddot{N}-R' \\ \\ H \end{array}$  $CH_3-NH-CH_3$ أمين ثانوي	$\begin{array}{c} R-\ddot{N}-R' \\ \\ R'' \end{array}$  CH_3-N-CH_3 أمين ثلاثي	RNH_2 حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية

وعند تسمية الأمينات يشار إلى مجموعة الأمين NH_2 - بالمقطع أمينو في بداية الاسم أو أمين في نهاية الاسم. ويشار في بعض الحالات إلى موقع الأمين برقم. وفي حالة وجود أكثر من مجموعة أمين يستعمل المقطع ثنائي أو ثلاثي أو رباعي... إلخ في بداية الاسم ليدل على عدد مجموعات الأمين.

الأحماض الأمينية Amino acids توجد مجموعات وظيفية كثيرة ومختلفة من الأحماض الأمينية في المركبات العضوية. والأحماض الأمينية **Amino acids**، كما يدل اسمها، جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية. والشكل الآتي يبين التركيب العام للحمض الأميني:



وجد في كل حمض أميني ذرة كربون مركزية محاطة بأربع مجموعات: مجموعة الأمين (NH_2 -)، ومجموعة الكربوكسيل (COOH -)، وذرة هيدروجين، وسلسلة جانبية متغيرة R. وتختلف السلسلة الجانبية من ذرة هيدروجين واحدة إلى تركيب معقد ذي حلقتين. ويتضمن الجدول 6-8 بعض الأمثلة على هذه الأحماض.

ادرس السلاسل الجانبية المختلفة للأحماض الأمينية المبينة في الجدول 6-8، وحدد الألكانات غير القطبية، ومجموعات الهيدروكسيل القطبية، والمجموعات الحمضية والقاعدية مثل مجموعات الكربوكسيل والأمين، والحلقات الأروماتية، والمجموعات التي تحتوي على الكبريت. يزود هذا التنوع الواسع للسلاسل الجانبية الأحماض الأمينية المختلفة بتنوع كبير من الخواص الكيميائية والفيزيائية، ويساعد البروتينات على أداء وظائف عديدة ومختلفة.

المفردات الجديدة

• الأحماض الأمينية

• Amino acids

الكيمياء في واقع الحياة

الأحماض الأمينية يستعمل الأنيولين في إنتاج الأصباغ ذات الظلال العميقة اللون. والاسم الشائع للأنيولين مستمد من النباتات التي عرفت في تلك الفترة التاريخية. كما أن لكل من هكسيل حلقي أمين والإيثيل أمين دورًا مهمًا في صناعة المبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية والأدوية والمطاط المستعمل في صناعة الإطارات. وتعد رائحة الأمينات المتطايرة غير مقبولة من قبل الإنسان. والأمينات هي المسؤولة عن الكثير من الروائح المميزة للمخلوقات الميتة، والمخلوقات المتحللة.

أمثلة على الأحماض الأمينية

الجدول 6-8

$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ اللايسين	$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ السيستين	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ السيرين	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ الجلاليسين
--	--	---	---

الأميدات	الجدول 9-6
أمثلة على الأميدات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & & \text{H} \\ & & & / \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{N} \\ & & & \backslash \\ \text{H} & & & \text{H} \end{array}$ إيثان أميد (أسيتاميد)	$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{H} \\ & & / \\ \text{R}-\text{C}-\text{N} \\ & & \backslash \\ & & \text{R} \end{array}$ مجموعة الأميد

الأميدات Amides تعدّ الأميدات **Amides** مركبات عضوية تتصلب فيها مجموعة الكربونيل بذرة نيتروجين، وتتصلب ذرة النيتروجين إما بذرة هيدروجين أو شق كربوني أو أكثر، وتعتبر الأميدات من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية RCOOH . ويوضح الجدول 9-6 الصيغة العامة للأميدات.

تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في الجدول 9-6 هو إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد، المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

* توجد مجموعة الأميد الوظيفية بشكل متكرر في البروتينات الطبيعية وبعض المواد الصناعية. فعلى سبيل المثال، قد تكون استعملت مواد تحتوي على الأسيتامينوفين - غير الأسبرين - لتخفيف الألم. ويسمى أحد الأميدات المهمة كارباميد NH_2CONH_2 ، والاسم الأكثر شيوعاً هو اليوريا، ويعرف أيضاً باسم ثنائي أميد حمض الكربونيك. واليوريا هي آخر نواتج عملية هضم البروتينات في الثدييات. وتوجد في الدم، والمرارة الصفراء، والحليب، وعرق الثدييات. عند تحطيم البروتينات تنتقل منها مجموعات الأمين NH_2 ، ثم تتحول إلى أمونيا NH_3 ، وهي مادة سامة للجسم، ويقوم الكبد بتحويلها إلى مادة اليوريا غير السامة. ويتم التخلص من اليوريا في الدم بواسطة الكلى وتخرج مع البول.

وبسبب احتواء اليوريا على نسبة عالية من النيتروجين وسهولة تحولها إلى أمونيا في التربة فإنها تستعمل في صناعة الأسمدة الزراعية. كما تستعمل اليوريا غذاءاً للماشية والأغنام؛ إذ تستعملها هذه الحيوانات لإنتاج البروتينات في أجسامها.

✓ **ماذا قرأت؟ حدّد أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.**

المفردات الجديدة

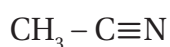
• الأميدات

• Amides

* مادة إثرائية

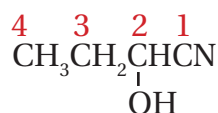
الجدول 6-10	بعض الأمثلة على النيتريلات
اسم النيتريل	الصيغة البنائية
نيتريل الإيثان	CH_3CN
نيتريل البروبان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
نيتريل البيوتان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$

النيتريلات Nitriles تحتوي النيتريلات **Nitriles** على المجموعة CN - ، وعادة ما تعرف باسم السيانيد. وأصغر مركب عضوي من النيتريلات هو نيتريل الإيثان CH_3CN . وينبغي ملاحظة أن سيانيد الهيدروجين لا يعتبر من النيتريلات رغم احتوائه على المجموعة CN - . لاحظ وجود الرابطة الثلاثية بين الكربون والنيتروجين في نيتريل الإيثان.



ويتضمن الجدول 6-10 أبسط ثلاثة نيتريلات.

وعندما تقوم بحساب طول سلسلة الكربون، لا تنسى عدد الكربون في المجموعة CN - . وإذا كانت السلسلة متفرعة فالعد يبدأ دائماً من الكربون في المجموعة الوظيفية CN - كما هو مبين في الصيغة التالية:



2 - هيدروكسي، نيتريل البيوتان

المفردات الجديدة

• النيتريلات

• Nitriles

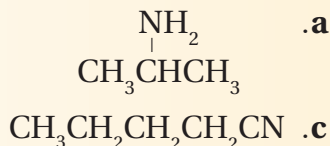
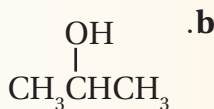
التقويم 6-2

الخلاصة

- تتكون الكحولات عندما تحل مجموعة الهيدروكسيل محل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية.
- تكون درجات غليان الكحولات كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.
- الأمينات مركبات عضوية تحتوي المجموعة الفعالة (الأمينو) $-NH_2$.
- الأحماض الأمينية جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.
- الأميدات مركبات عضوية تنتج عندما تحل ذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى محل مجموعة هيدروكسيل في الحمض الكربوكسيلي.
- النيتريلات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة النيتريل (السيانيد) $-CN$.

25. **الفكرة الرئيسية** حدّد كيف تتكون كل من الكحولات والأمينات؟

26. حدّد المجموعة الوظيفية لكل مما يأتي، وسمّ المادة المبيّنة لكل صيغة بنائية.

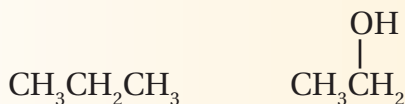


27. ارسم الصيغة البنائية لكل جزيء مما يأتي:

- a. 1-بروبانول
b. 1، 3-دايول بنتان حلقي
c. 1، 2-بروبان ثنائي أمين

28. ناقش خواص الكحولات، والأمينات، ثم اذكر استعمالاً واحداً لكلٍّ منها.

29. حلل - اعتماداً على الصيغة البنائية أدناه - أي المركبين أكثر ذوبانية في الماء؟ فسّر إجابتك.



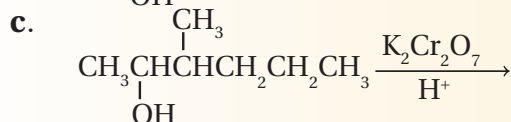
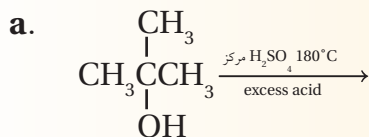
30. صنف الكحولات التالية إلى: أولية، أو ثانوية، أو ثلثية.

- a. 2-ميثيل - 2-بروبانول
b. 1-بروبانول
c. 2-بروبانول

31. اكتب أسماء ثلاثة أنواع رئيسة من التفاعلات الكيميائية للكحول.

32. لماذا لا تتفاعل الكحولات الثالثية بطريقة الأكسدة؟

33. ارسم الصيغة البنائية للمادة الناتجة في كل مما يلي:



34. اكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الكيميائي الذي يتم فيه حذف جزيء ماء من 2-بروبانول للحصول على ألكين.

مركبات الكربونيل

Carbonyl Compounds

فيه هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

24.1 – 24.13 – 24.14 – 24.15 – 24.16

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.6 – 11A.1.8 – 11A.4.1

الأهداف

يُتَوَقَّع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يحدد أصناف المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل.
- يسم المركبات التي تحتوي مجموعة الكربونيل بطريقة التسمية الدولية.
- يميز مختبرياً بين الألدهيدات والكي-tonات.
- يكتب معادلات كيميائية توضح كيفية تحضير كل من: الألدهيد، والكي-ton، والحمض الكربوكسيلي، والإستر.
- يناقش الخصائص العامة لمركبات الكربونيل.

مراجعة المفردات

المجموعة الوظيفية (أو الفعالة)

هي مجموعة محددة من الذرات ضمن الجزيء، مسؤولة عن خواصه وسلوكه في التفاعلات الكيميائية مع غيره من الجزيئات.

المفردات الجديدة

- مجموعة الكربونيل
- Carbonyl group
- الألدهيدات
- Aldehydes

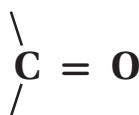
الفكرة الرئيسية تحتوي الألدهيدات والكي-tonات على مجموعة الكربونيل في كل منهما.

الربط مع الحياة لعلك أكلت قطعة من الحلوى الصناعية بنكهة الفاكهة الحقيقية. يحتوي الكثير من الفواكه الطبيعية - ومنها الفراولة - على الكثير من المركبات العضوية التي تعطي نكهة الفواكه المميزة. وتوجد مجموعة الكربونيل في أنواع كثيرة من النكهات الصناعية الشائعة.

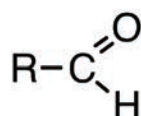
المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل

Organic Compounds Containing the Carbonyl Group

تسمى المجموعة الوظيفية التي ترتبط فيها ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون **مجموعة الكربونيل Carbonyl group**. وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكي-tonات.

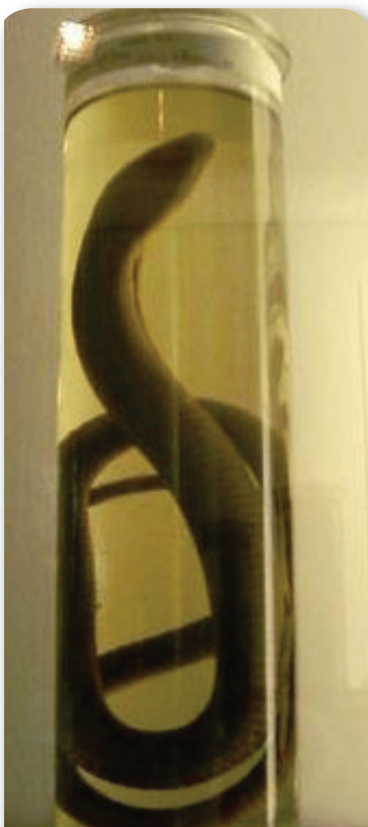


الألدهيدات Aldehydes تعد الألدهيدات **Aldehydes** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO ؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين، كما هو مبين في الجدول 6-11.



وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال HCHO ، كما هو مبين في الجدول 6-11، على ذرة كربون واحدة. وهذا يعني أن اسم الألدهيد يؤخذ من اسم الألكان المقابل وهو الميثان. ترقيم

الألدهيدات		الجدول 6-11
أمثلة على الألدهيدات		الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ إيثانال (أسيئالدهيد) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}-\text{H} \end{array}$ بيوتانال	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ ميثانال (فورمالدهيد) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}-\text{H} \end{array}$ بروبانال	RCHO حيث R تمثل مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين
		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ مجموعة الألدهيد (الفورميل)



الشكل 12-6 تم استعمال محلول الفورمالدهيد في الماضي لحفظ العينات البيولوجية. وقد تم تقييد استعمال الفورمالدهيد في السنوات الأخيرة لأن الدراسات تشير إلى أنه قد يسبب السرطان.

المفردات الجديدة

- الكيتونات • Ketones

السلسلة الكربونية بدءاً من ذرة كربون مجموعة الألدريد $\text{H}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-$ حيث تأخذ الرقم (1)، ونستمر بالترقيم باتجاه أطول سلسلة من ذرات الكربون. وللميثانال HCHO اسم شائع يعرف به هو الفورمالدهيد. أما الاسم الشائع للإيثانال CH_3CHO فهو أسيتالدهيد.

الخصائص الفيزيائية للألدهيدات The Physical Properties of aldehydes

يحتوي جزيء الألدريد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل، وذلك بسبب الفارق في السالبية الكهربائية بين ذرتي الكربون والأكسجين مما ينتج عن ذلك - كما درست سابقاً - شحنة جزئية سالبة على ذرة الأكسجين وشحنة جزئية موجبة على ذرة الكربون $\text{C}^{\delta+}=\text{O}^{\delta-}$ ؛ لذلك تكون درجة غليانها أقل من درجة غليان الكحولات التي لها عدد ذرات الكربون نفسه. ولجزيئات الماء القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الأكسجين الموجود في مجموعة الألدريد، لذلك تكون أكثر ذوبانية في الماء من الألكانات، ولكن ليس كذوبانية الكحولات والأمينات.

الربط علم الأحياء استعمل محلول الفورمالدهيد في عمليات الحفظ عدة سنوات، كما هو مبين في الشكل 12-6. وصناعياً تستعمل كميات كبيرة من الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لصنع نوع من الشمع المقاوم، والمواد البلاستيكية الصلبة المستعملة في صناعة الأزارار، وقطع غيار السيارات، والأجهزة الكهربائية، فضلاً عن الغراء الذي يعمل على إلصاق طبقات الخشب معاً. ويعد كل من بنزالدهيد وساليسالدهيد، نوعين من المركبات التي تعطي اللوز نكهته الطبيعية. أما رائحة القرفة ومذاقها - وهي نوع من التوابل التي تستخرج من لحاء شجرة استوائية - فيمكن إنتاجها بكميات كبيرة بواسطة السينامالدهيد.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد اثنين من استعمالات الألدهيدات.**

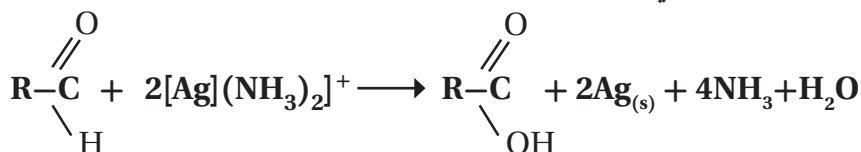
الكيتونات Ketones يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل في الكيتونات مع الكربون في وسط السلسلة (وسيطية) بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة. والكيتونات **Ketones** مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة الموضحة في الجدول 12-6. وترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل مع ذرات كربون أخرى. إن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعاً

الجدول 12-6		الكيتونات
الصيغة العامة	أمثلة على الكيتونات	
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}}-\text{R}'$	$\text{H}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$	2-بروبانون (الأسيتون)
حيث تمثل R و R' سلاسل أو حلقات كربون مرتبطة مع مجموعات وظيفية	$\text{H}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$	2-بيوتانون (ميثيل إيثيل كيتون)

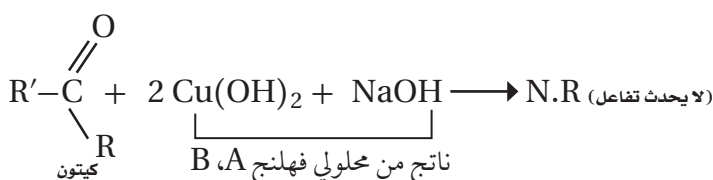
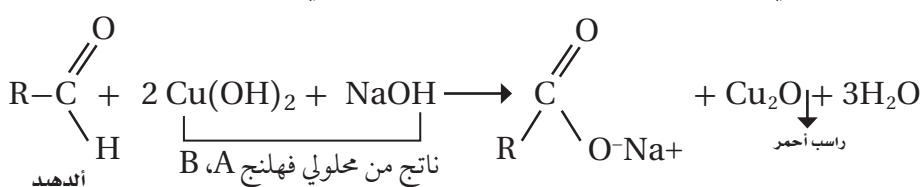
هو الأسيتون (ثنائي ميثيل كيتون)، الذي ترتبط فيه ذرات الهيدروجين فقط مع ذرات الكربون الطرفية، كما هو مبين في الجدول 12-6 أيضًا.

تسمية الكيتونات Naming of ketones ويتم تسمية الكيتونات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليدل على موقع مجموعة الكيتون. ففي المثال السابق تغير اسم الألكان من بروبان إلى بروبانون. ولا يمكن لمجموعة الكربونيل إلا أن تقع في الوسط فقط، ومع ذلك يمكن إضافة الرقم 2- للاسم؛ لمزيد من التوضيح، كما في الجدول 12-6.

وتشارك الكيتونات والألدهيدات في الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية لتشابه تركيبهما بسبب وجود مجموعة الكربونيل. ويستخدم كاشف تولنز: هيدروكسيد ثنائي أمين الفضة $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ للتمييز بين الألدهيد والكيتون من خلال تفاعل الأكسدة؛ إذ إن الألدهيد قابل للتأكسد، بينما الكيتون لا يقبل ذلك. ويمكن تفسير ذلك بوجود ذرة هيدروجين نشطة في الألدهيد متصلة بمجموعة الكربونيل، وعدم وجودها في الكيتون، حيث يتأكسد الألدهيد إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل له.



ويمكن استخدام اختبار فهلنج للتمييز بين الألدهيدات والكيتونات؛ حيث يمثل محلول كبريتات النحاس CuSO_4 محلول فهلنج A، ويمثل محلول تترات الصوديوم والبوتاسيوم محلول فهلنج B. يضاف 1mL من محلول فهلنج A + 1mL من محلول فهلنج B إلى 1mL من المركب العضوي المراد الكشف عنه، ثم التسخين في حمام مائي. سنلاحظ أن اللون بدأ يتغير مع الألدهيد من الأزرق إلى الأخضر بدرجات حتى نحصل على اللون الأحمر وذلك بسبب عملية الاختزال التي حدثت للألدهيد، أما الكيتون فإنه لا يعطي أي نتيجة.



الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic acids مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل. ولذلك تكون الصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية كما في الجدول 13-6.

المفردات الجديدة

• الأحماض الكربوكسيلية

• Carboxylic acids

الأحماض الكربوكسيلية	الجدول 6-13
أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) الألكان المقابل: الإيثان (ذرتا كربون)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \end{array}$ R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون

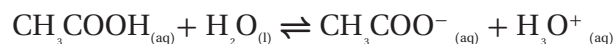


الشكل 6-13 يدافع النمل اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك. **حدد** اسماً آخر لحمض الفورميك.

ويبين الجدول 6-13 حمضاً مألوفاً، هو حمض الإيثانويك، وهو الحمض الموجود في الخل. وعلى الرغم من أن الكثير من الأحماض الكربوكسيلية لها أسماء شائعة، إلا أن الاسم بحسب طريقة التسمية الدولية يتكون من إضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان وإضافة كلمة حمض في بداية الاسم. اسم حمض الأسيتيك مثلاً بحسب الطريقة الدولية هو حمض الإيثانويك.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح** كيف يشتق اسم حمض الإيثانويك.

وغالباً ما تكتب مجموعة الكربوكسيل في صورة COOH - . فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة حمض الإيثانويك في صورة CH_3COOH . ويتكون أبسط الأحماض الكربوكسيلية من مجموعة الكربوكسيل المرتبطة مع ذرة هيدروجين واحدة HCOOH كما في الجدول 6-13. واسمه بحسب الطريقة الدولية هو حمض الميثانويك، بينما الاسم الشائع له حمض الفورميك. وتقوم بعض الحشرات بإنتاج حمض الفورميك بوصفه آلية للدفاع عن نفسها، كما في الشكل 6-13. الأحماض الكربوكسيلية مركبات قطبية نشطة. وما يذوب منها في الماء يتأين بشكل ضعيف لإنتاج أيون الهيدرونيوم، ويكون أيون الحمض السالب في حاله اتزان مع الماء والحمض غير المتأين. ويتأين حمض الإيثانويك كالاتي:

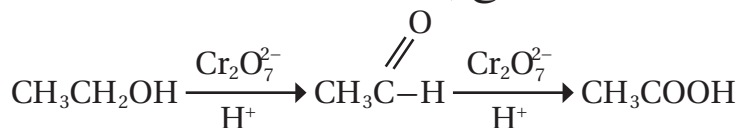


تتأين الأحماض الكربوكسيلية في المحاليل المائية؛ لأن ذرتي الأكسجين ذات كهروسالبية عالية، وتجذب الإلكترونات بعيداً عن ذرة الهيدروجين إلى مجموعة OH - . ونتيجة لذلك ينتقل بروتون الهيدروجين إلى ذرة أخرى لديها زوج من الإلكترونات غير المرتبطة، كذرة الأكسجين في جزيء الماء. ولأن الأحماض الكربوكسيلية تتأين في الماء فإنها تعمل على تحويل لون ورقة تباع الشمس الزرقاء إلى حمراء، وتتميز بمذاق حمضي لاذع. ولبعض الأحماض الكربوكسيلية المهمة - ومنها حمض الأكساليك وحمض الأديبيك - مجموعتا كربوكسيل أو أكثر. مثل هذه الأحماض تسمى ثنائية الحمض. كما قد يحتوي البعض الآخر على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعات الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن



✓ **ماذا قرأت؟ قوّم** مستعملاً المعلومات أعلاه. فسّر لماذا تصنف الأحماض الكربوكسيلية على أنها أحماض ضعيفة؟

تحضير الأحماض الكربوكسيلية Preparing carboxylic acids: هناك عدة طرق لتحضير الأحماض الكربوكسيلية، ومنها كما درست سابقاً في أكسدة الألدهيدات الناتجة من أكسدة الكحولات الأولية؛ وعلى سبيل المثال يمكن تحضير حمض الإيثانويك من أكسدة الإيثانول كما هو موضح في المعادلة التالية:



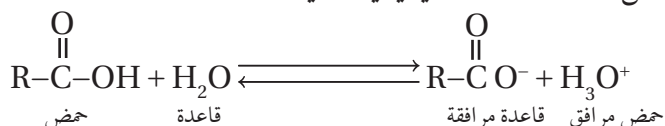
ويمكن أن يتأكسد 1-بروبانول بسهولة لتكوين حمض البروبانويك بنفس الطريقة.

👉 **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة تكوين حمض البروبانويك من 1-بروبانول.

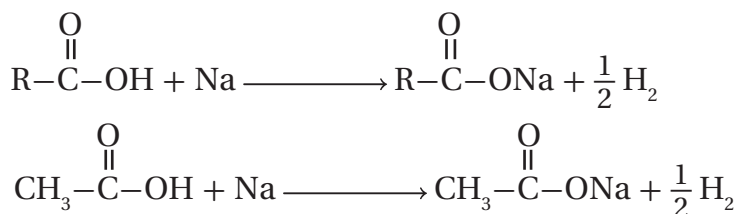
تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية

Reactions of carboxylic acids

السلوك الحمضي Acidic behavior الأحماض الكربوكسيلية أحماض عضوية ضعيفة، لديها قابلية منح بروتون إلى الماء، ويمكن توضيح الصفات الحمضية للأحماض الكربوكسيلية من خلال المعادلة الكيميائية الآتية:

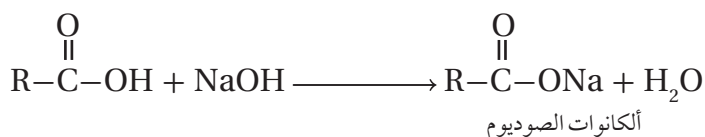


التفاعل مع الصوديوم Reaction with sodium تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الفلزات النشطة مثل الصوديوم Na، وينطلق غاز الهيدروجين H₂، نتيجة لإحلال ذرة الصوديوم محل ذرة هيدروجين مجموعة الكربوكسيل في الحمض الكربوكسيلي.



يستخدم تفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الصوديوم لتمييزها عن المركبات العضوية الأخرى، نظراً لتصاعد غاز الهيدروجين، مع ملاحظة أن هذا التفاعل لا يستخدم لتمييز الأحماض الكربوكسيلية عن الكحولات لأن كلاهما يتفاعل مع الصوديوم وينطلق منهما غاز.

التفاعل مع القواعد Reaction with sodium hydroxide تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع القواعد مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH، إذ يتم نزع ذرة الهيدروجين من مجموعة الكربوكسيل في الحمض الكربوكسيلي، ويحل محلها ذرة الصوديوم من القاعدة.



الإسترات	الجدول 6-14
مثال على الإستر	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{مجموعة إيثانوات} \quad \text{مجموعة بروبيل} \\ \text{CH}_3 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \text{مجموعة إستر} \\ \text{إيثانوات (أستات) البروبيل} \end{array}$	$\text{R} - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{R}'$ مجموعة إستر

مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية

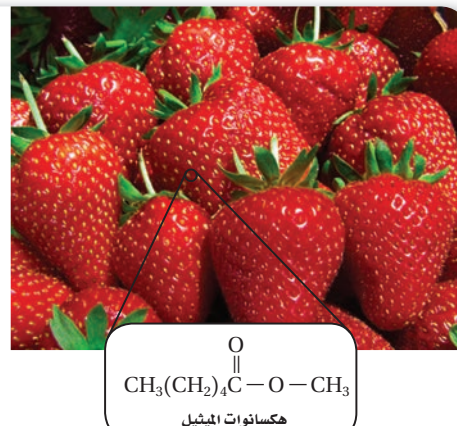
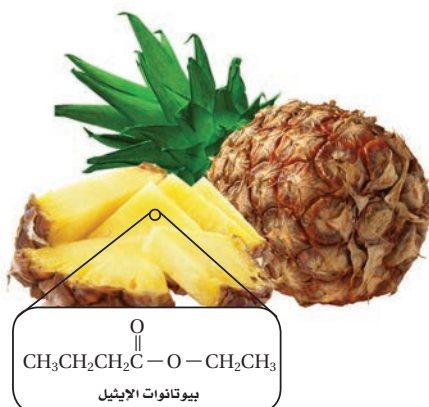
Organic compounds derived from carboxylic acids

يتألف العديد من أصناف المركبات العضوية من تركيب حمض كربوكسيلي استبدلت فيه ذرة الهيدروجين أو مجموعة الهيدروكسيل بذرات أو مجموعات أخرى. ومن أكثر الفئات شيوعاً الإستر والأميدات.

الإسترات Esters تعدُّ الإسترات **Esters** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلّت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكسيل، كما في الصيغة العامة المبينة في الجدول 6-14. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واستعمال المقطع (وات) بدل المقطع (ويك) متبوعاً باسم مجموعة الألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في الجدول 6-14. لاحظ كيف اشتق اسم البروبيل من الصيغة البنائية، وأن الاسم المبين بين القوسين يعتمد على حمض الأسيتيك، وهو الاسم الشائع لحمض الإيثانويك.

والإسترات مركبات عضوية متطايرة ورائحتها عطرية. وتوجد أنواع كثيرة منها في العطور والنكهات الطبيعية وفي الفواكه والأزهار، كما في الشكل 6-14. وتنتج النكهات الطبيعية - ومنها نكهة التفاح أو الموز - عن مزيج من جزيئات عضوية مختلفة منها الإسترات. وقد يكون سبب بعض هذه النكهات تركيب إستر واحد فقط. لذا يتم تصنيع الإسترات لاستعمالها في كثير من الأطعمة والنكهات والمشروبات والعطور والشموع العطرية، والمواد المعطرة الأخرى.

الشكل 6-14 تعد الإسترات مصدر روائح وطعم الكثير من الفواكه؛ إذ يعزى طعم الفراولة إلى هكسانوات الميثيل، وطعم الأناناس لمركب بيوتانوات الإيثيل. ويعزى مصدر الروائح الطبيعية إلى خليط من الإسترات والألدهيدات والكحولات.



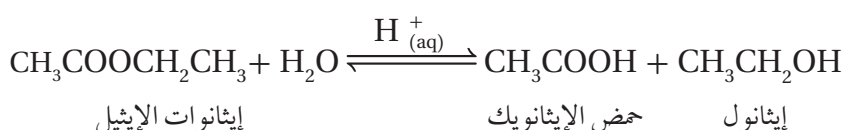
التحلل المائي للإستر Hydrolysis of ester

يعني التحلل المائي **Hydrolysis** التفاعل مع الماء، وهذا ما يحدث عندما تتفاعل الاسترات مع الماء أو محلول حمض مخفف مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl. ويمكن أن يتم التحلل المائي للإسترات في وسط قاعدي مثل محلول من هيدروكسيد الصوديوم.

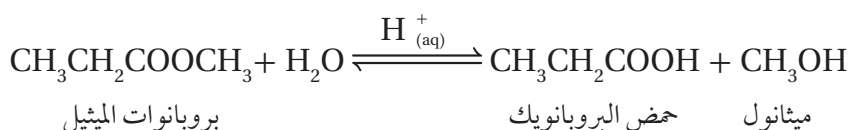
التحلل المائي باستخدام الماء أو الحمض المخفف Hydrolysis using water or dilute acid

لا يستخدم التفاعل مع الماء النقي أبداً لأنه بطيء جداً. ولذلك يتم تحفيز التفاعل في وسط حمضي، ويتم تسخين الإستر بوجود محلول حمض مخفف مثل حمض الهيدروكلوريك أو حمض الكبريتيك. وفيما يلي مثالين على التحلل المائي للإستر في الوسط الحمضي كعامل محفز:

أولاً: التحلل المائي لإستر إيثانوات الإيثيل



ثانياً: التحلل المائي لإستر بروبانات الميثيل

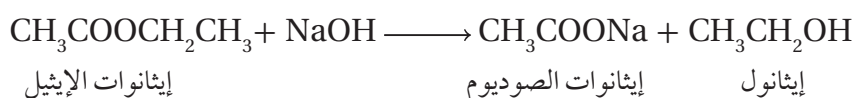


لاحظ أن التفاعلات انعكاسية. ولجعل التحلل المائي كاملاً بقدر الإمكان، يمكنك استخدام كمية كافية من الماء.

التحلل المائي للإستر في وسط قاعدي مخفف Hydrolysis using dilute alkali

وهذه هي الطريقة المعتادة في عملية التحلل المائي للإستر؛ إذ يتم تسخين الإستر مع القلويات المخففة مثل محلول هيدروكسيد الصوديوم. وهناك اثنين من مزايا هذه الطريقة بدلاً من استخدام الحمض المخفف، وهي أن التفاعل يكون في اتجاه واحد بدلاً من التفاعل الانعكاسي، وسهولة فصل نواتج التفاعل. وبأخذ نفس الأمثلة السابقة لكن باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم كوسط قاعدي:

* أولاً: التحلل المائي لإستر إيثانوات الإيثيل في وسط قاعدي



* ثانياً: التحلل المائي لإستر بروبانات الميثيل في وسط قاعدي



واقع الكيمياء في الحياة

الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)



الجزيئات البيولوجية يرمز إلى

الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات ب-PAHs. وقد تم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. ونتيجة لمحاكاة العلماء للظروف في الفضاء تبين أن حوالي 10% من PAHs يتم تحويلها إلى كحول، وكيثونات، وإسترات. ويمكن استعمال هذه الجزيئات لتكوين المركبات التي تعد ذات أهمية للأنظمة البيولوجية.

المفردات الجديدة

- التحلل المائي
- Hydrolysis

تجربة

تحضير الإستر

كيف تميز الإستر؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. ضع 5mL من البنتانول في أنبوب اختبار.

3. قم بإضافة 5mL من حمض الإيثانويك الثلجي Glacial ethanoic acid إلى أنبوب الاختبار. تحذير: يمكن أن يسبب حمض الكبريتيك المركز حروقًا، وقد يشتعل الميثانول ويسبب انفجارًا، لذا احفظه بعيدًا عن مصدر اللهب. وتعامل دائمًا مع المواد الكيميائية بحذر.

4. أضف قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى الخليط الموجود في الأنبوب.

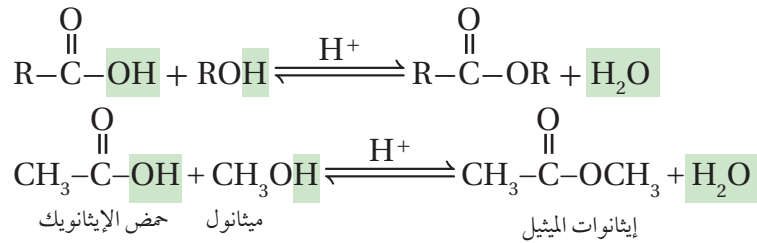
5. ضع أنبوب الاختبار في حمام مائي ساخن، واتركه لبضع دقائق حتى تتصاعد الأبخرة من الأنبوب.
6. اترك الأنبوب يبرد قليلًا، ثم ضعه في حمام ثلجي.
7. ضع كمية قليلة من الماء المقطر، ثم حدد رائحة الأبخرة المتصاعدة.

التحليل

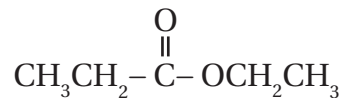
1. ما الرائحة الناتجة؟
2. ما دور حمض الكبريتيك في التجربة؟
3. اكتب معادلة التفاعل بين الكحول، وحمض الكربوكسيل.
4. ما اسم الإستر الناتج من التفاعل؟

لاحظ أنه يمكنك الحصول على ملح الصوديوم الذي تكون بدلاً من الحمض الكربوكسيل نفسه. ومن السهل نسبيًا فصل مكونات هذا الخليط بطريقة التقطير، شريطة استخدام كمية وافرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم الذي سيتفاعل مع جميع كمية الإستر. وإذا كنت ترغب في الحصول على الحمض الكربوكسيل بدلاً من الملح، يمكنك استخدام كمية وافرة من محلول مخفف لحمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك أو حمض الكبريتيك مع المحلول المتبقي بعد عملية التقطير الأولى.

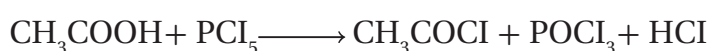
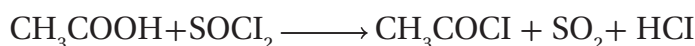
الاسترة Esterification يؤدي تفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيل في وسط حمضي إلى تكوين الإستر؛ إذ يتم في التفاعل سحب مجموعة (OH) من الحمض الكربوكسيل وذرة (H) من الكحول.



✓ **ماذا قرأت؟** اكتب صيغة الكحول وحمض الكربوكسيل اللذين ينتجان عند تفاعلها الإستر التالي:

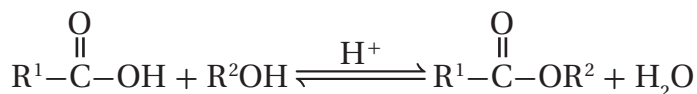


* **هاليدات الأسيل Acylhalides** تعرف هاليدات الأسيل **Acyhalides** بأنها مركبات كيميائية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية عن طريق استبدال مجموعة هيدروكسيل OH- بمجموعة هاليد. وتحتوي هاليدات الأسيل على مجموعة COX- كمجموعة وظيفية، والتي تتألف من مجموعة كربونيل، مرتبطة برابطة تساهمية أحادية مع ذرة هالوجين. ويمكن كتابة الصيغة العامة لهاليدات الأسيل بالشكل RCOX، حيث: يمكن أن تكون R مجموعة ألكيل، و CO هي مجموعة الكربونيل، وتمثل X الهاليد مثل الكلوريد. ويعتبر كلوريد الأسيل أكثر أنواع هاليدات الأسيل شيوعاً. ويمكن تحضير كلوريد الأسيل مختبرياً من تفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع كاشف مثل كلوريد الثيونيل SOCl₂ أو خماسي كلوريد الفوسفور POCl₅.



تفاعلات التكاثف Condensation reactions

تفاعل التكاثف Condensation reaction في الكيمياء هو تفاعل كيميائي يحدث فيه اتحاد بين جزيئين بحيث يكون الناتج جزيء أكبر، وذلك بشكل مترافق مع فقدان جزيء أصغر، وغالباً ما يكون الجزيء المفقود من تفاعل التكاثف هو الماء، ولكن هناك جزيئات صغيرة أخرى تنتج عن تفاعلات التكاثف مثل كلوريد الهيدروجين أو الميثانول. تصنف تفاعلات الأسترة كيميائياً ضمن تفاعلات التكاثف، وهي تفاعلات تحدث بين الكحولات أو الفينولات مع الأحماض (الكربوكسيلية غالباً) كما في التفاعل العام التالي:



المفردات الجديدة

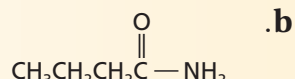
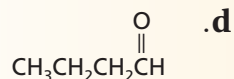
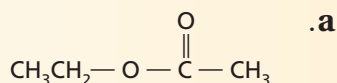
- هاليدات الأسيل
- Acyl halides
- تفاعل التكاثف
- Condensation reaction

التقويم 6-3

الخلاصة

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة $C=O$.
- هناك أربعة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكيونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات.
- تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الفلزات النشطة أو القواعد مكونة أملاحًا.
- الطريقة الشائعة لتحضير الإسترات تتم بتفاعلات الأحماض الكربوكسيلية والكحول.

35. **الفكرة الرئيسة** صنف كل مركب من مركبات الكربونيل الآتية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا الدرس.

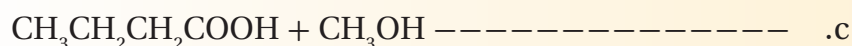
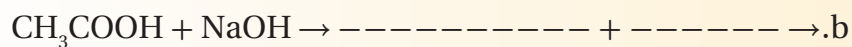
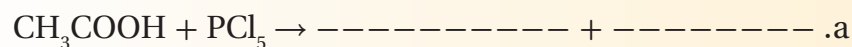


36. صف نواتج تفاعل الأسترة بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

37. حدد الصيغة العامة للألكانات C_nH_{2n+2} . اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدهيد، والكيون، والحمض الكربوكسيلي.

38. استنتج لماذا تكون المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات كربوكسيل ذات خواص حمضية عندما تذوب في الماء، بينما ليس لمركبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدهيد الخواص نفسها؟

39. أكمل المعادلات الكيميائية التالية:



Oils and Fats

الزيوت والدهون

فيم هذا الدرس

الفكرة الرئيسية تمثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية مخزوناً من الطاقة في كل من النبات والحيوان، وتنظيم الأنشطة الحيوية.

الربط مع الحياة ما الشيء المشترك بين الشمع الذي يستعمل في تلميع السيارات والدهن الذي يقطر من اللحم المشوي، والفيتامين (د) الذي يضاف إلى الحليب الذي يشربه الناس؟ جميعها دهون.

معايير الأداء الرئيسية

11.25.4 – 11.25.5

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.4 – 11A.1.8

ما الدهون؟ What are fats?

الأهداف

الدهون Fats جزيئات عضوية كبيرة غير قطبية. ولما كانت الدهون غير قطبية فهي غير قابلة للذوبان في الماء. وتؤدي الدهون وظيفتين رئيسيتين في المخلوقات الحية؛ تحتزن الطاقة بشكل فعال، وتكوّن معظم تركيب الأغشية الخلوية، كما أنها تختلف عن البروتينات والكربوهيدرات في أنها ليست بوليمرات ذات وحدات بناء أساسية متكررة.

الأحماض الدهنية Fatty acids على الرغم من أن الدهون ليست بوليمرات، إلا أن لها وحدة بناء رئيسية مشتركة. ووحدات البناء هذه هي **الأحماض الدهنية Fatty acids**، وهي أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة. وتحتوي معظم الأحماض الدهنية الطبيعية ما بين 12 و 24 ذرة كربون. ويمكن تمثيل تركيبها بالصيغة الآتية: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ ويوضح الجدول 6-15 تركيب بعض الأحماض الدهنية ودرجة انصهار كل منها. وتحتوي معظم الأحماض الدهنية على عدد زوجي من ذرات الكربون، وهذا ناتج عن إضافتها ذرتي كربون معاً في الوقت نفسه عند زيادة السلسلة المكونة لها. كما يمكن وضع الأحماض الدهنية في مجموعتين رئيسيتين هما الأحماض الدهنية المشبعة، والأحماض الدهنية غير المشبعة؛ اعتماداً على وجود أو عدم وجود روابط ثنائية بين ذرات الكربون.

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

• يصف تراكيب كل من الدهون، والأحماض الدهنية، والجليسريدات الثلاثية.

• يشرح وظيفة الدهون والزيوت في الكائنات الحية.

• يكتب تفاعل تكوين الجليسيريد الثلاثي.

• يوضح المقصود بعملية التصبن.

• يكتب معادلة كيميائية توضح تفاعل التصبن.

مراجعة المفردات

جزيء غير قطبي: جزيء ليس لديه أقطاب موجبة وسالبة.

المفردات الجديدة

- الدهون
- الأحماض الدهنية
- Fats
- Fatty acids

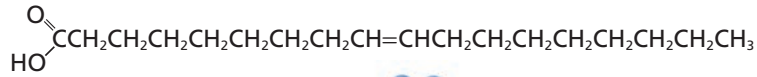
الجدول 6-15 الصيغ البنائية لبعض الأحماض الدهنية ودرجات انصهارها			
الحمض	الصيغة البنائية	عدد ذرات الكربون	درجة الانصهار (°C)
حمض الميرستيك	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	14	58
حمض البالميتيك	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16	63
حمض الستيريك	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18	70
حمض الأولييك	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18	13
حمض اللينولييك	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18	-5



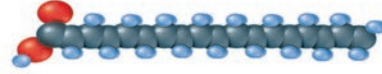
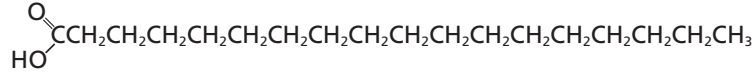
زيت الزيتون



زبدة



حمض الأوليك



حمض الإستياريك

الشكل 15-6 حمض الأوليك غير المشبع ذو 18 ذرة كربون يوجد في زيت الزيتون وحمض الإستياريك المشبع يوجد في العديد من الأطعمة، ومنها الزبدة.

فسّر كيف يتأثر تركيب الجزيء بوجود الرابطة الثنائية؟

وتُعرف الأحماض الدهنية التي لا تحتوي على روابط ثنائية بالمشبعة، في حين تسمى غير المشبعة إذا احتوت على رابطة ثنائية أو أكثر. ويبين الشكل 15-6 تركيبي حمضين دهنيين شائعين.

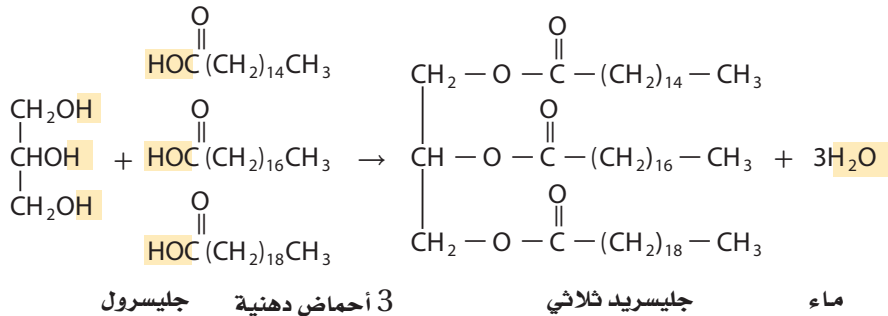
✓ **ماذا قرأت؟ اشرح** لماذا يوصف حمض الأوليك بأنه غير مشبع؟

يمكن أن يتشبع الحمض الدهني غير المشبع إذا تفاعل مع الهيدروجين. ومن المعروف أن المهدرجة هي تفاعل إضافة يتم فيه تفاعل غاز الهيدروجين مع ذرات الكربون المرتبطة بروابط متعددة. وتستطيع كل ذرة كربون غير مشبعة أن تستوعب ذرة هيدروجين إضافية واحدة لتصبح مشبعة. فمثلاً، يمكن أن تتم هدرجة حمض الأوليك، في الشكل 15-6، ليكون حمض الإستياريك.

توجد الروابط الثنائية في الأحماض الدهنية الطبيعية جميعها تقريباً في صورة المتشكل الهندسي cis، وهذا لا يساعد على وجود تركيب الأحماض الدهنية غير المشبعة مترابطة. ونتيجة لذلك لا تتكون قوى تجاذب كثيرة بين الجزيئات كما في جزيئات الأحماض الدهنية المشبعة، ولذلك تكون درجات انصهار الأحماض الدهنية غير المشبعة أقل.

الجليسيريدات الثلاثية Triglycerides على الرغم من أن الأحماض الدهنية موجودة بكثرة في الكائنات الحية، إلا أنها نادراً ما تكون وحدها. فهي تكون غالباً مرتبطة بالجليسرول، وهو جزيء من ثلاث ذرات كربون، ترتبط كل منها مع مجموعة هيدروكسيل. وعندما ترتبط ثلاثة أحماض دهنية بالجليسرول بروابط إستر يتكون الجليسيريد الثلاثي Triglyceride. ويبين الشكل 16-6 تكوين الجليسيريد الثلاثي.

الشكل 16-6 تتكون روابط الإستر في الجليسيريد الثلاثي عندما تتحد مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الجليسرول بمجموعات الكربوكسيل الموجودة في الأحماض الدهنية.



المفردات

الاستخدام العلمي والاستخدام

الشائع

يُسَبَّحُ (Saturate)

الاستخدام العلمي: يضيف شيئاً إلى حد أنه يمكن معه استيعاب المزيد أو ذوبانه أو الاحتفاظ به، مثل تشبع الماء المالح بالملح. الاستخدام الشائع: يزود السوق بمنتج أو منتجات إلى الحد الأقصى لطاقته الاستهلاكية.

ويمكن أن تكون الجليسيريدات الثلاثية صلبة أو سائلة في درجة حرارة الغرفة، كما في الشكل 17-6. وعندما تكون سائلة تسمى عادة زيوتًا. فإذا كانت صلبة في درجة حرارة الغرفة تسمى دهونًا.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد** اثنين من الزيوت النباتية واثنين من الدهون الحيوانية.

يتم تخزين الأحماض الدهنية في الجسم داخل خلايا تعرف بالخلايا الدهنية، وعندما تتوافر الطاقة بكثرة تخزن الخلايا الدهنية الطاقة الفائضة في الأحماض الدهنية على هيئة جليسيريد ثلاثي. وعندما تقل الطاقة تقوم الخلايا بتحليل الجليسيريد الثلاثي مطلقة الطاقة التي استعملت في تكوينها. ومع أن الإنزيمات تحلل الجليسيريد الثلاثي داخل الخلايا الحية إلا أنه يمكن إجراء تفاعل مشابه لذلك خارج الخلايا باستعمال قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم. ويسمى هذا التفاعل - تميّه الجليسيريد الثلاثي مع وجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجليسرول باسم **التصبن Saponification**.

ويستعمل تفاعل التصبن كما في الشكل 18-6، في إنتاج الصابون، وهو عبارة عن أملاح الصوديوم للأحماض الدهنية. ولجزيء الصابون طرفان: طرف قطبي، وآخر غير قطبي.

كيف يعمل الصابون والمنظفات؟

How Soaps and detergents work?

التنظيف هو كل تفاعل كيميائي أو فيزيائي باستطاعته نزع الأوساخ السائلة أو الصلبة أو خليط من كليهما من على سطح مادة صلبة مثل القماش أو الصوف. وهي كلمة تشمل جميع المنظفات سواء الصابونية أو غير الصابونية. كما أنها مادة تعمل على التقليل من التوتر السطحي للماء، وجعله قابل للامتزاج جزئيًا أو كليًا مع المواد العضوية كالزيوت. وتساعد العوامل النشطة سطحياً الموجودة في المنظفات والصابون على إزالة البقع. وتتركب جزيئات العامل

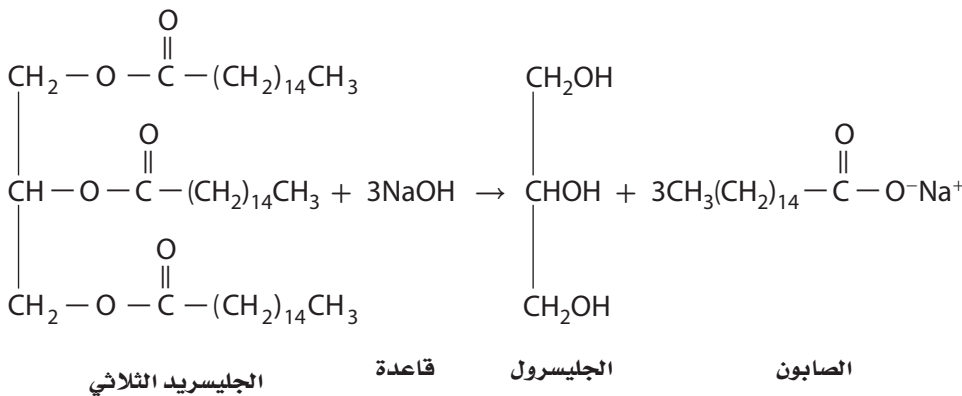


الشكل 17-6 معظم مخاليط ثلاثي الجليسيريدات النباتية المصدر سائل؛ لأن ثلاثي الجليسيريدات يحتوي على أحماض دهنية غير مشبعة، في حين تحتوي الدهون الحيوانية على كمية أكبر من الأحماض الدهنية المشبعة، لذا تكون عادة صلبة في درجة حرارة الغرفة.

المفردات الجديدة

• التصبن

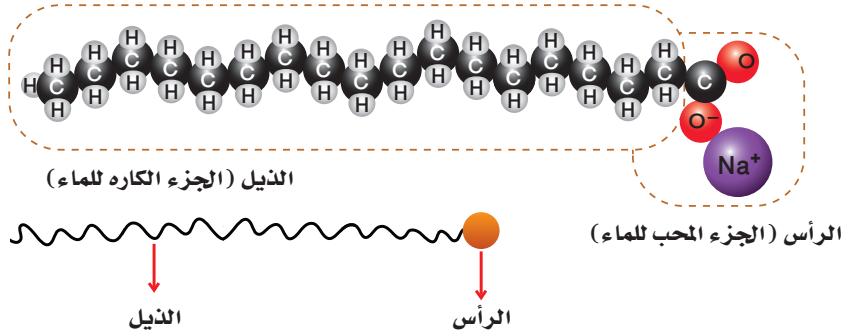
• Saponification



الشكل 18-6 يتكون الصابون من تفاعل الجليسيريد الثلاثي وقاعدة قوية.

الشكل 19-6 الصيغة البنائية

لجزيء الصابون، والذي يتكون من جزأين هما الرأس، والذيل.



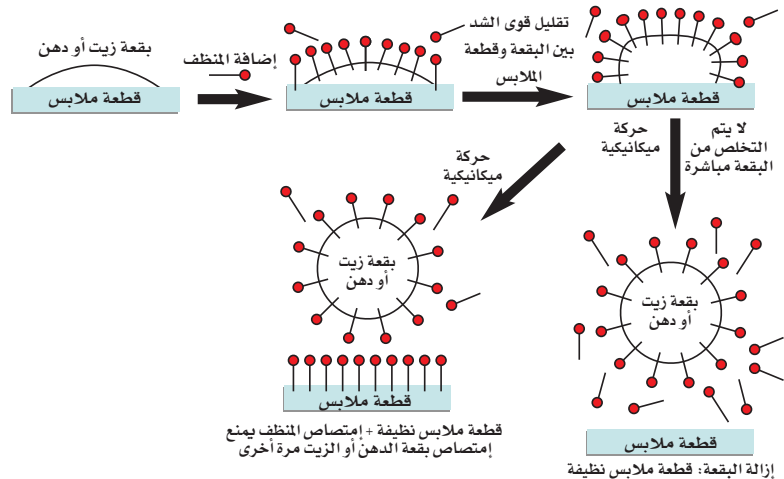
النشط سطحياً من جزأين مهمين لهما خواص مختلفة، أحدهما يسمى الرأس Head، وهو الجزء **المحب للماء Hydrophilic**؛ أي الجزء الذي ينجذب للماء، والآخر يسمى الذيل Tail، وهو الجزء **الكاره للماء Hydrophobic**؛ أي الجزء الذي لا ينجذب إلى الماء. انظر الشكل 19-6. وتتجمع الأجزاء الكارهة للماء من جزيئات المادة النشطة سطحياً على أي سطح آخر غير الماء. ويحيط العديد من الأجزاء الكارهة للماء بجسيمات البقع على الأشياء المتسخة، وفي الوقت نفسه تندفع الأجزاء المحبة للماء بعيداً عن الأشياء المتسخة، وتجذب جسيمات البقع في اتجاه ماء الغسيل.

يساعد التقليل الآلي لآلة الغسيل أو الحركة التي يُسببها ذلك أو حك الأشياء المتسخة باليد في تكسير البقع. كما يساعد التقليل والتحريك الأجزاء المحبة للماء من جزيئات المادة النشطة سطحياً في سحبها جسيمات البقع من الأشياء المغسولة إلى ماء الغسيل. وبعد أن تُجذب جسيمات البقع إلى ماء الغسيل، تحافظ الطبقة الرقيقة لجزيئات العامل النشط سطحياً الملتفة حول هذه الجسيمات على إبقائها منفصلة متباعدة، وتمنعها من الترسب ثانية على الأشياء المغسولة، وبذلك تبقى جسيمات البقع معلقة في ماء الغسيل إلى أن تتم إزالتها بعيداً، انظر الشكل 20-6.

✱ **الدهون الفوسفورية Phosphoric fats** هناك نوع مهم آخر من الجليسيريد الثلاثي يُسمى الدهن الفوسفوري، يوجد بكثرة في الأغشية البلازمية. والدهون الفوسفورية Phosphoric fats جليسيريدات ثلاثية استبدل فيها أحد الأحماض الدهنية بمجموعة

الشكل 20-6 تعمل المنظفات

والصابون بالطريقة نفسها تقريباً. في الصورة التوضيحية المكبرة يهاجم المنظف بقعة الزيت أو الدهن، ثم يجذبها بعيداً مكوناً حوله طبقة رقيقة. ويتم بعد ذلك شطف المنظف والزيت بعيداً.



تجربة

تفاعل التصبن

كيف يصنع الصابون؟ يُسمى التفاعل بين الجليسيريد الثلاثي وقاعدة قوية التصبن، كما في الشكل 18-6.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ضع كأساً سعتها 250 mL على سخان كهربائي. وأضف 25g من السمن النباتي الصلب إليها. ثم أشعل السخان الكهربائي على درجة حرارة متوسطة.
3. استخدم مخبراً مدرجاً سعته 25 ml لإضافة 12 mL إيثانول ببطء في أثناء انصهار السمن النباتي، ثم أضف 5 mL من NaOH تركيزه 6.0 M إلى الكأس.

تحذير: الإيثانول قابل للاشتعال، وNaOH يسبب حروقاً للجلد؛ لذا لبس القفازين.

1. فسر ما نوع الروابط التي تتحلل في الجليسيريد الثلاثي في أثناء تفاعل التصبن؟
2. حدّد نوع الملح الذي تكوّن في هذا التفاعل الكيميائي.
3. حدّد ما الطرف القطبي لجزيء الصابون؟ وما الطرف غير القطبي؟

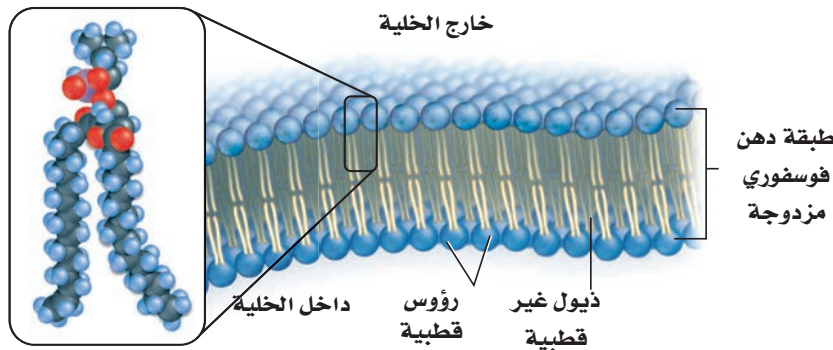
التحليل

4. سخّن الخليط مدة 15 دقيقة تقريباً، وحركه بساق التحريك من حين إلى آخر، دون أن يغلي.

فوسفات قطبية، تكوّن الجزء القطبي من الجزيء رأساً، كما في الشكل 21-6، وتبدو الأحماض الدهنية غير القطبية في صورة ذيول. ويتكون الشكل النموذجي للغشاء البلازمي من طبقتين من الدهن الفوسفوري، وهي مرتبة بحيث تكون ذيولها غير القطبية متجهة نحو الداخل ورؤوسها القطبية متجهة إلى الخارج. ويسمى هذا الترتيب الدهون الثنائي الطبقة. ولما كان تركيب هذا الدهن يعمل بوصفه حاجزاً، فإن الخلية تستطيع أن تنظم المواد التي تدخل خلال هذا الغشاء وتخرج منه.

الربط مع علم الأحياء

يحتوي سُمّ الأفاعي السامة على نوع من الإنزيمات يعرف بالليباز الفوسفوري. وتعمل هذه الإنزيمات عاملاً محفزاً لتحليل الدهن الفوسفوري - وهو جليسيريد ثلاثي استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات. ويحتوي سُمّ أحد أنواع الأفاعي



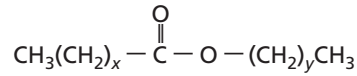
الشكل 21-6 تحتوي الدهون الفوسفورية على رأس قطبي وذيلين غير قطبيين. تتكون أغشية الخلايا من طبقة مزدوجة من الدهون تسمى ثنائية الطبقة. وتوجد الرؤوس القطبية في هذه الطبقة على المحيط الخارجي، بينما توجد الذيل غير القطبية في الداخل.

الشكل 22-6 تنتج النباتات شمعا يغطي أوراقها ويحميها من الجفاف.



على الليبوز الفوسفوري الناتج عن تفكك (تميه) رابطة الإستر لذرة الكربون الوسطى في الدهن الفوسفوري. وإذا دخل الجزء الأكبر من ناتج هذا التفاعل إلى مجرى الدم فإنه يذيب أغشية كريات الدم الحمراء فتتمزق. إن لسعة هذه الأفعى يمكن أن تؤدي إلى الموت إذا لم يتم علاجها فوراً.

* **الشموع Candles** عبارة عن نوع آخر من الدهون تحتوي أيضاً على أحماض دهنية. والشموع دهون تتكون من اتحاد حمض دهني مع كحول ذي سلسلة طويلة. وتبين الصيغة أدناه التركيب العام لهذه الدهون الصلبة الطرية ذات درجات الانصهار المنخفضة، حيث تمثل x و y أعداداً مختلفة من مجموعات CH_2 .



تنتج النباتات والحيوانات الشمع، وكثيراً ما تغطي أوراق النبات بالشمع الذي يمنع فقدان الماء. ويبين الشكل 22-6 كيف أن قطرات المطر تكون كرات كاخزرج على أوراق النبات، مما يشير إلى وجود طبقة شمعية. كما أن أقراص العسل التي يبنها النحل مصنوعة أيضاً من الشمع الذي يعرف عادة باسم شمع النحل. واتحاد حمض البالميتيك المكون من حمض دهني ذي 16 ذرة كربون مع كحول يحتوي على سلسلة من 30 ذرة كربون يؤدي إلى تكوين نوع شائع من شمع النحل. وتُصنع الشموع أحياناً من شمع العسل؛ لأنه يميل إلى الاحتراق ببطء وهدوء.

التقويم 4-6

الخلاصة

- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحتوي عادة على ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية مع الجليسرول لتكوّن الجليسيريد الثلاثي.

40. الفكرة الرئيسية صف وظيفة الدهون.

41. صف تراكيب الأحماض الدهنية، والجليسيريدات الثلاثية، والدهون الفوسفورية، والشمع.

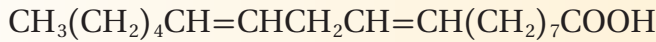
42. اعمل قائمة بوظيفة مهمة لكل مما يلي:

- a. الجليسيريدات الثلاثية c. الشموع
b. الصابون

43. اذكر تفاعلين من تفاعلات الأحماض الدهنية.

44. صف تركيب الأغشية الخلوية وعملها.

45. اكتب معادلة الهدرجة الكاملة للحمض الدهني غير المشبع وحمض اللينوليك.



46. وضح كيف تتم عملية التصبن، مع كتابة معادلة التصبن.

47. تفسير الرسوم العلمية ارسـم البناء العام للصابون، وعيّن عليه الأجزاء القطبية وغير القطبية.

* مادة إثرائية

المركبات الأروماتية

Aromatic Compounds

فيم هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

11.24.17 – 11.24.18 – 11.24.19

– 11.24.20 – 11.24.21

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.8 – 11A.2.2 – 11A.2.4 –

11A.2.6 – 11A.4.1

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يقارن الخصائص العامة للمركبات الأليفاتية، والمركبات الأروماتية.

• يسمي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

• يقارن تفاعلات الإيثين، والبنزين، والتولين.

• يقارن تفاعلات البروموبنزين، والبروموايثان.

• يوضح المقصود بالفينولات، وخصائصها واستعمالاتها، وتفاعلاتها مع الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم.

• يوضح الأهمية البيئية والاجتماعية المتعلقة بصناعة المركبات العضوية.

مراجعة المفردات

الأفلاك المهجنة: هي الأفلاك الناتجة عن دمج الأفلاك الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على أفلاك متماثلة الشكل والطاقة.

الفكرة الرئيسية

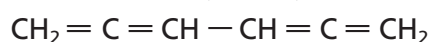
تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي وظاهرة الرنين.

الربط مع الحياة ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منهما يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

الصيغة البنائية للبنزين The Structure of benzene

إن الأصباغ الطبيعية - ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في الشكل 23-6 والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراسة أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التراكيب الحلقية غامضة.

إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين C_6H_6 الذي تم فصله أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791-1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ C_6H_6 إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي C_6H_{14} . ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كليهما معًا. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.



الشكل 23-6 استعملت

الأصباغ لإنتاج الأنسجة ذات الألوان الزاهية على مر العصور.

فسر ما الشيء المشترك

بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية)

المستخدمة في العطور؟

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل

الاستعمال الشائع

أروماتي (Aromatic)

الاستعمال العلمي: مركب عضوي

ثابت التركيب بسبب عدم بقاء

الإلكترونات في مكان واحد.

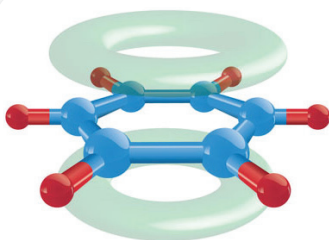
كأن نقول مثلاً: البنزين مركب

أروماتي.

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة

قوية.



الشكل 24-6 تتوزع إلكترونات

البنزين الرابطة بالتساوي في صورة

كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من

البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

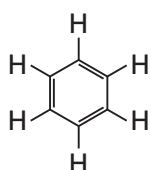
المفردات الجديدة

• الإلكترونات غير المتمركزة

• Delocalized

وبالرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي C_6H_6 فإن مثل هذا الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائياً، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكاينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

صيغة كيكولي Kekulé structure في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829-1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين - وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَن الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟

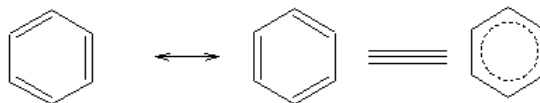


ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، بلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ "أوروبوروس، Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد حدد** مميزات وعيوب صيغة كيكولي.

نموذج البنزين الحديث The modern benzene model أكدت الأبحاث منذ اقتراح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضاً عن ذلك تكون أزواج **الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) Delocalized**، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل 24-6 يُوضح أن عدم التمرکز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتاً كيميائياً؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيداً مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن نتذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة بسبب ظاهرة الرنين في البنزين، وهي الظاهرة التي تشير إلى أن الروابط بين الذرات في جزيء أو في أيون متعدد الذرات لا يمكن وصفها بصيغة واحدة فقط، وإنما في أكثر من صيغة، بسبب التوزيع المنتظم للإلكترونات بين الذرات.



المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

تُسمى المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءاً من بنائها المركبات الأروماتية (العطرية) **Aromatic compounds**. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل ومعناه عطري لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات العطرية. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكينات المركبات الأليفاتية **Aliphatic compounds** لتمييزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني الدهن. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما بعض الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

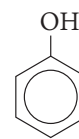
جميع المركبات الأروماتية (العطرية) تقريباً، بما في ذلك البنزين لها خصائص عطرية، وهي سوائل شديدة الاشتعال. كما أنها تستخدم أساساً لتجميع المواد الكيميائية الثقيلة. وتقسم الأرينات بشكل رئيس إلى ثلاثة أنواع: الأرينات أحادية الحلقة Monocyclic arenes وتتضمن البنزين ومشتقاته، مثل الفينول، أو ميثيل بنزين (تولوين). والأرينات المعزولة المتعددة الحلقات Polycyclic isolated arenes، وتتكون من أكثر من حلقة بنزين منعزلة عن بعضها البعض، مثل؛ ثنائي الفينيل. والأرينات المكثفة المتعددة الحلقات Polycyclic condensed arenes، وتتكون من عدة حلقات بنزين ملتصقة (Fused) معاً، مثل؛ النفثالين. انظر الشكل 6-25.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** لماذا استمر الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

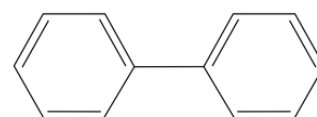
تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في الشكل 6-26. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفثالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنباً إلى جنب. ويعد النفثالين مثلاً على نظام الحلقات الملتصقة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتشارك ذرات الكربون المكوّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

تسمية المركبات العضوية الأروماتية Naming of aromatic organic compounds للمركبات الأروماتية القدرة على امتلاك مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيل البنزين، المعروف أيضاً بـ (التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بديلة مرتبطة مع حلقة البنزين تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد مرتبطة بحلقة البنزين.

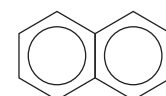
✓ **ماذا قرأت؟ فسّر** ماذا تعني الدوائر داخل الحلقة السداسية الظاهرة في الشكل 6-25؟



فينول؛ أرين أحادي الحلقة



ثنائي فينيل؛ أرين معزول متعدد الحلقات



النفثالين؛ أرين مكثف متعدد الحلقات

الشكل 6-25 أمثلة على الأنواع الثلاثة للأرينات.

المفردات الجديدة

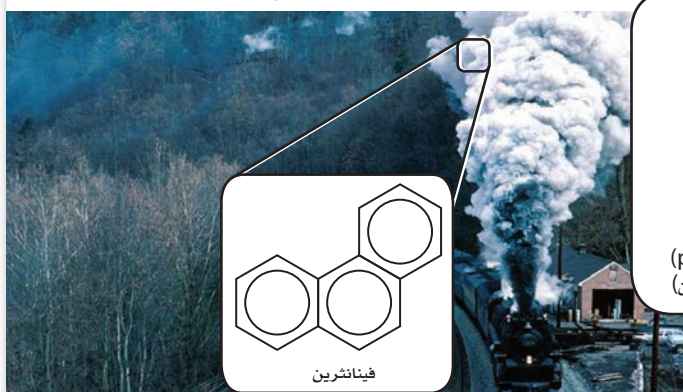
- المركبات الأروماتية
- Aromatic compounds
- المركبات الأليفاتية
- Aliphatic compounds



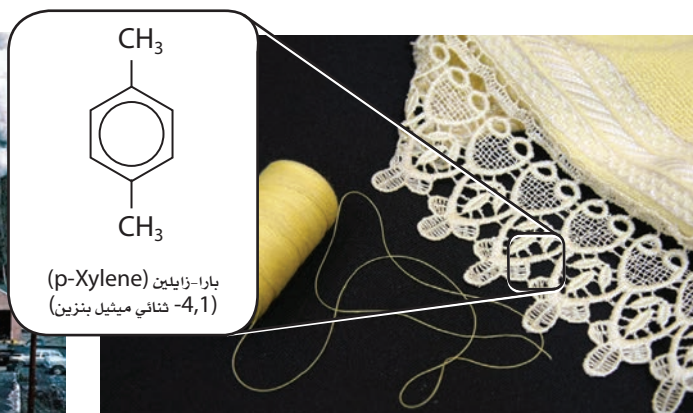
يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طارداً للعث.



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.



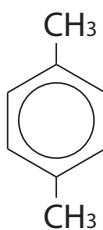
يكثُر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.



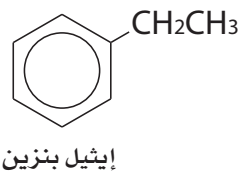
يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

الشكل 26-6 توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

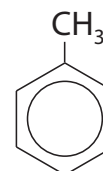
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4-ثنائي ميثيل بنزين، para - xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



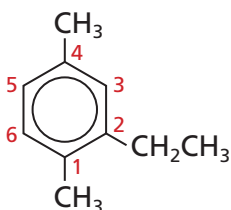
1، 4-ثنائي ميثيل بنزين



إيثيل بنزين



ميثيل بنزين
(تولوين)

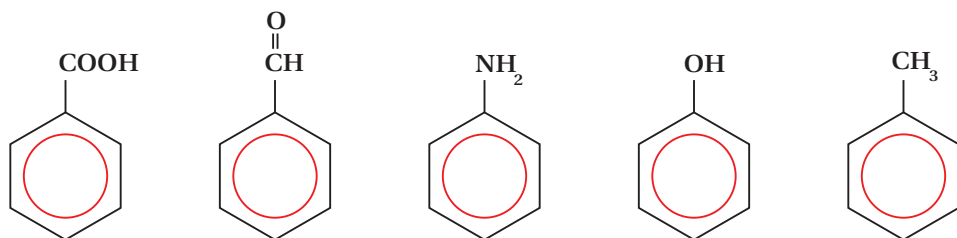


2- إيثيل - 1، 4- ثنائي ميثيل بنزين

الشكل 27-6 تسمى حلقات البنزين ذات التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.

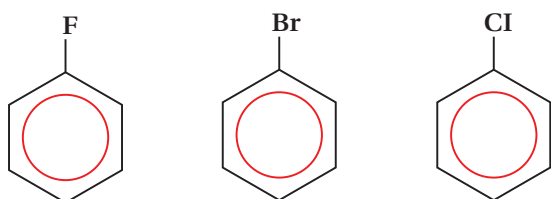
وتُرقم حلقات البنزين المتفرعة تماماً مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في الشكل 27-6. إن ترقيم الحلقة - كما هو مبين - يعطي الأرقام 1، 2، و 4 لمواقع المجموعات البديلة. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2-إيثيل-1، 4-ثنائي ميثيل بنزين.

وفي بعض المشتقات التي تحتوي على حلقة بنزين واحدة تستخدم لها أسماء شائعة مشهورة جداً حتى أصبحت تلك المركبات تكاد لا تعرف إلا بها، وهي على النحو الآتي:



تولوين فينول أنيلين بنزالدهيد حمض البنزويك

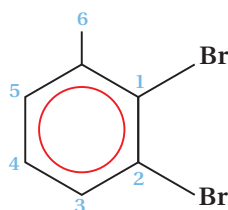
ويتم تسمية الأرينات الهالوجينية باعتبار كلمة بنزين كقاعدة للاسم بحيث يسبقها مقطع يدل على اسم المجموعة البديلة، وذلك على النحو الآتي:



كلورو بنزين برومو بنزين فلورو بنزين

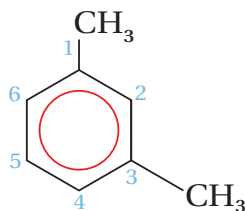
أما في حالة وجود مجموعتين بديلتين على حلقة البنزين، يتم الإشارة إلى موقعهما إما باستخدام مقاطع، وإما أرقام، وهناك ثلاثة احتمالات للمقاطع المستخدمة، وهي على النحو الآتي:

أورثو Ortho وتستخدم عندما تقع المجموعتين في وضع متجاور على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثال التالي:

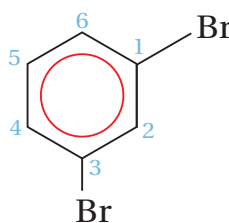


"أورثو - ثنائي برومو بنزين"، أو "1، 2- ثنائي برومو بنزين".

ميثا Meta وتستخدم عندما تقع المجموعتين في وضع متبادل على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثالين أدناه.

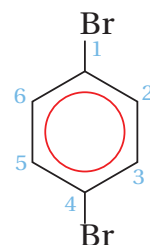
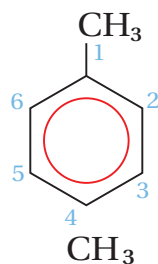


ميثا - ثنائي ميثيل بنزين أو
1، 3 - ثنائي ميثيل بنزين



ميثا - ثنائي برومو بنزين أو
1، 3 - ثنائي برومو بنزين

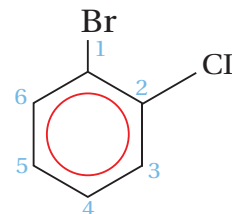
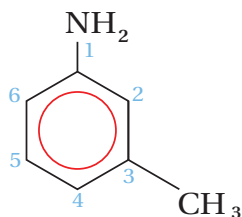
بارا Para وتستخدم عندما تكون المجموعتين في وضع متوازي على حلقة البنزين، فتكون التسمية كما في المثالين أدناه.



بارا - ثنائي ميثيل بنزين أو
1، 4 - ثنائي ميثيل بنزين

بارا - ثنائي برومو بنزين أو
1، 4 - ثنائي برومو بنزين

ويتم استخدام الترتيب الهجائي عندما تكون المجموعتين مختلفتين مع المقاطع (أورثو - ميتا - بارا)، وتكون التسمية كما في المثالين أدناه.

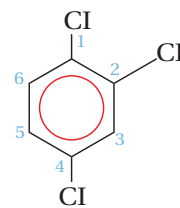
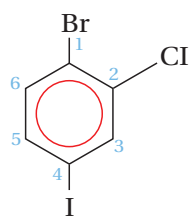


3 - ميثيل أنيلين

أورثو - برومو كلورو بنزين

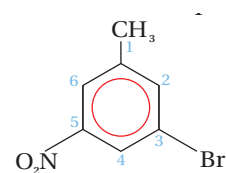
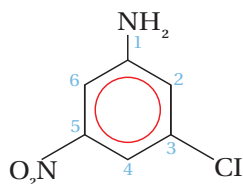
(عندما يكون المركب مشتق من مركب له اسم شائع)

ويستخدم الترقيم فقط في حالة وجود أكثر من مجموعتين، كما في الأمثلة الآتية:



1 - برومو - 2 - كلورو - 4 - أيودو بنزين

1، 2، 4 - ثلاثي كلورو بنزين

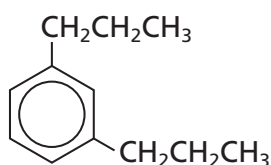


3 - كلورو - 5 - نيترو أنيلين

3 - برومو - 5 - نيترو تولوين

(عندما يكون المركب مشتق من مركب له اسم شائع)

تسمية المركبات الأروماتية سمّ المركب الأروماتي التالي.

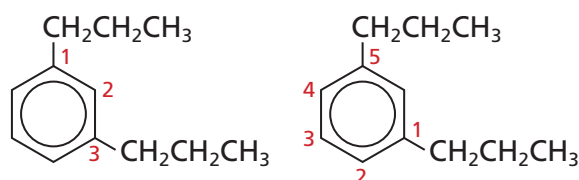


1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مركباً أروماتياً، اتبع القواعد لتسميته.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.



إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

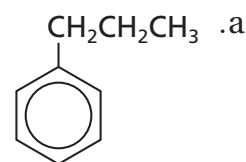
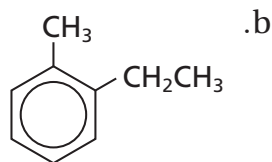
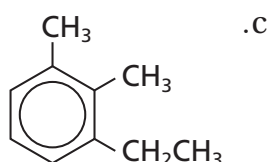
الخطوة 3. جمع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائياً، مستخدماً الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3-ثنائي بروبيل بنزين.

3 تقويم الإجابة

رُقِّمت حلقة البنزين لتعطي التفرعات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحُدِّدت أسماء المجموعات البديلة على نحو صحيح.

مسائل تدريبية

29. سمّ الصيغ البنائية التالية:



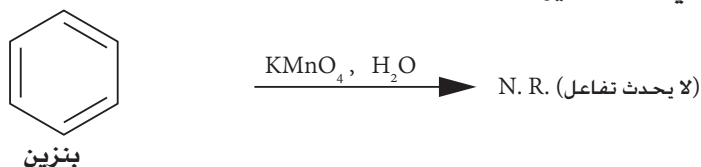
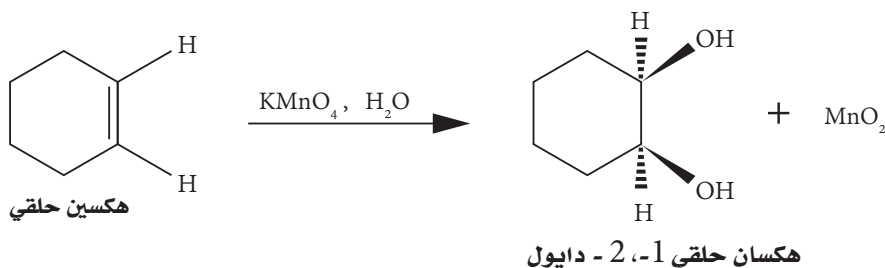
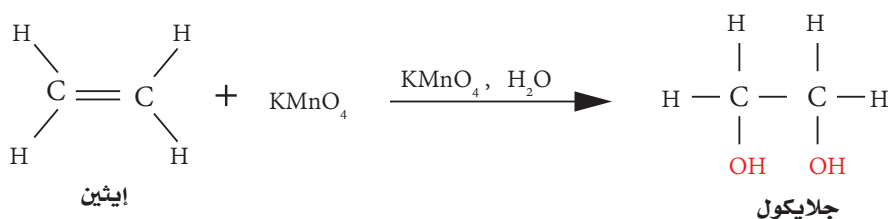
30. تحفيز ارسـم الصيغة البنائية للمركب 1، 4-ثنائي ميثيل بنزين.

تفاعلات المركبات الأروماتية

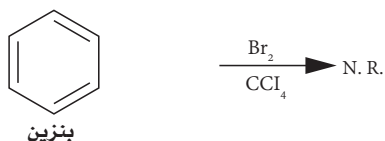
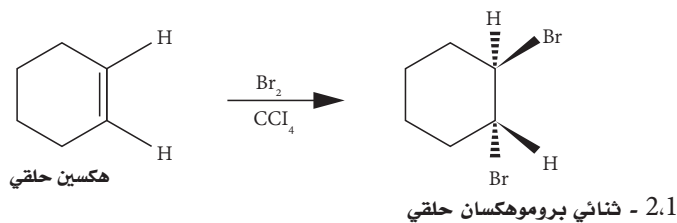
Reactions of aromatic compounds

البنزين من المركبات المستقرة جداً مقارنة مع الألكينات، لذلك لا يتفاعل عادة بنفس الطريقة التي تتفاعل بها الألكينات، مثل الإيثين $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ، أو الهكسين الحلقي.

تفاعلات الإضافة Addition reactions لا يتفاعل البنزين بالاضافة إلا في ظروف خاصة حيث تحتاج هذه التفاعلات الى طاقة كبيرة، بسبب التركيب الحلقي الذي يمنحه الاستقرار. وقد لاحظت سابقاً أن الإيثين يتفاعل مع المواد الأخرى مثل برمنجنات البوتاسيوم KMnO_4 لتكوين الجلايكول. وب نفس الطريقة يتفاعل الهكسين الحلقي لتكوين هكسان حلقي - 1، 2 - دايول، ولكن عندما يتم إضافة البرمنجنات إلى البنزين، نلاحظ عدم حدوث تفاعل.



وبنفس الطريقة، يتفاعل محلول البروم الذائب Br_2 في رباعي كلوريد الكربون CCl_4 ؛ إذ يختفي لون البروم الأحمر بسبب إضافته إلى الرابطة المزدوجة في الألكين. ولكن عندما يضاف البروم للبنزين، لا يحدث أي تفاعل، لذلك لا يتغير لون البروم الأحمر مع البنزين. انظر الشكل 6-27.

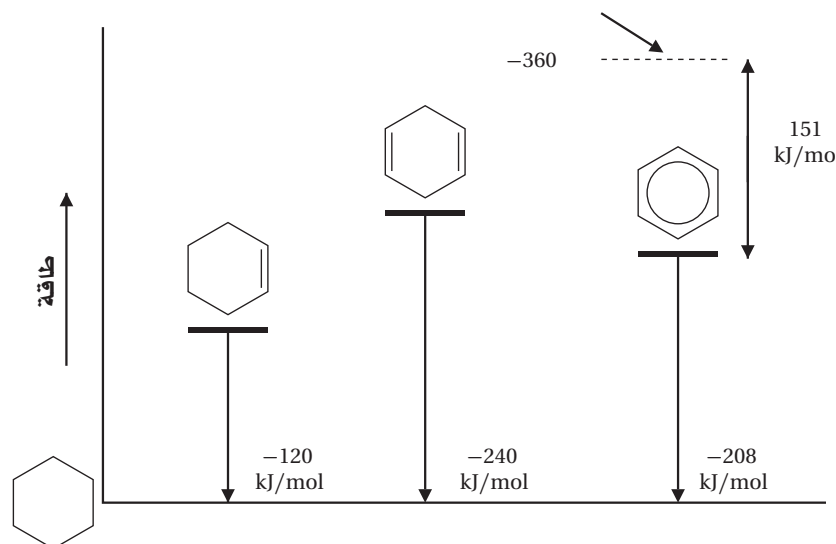


الشكل 6-27 يؤدي الهكسين الحلقي إلى اختفاء لون ماء البروم بسبب احتوائه على إلكترونين متموضعين في الرابطة التساهمية الثنائية بين ذرتي كربون $\text{C} = \text{C}$.

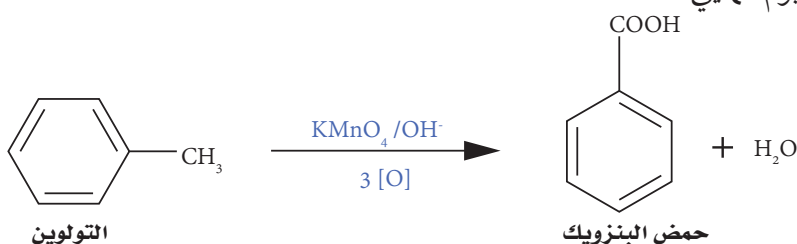
لا يؤدي البنزين إلى اختفاء لون ماء البروم بسبب وجود 6 إلكترونات غير متموضعة (غير متمركزة) على 6 ذرات كربون تشكل 3 روابط تساهمية ثنائية تحتوي 3 أزواج من الإلكترونات تشكل روابط من نوع باي.



الشكل 28-6 مقارنة حرارة الهدرجة الناتجة من تفاعلات كل من البنزين، وسيكلوهكسين، وسيكلوهكساديين.



ويتأكسد ميثيل بنزين (التولوين) في الوسط القاعدي بواسطة محلول من برمنجنات البوتاسيوم كما يلي:

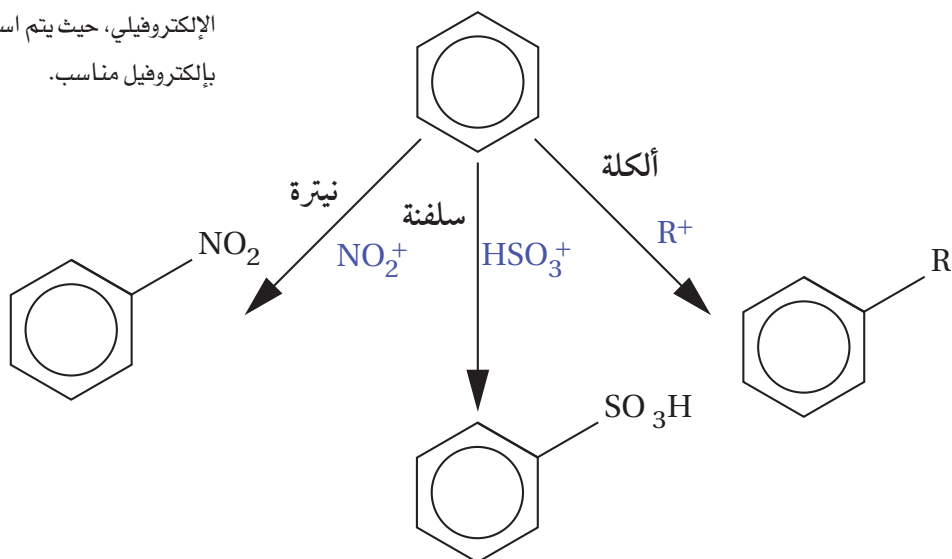


وبمقارنة حرارة الهدرجة (التفاعل مع الهيدروجين) الناتجة من تفاعلات كل من البنزين، وسيكلوهكسين، وسيكلوهكساديين، يمكن أن نحصل على فكرة توضح استقرار البنزين (الشكل 28-6).

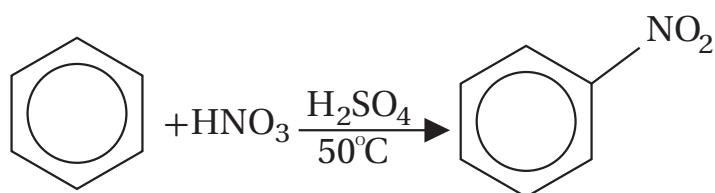
تفاعل هدرجة الهكسان الحلقي طارد للحرارة ($\Delta H = -120 \text{ kJ/mol}$)، أما تفاعل الهدرجة للمركب 1، 4-هكساديين الحلقي هو أيضاً طارد للحرارة (-240 kJ/mol) وهي عبارة عن ضعف قيمة حرارة الهدرجة للهكسان الحلقي كما هو متوقع. ويتطلب تفاعل هدرجة البنزين ضغوطاً أعلى من الهيدروجين والعوامل الحفازة النشطة. وتكون قيمة حرارة الهدرجة في هذه الحالة (-208 kJ/mol)، وهي أقل من القيمة المتوقعة (-360 kJ/mol)، ويرجع اختلاف القيمة العملية عن القيمة الافتراضية بمقدار (151 kJ/mol) إلى وجود ظاهرة الرنين في حلقة البنزين التي تجعل الروابط الست متماثلة، ولها خصائص ما بين الرابطة الأحادية، والرابطة الثنائية، مما يجعلها أكثر إستقراراً.

تفاعلات الاستبدال Substitution reactions سبق أن تعلمت أن البنزين لا يتفاعل بالإضافة في الظروف العادية رغم وجود مجموعة من الروابط التساهمية الثنائية، وذلك بسبب ظاهرة الرنين، ويتفاعل البنزين بالاستبدال الإلكتروفي حيث يتم استبدال ذرة هيدروجين بالكتروفيل مناسب، وهذا هو الشيء المشترك في تفاعلات الاستبدال كما يظهر في الشكل 29-6.

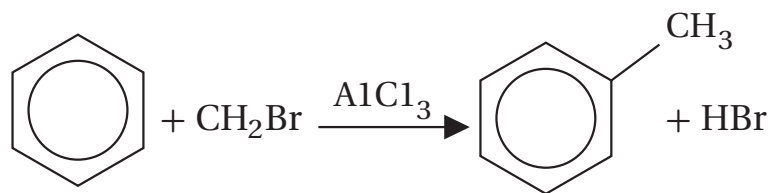
الشكل 29-6 يتفاعل البنزين بالاستبدال
الإلكتروفي، حيث يتم استبدال ذرة هيدروجين
بإلكتروفي مناسب.



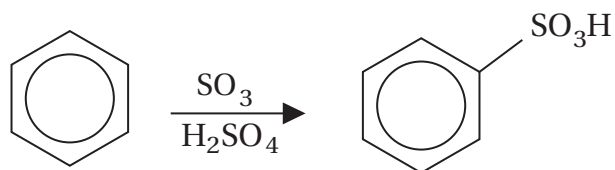
تتم نيترة البنزين (Nitration) بحسب معادلة التفاعل الكيميائي التالي:



وتتم تفاعلات الألكلة (Alkylation)، كما في معادلة التفاعل الكيميائي التالي:

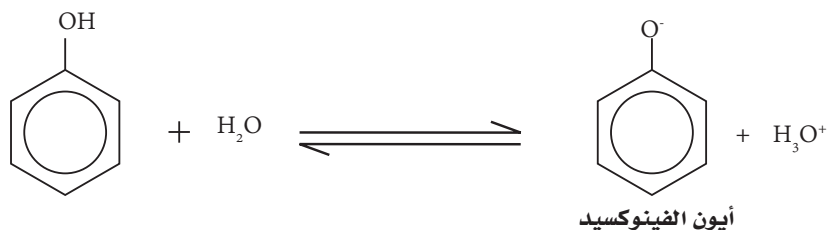


ويتم تفاعل السلفنة (Sulfonation) بخلط ثالث أكسيد الكبريت مع حمض الكبريتيك
المركز كما في معادلة التفاعل الكيميائي التالي:



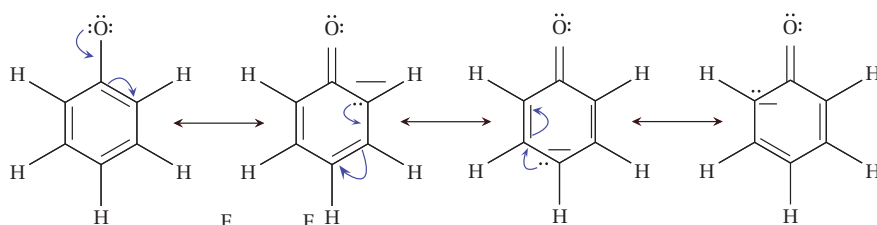
حمضية الفينول The acidity of phenol

على عكس الكحولات (التي تحتوي أيضاً على مجموعة OH^-)، يعتبر الفينول حمضاً ضعيفاً؛ إذ يمكن كسر الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين في المجموعة OH^- ونقل البروتون H^+ إلى جزيء القاعدة وهو الماء. وعلى سبيل المثال، في محلول من الفينول والماء يحدث التفاعل التالي:



الفينول حمض ضعيف جداً، لذلك يميل موضع الاتزان نحو اليسار. ويمكن أن يفقد الفينول أيون الهيدروجين لأن أيون الفينوكسيد المتكون يكون أكثر استقراراً إلى حد ما. انظر الشكل 6-30.

لا بد من وجود شيء خاص حول الفينول الذي يجعله حمضياً. يعد أيون الفينوكسيد أكثر استقراراً مقارنة مع أيونات ألكوكسيد أخرى، لأن الشحنة السالبة لا تقتصر على ذرة الأوكسجين، ولكنها تتوزع على ذرة الأكسجين وثلاث ذرات من الكربون في الحلقة.

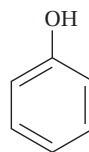


ولا يزال جزء كبير من الشحنة السالبة المسببة لظاهرة الرنين يتركز على ذرة الأوكسجين، حيث أنها الأكثر سالبية كهربائية من بين الذرات الأربع التي تشارك بالإلكترونات. ولكن القدرة على توزيع الشحنات على أربع ذرات أكبر من القدرة على تركيزها على ذرة واحدة فقط، وهذا ينتج أيون أكثر استقراراً.

مع الكواشف With indicators الرقم الهيدروجيني pH لمحلول مخفف من الفينول في الماء من المرجح أن يكون حوالي 6-6 (اعتماداً على تركيز المحلول). وهذا يعني أن المحلول المخفف جداً لا يكون حمضياً لدرجة تكفي لتحويل اللون الأزرق لورقة تباع الشمس إلى اللون الأحمر تماماً. وعندما يكون لون ورقة تباع الشمس أزرقاً عند الرقم الهيدروجيني 8، وأحمرًا عند الرقم الهيدروجيني 5؛ فإن أي رقم هيدروجيني بينهما يشير إلى احتمال وجود محلول متعادل الحموضة.

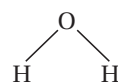
مع محلول هيدروكسيد الصوديوم With sodium hydroxide solution يتفاعل الفينول مع محلول هيدروكسيد الصوديوم، ويتكون محلول عديم اللون يحتوي على فينوكسيد الصوديوم Sodium phenoxide. والمعادلة الكيميائية التالية توضح ذلك:

فينول



أقل قطبية

ماء



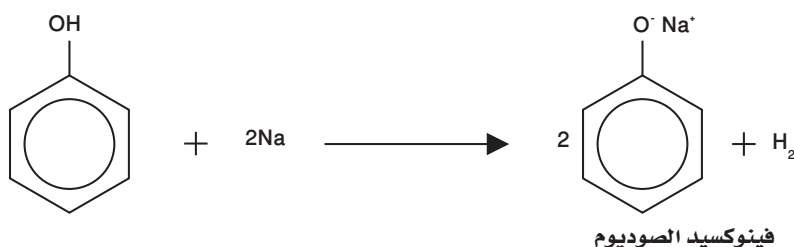
أكثر قطبية

الشكل 6-30 الماء أكثر قطبية

من الفينول، لذلك يفقد الفينول أيون الهيدروجين بشكل أسهل مقارنة مع الماء



مع الصوديوم With sodium تتفاعل الأحماض مع الفلزات الأكثر نشاطاً وتعطي غاز الهيدروجين. والفينول لا يعد استثناءً عن تلك الأحماض، والفرق الوحيد هو أن التفاعل يكون بطيئاً لأن الفينول من الأحماض الضعيفة. يتم صهر الفينول في أنبوب اختبار جاف، ثم تضاف قطعة صغيرة من الصوديوم. ويلاحظ ظهور الفقاعات التي تمثل غاز الهيدروجين. ويمثل المخلوط في أنبوب الاختبار فينوكسيد الصوديوم. وتوضح المعادلة الكيميائية التالية هذا التفاعل:



تحذير: تحت أي ظرف من الظروف لا تحاول إجراء هذا التفاعل دون الإشراف المباشر من معلمك، وتأتي المخاطر الكبيرة من هذا التفاعل عند التعامل بإهمال مع الفينول الساخن والصوديوم.

استخداماته Uses يستخدم الفينول في صناعة المحاليل المطهرة لأرضيات المستشفيات، والمنازل لقدرته الفائقة على قتل الجراثيم والبكتيريا. ويستخدم كمذيب في معظم الصناعات الطبية والكريمات مثل المواد المضادة لتمزق الجلد بسبب الجفاف والبرد.

مقارنة خصائص البروموبنزين مع البروموايثان

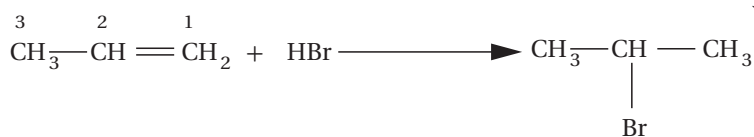
Comparing the properties of bromobenzene and bromoethane

بروموايثان Bromoethane يعتبر تحضير بروموايثان نموذجاً لتحضير أي بروموألكان بشكل عام. ويحضر عادة من تفاعل إضافة بروميد الهيدروجين إلى الرابطة الثنائية في جزيء الإيثين كما يلي:



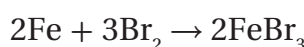
أما إذا كان الألكين غير متماثل، أي أن ذرتي الكربون المرتبطتين برابطة تساهمية ثنائية لا تحتويان على نفس العدد من ذرات الهيدروجين مثل: (1- بروين $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$)، فإن ذرة الهيدروجين تضاف إلى ذرة الكربون الأغنى بالهيدروجين، بينما تضاف ذرة الهالوجين

الى ذرة الكربون الأخرى المتصلة بعدد أقل من ذرات الهيدروجين، وتسمى هذه القاعدة بقاعدة ماركونيكوف Markovnikov rule.

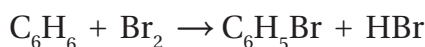
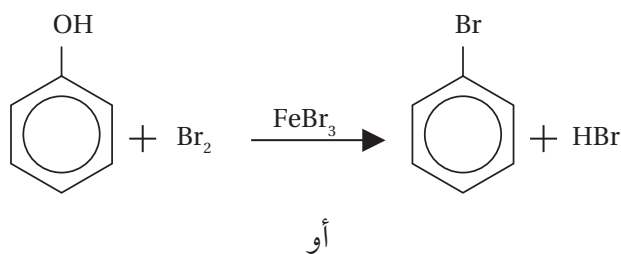


2 - برومو بروبان

بروموبنزين Bromobenzene يتفاعل البنزين مع البروم بوجود عامل حفّاز، وتحل ذرة بروم محل إحدى ذرات الهيدروجين في حلقة البنزين. ويحدث التفاعل في درجة حرارة الغرفة. ويكون العامل الحفّاز لهذا التفاعل كلوريد الألومنيوم (III) AlBr_3 أو الحديد Fe . وبشكل دقيق لا يعتبر الحديد عاملاً حفّازاً، لأنه يتغير بشكل دائم في أثناء التفاعل؛ فهو يتفاعل مع بعض من البروم لتكوين بروميد الحديد (III) FeBr_3 ، كما يلي:



يسلك هذا المركب سلوك العامل الحفّاز، ويسلك تماماً مثل بروميد الألومنيوم AlBr_3 في هذا التفاعل. ويتكون بروموبنزين من التفاعل بين البنزين والبروم بوجود بروميد الألومنيوم أو الحديد، كما يلي:



✓ **ماذا قرأت؟ فسر.** لماذا يكون بروموبنزين أقل نشاطاً كيميائياً من بروموايثان؟

الأهمية البيئية والاجتماعية المتعلقة بصناعة المركبات العضوية The environmental and social issues related to organic chemical industry

أصبحت المواد الكيميائية ترافق أي نشاط بشري في معظم مجالات الحياة، ولهذه المواد تأثيرات سلبية على حياة الإنسان والبيئة التي يعيش فيها، وبخاصة إذا عرفنا أن عدد هذه المواد في ازدياد مستمر، وقد ظهرت المشاكل البيئية في معظم دول العالم نتيجة لانتشار الصناعات القائمة على استخدام المركبات العضوية في إنتاج الكثير من السلع التي لها تأثيرات ضارة على البيئة والمجتمعات.

وتعد كارثة بوبال أو كارثة يونيون كاربيد من أسوأ الكوارث الصناعية في التاريخ، وقد حدثت في مدينة بوبال في الهند عندما حصل انفجار في مصنع المبيدات لشركة يونيون كاربيد في منتصف ليلة 3 ديسمبر 1984م، مما أدى إلى انطلاق غاز ميثيل آيزوسيانات. وتعرض أكثر من نصف مليون نسمة لهذا الغاز ولمركبات كيميائية أخرى. وبلغت حصيلة الوفيات الفورية الرسمية 2259 شخصاً، وأكدت حكومة ولاية ماديا براديش لاحقاً حصول 3787 وفاة نتيجة انطلاق الغاز. وتشير تقديرات أخرى إلى موت ثمانية إلى عشرة آلاف خلال الأيام الثلاثة الأولى، وحوالي 25 ألف ماتوا في السنوات اللاحقة من أمراض متعلقة بالتعرض للغاز السام. ويُقدّر عدد

الشكل 31-6 يعد الأسبرين من أكثر الأدوية شعبية، لكن يجب التعامل معه بحذر وتحت الإشراف الطبي.



المتضررين الإجمالي بين 150 و600 ألف، وهذا يجعل كارثة بوبال أكبر الكوارث الصناعية في العالم من حيث عدد الضحايا.

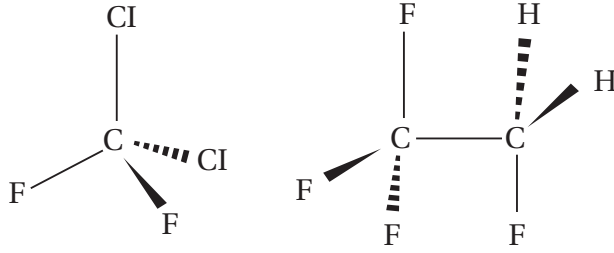
الأسبرين Aspirin هو أحد أشهر الأدوية وأكثرها شعبية، انظر الشكل 31-6 ويستخدم لعلاج أعراض الحمى والآلام الرئوية. كما يستخدم لتجنب تكون الجلطات المسببة للنوبات القلبية، وهو من أكثر الأدوية إنتاجاً ومبيعاً في العالم منذ أكثر من قرن. ويتميز الأسبرين بكونه مضاداً للصداع والالتهابات ومسكن للآلام ومضاد للحمى في حالة الأمراض المعدية. ولا بد من استعماله تحت إشراف طبي حتى لا يصاب المريض الذي يتعاطاه بالنزيف الدموي. ويجب مراعاة أن الأسبرين له تأثيره على جسم المريض ككل وعلى أجهزته ووظائفها. والجرعات العالية منه يمكن أن تسبب فقدان السمع أو طنيناً دائماً بالأذن. وقد لا تظهر هذه الأعراض على مرضي القلب والشرائين الذين يتناولون كميات قليلة من الأسبرين. وهناك قواعد خاصة كثيرة لتعاطي الأسبرين من أهمها: أن لا يؤخذ على معدة خاوية، وأن لا تتعدى الجرعة اليومية 4g، وأن يراعى عدم تناول الأطفال له في تخفيض الحرارة المرتفعة أثناء الحمى والعدوى؛ لهذا توضع تحذيرات بعدم إعطائه لهم إلا بوصفة طبية لخطورته البالغة عليهم حتى ولو كان أسبرين الأطفال. ويجب الحذر من تناوله لمرضى الربو والكلى والكبد أو القرحة المعدية أو الذين يعانون من النزيف.

وقد يسبب الأسبرين لدى البعض أضراراً عند تناوله لمدة طويلة، مثل: قرحة المعدة والإثني عشر، وآلام شديدة في المعدة، وفقدان الشهية للطعام، ودم في البراز أو البول، وطفح جلدي، وتورم الوجه والجفون، وصعوبة في التنفس، ولا سيما لدى المرضى الذين لديهم حساسية تجاهه ولديهم ربو أو التهابات وحمية وزوائد غشائية بالأنف.

البولييمرات Polymers كان من النتائج السلبية لتطور صناعة البوليمرات، ومنها صناعة البلاستيك، تراكم ملايين الأطنان من مخلفات المواد المستهلكة، بسبب عدم قابليتها للتحلل في البيئة بطريقة آمنة، ونتيجة لتراكمها أصبحت تهدد صحة الإنسان وكافة عناصر البيئة، انظر الشكل 32-6. وقد بينت الدراسات أن المخلفات البلاستيكية التي لها عمر طويل مثل بولي فينيل كلوريد P.V.C لا يمكن التعامل معها كأى مخلفات صناعية أخرى، فهي تنتج أخطر السموم، والغازات الضارة عند حرقها، كما أن دفنها في أعماق الأرض يلوث مصادر مياه الشرب الجوفية، وإلقائها في البحار والمحيطات يدمر كامل الحياة البحرية. وقد وجد أن

الشكل 32-6 تراكم المواد والمخلفات البلاستيكية يؤدي إلى تلوث البيئة، ومصادر مياه الشرب الجوفية، لذلك يجب التعامل معها بطرائق آمنة كالتدوير مثلاً.





الشكل 33-6 تحتوي مركبات CFCS

على عناصر الكربون والكلور والفلور، وتعد هذه المركبات سبباً رئيساً في تكسير جزيئات الأوزون التي تحمي الحياة على الكرة الأرضية من خطر الأشعة فوق البنفسجية.

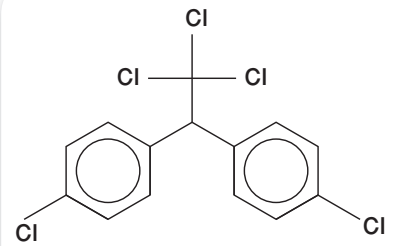
بعض هذه المخلفات يمكن السيطرة عليها بواسطة عملية التدوير؛ إذ يمكن استخدام بعضها كوقود في محطات إنتاج الطاقة الكهربائية التقليدية ضمن شروط صناعية وبيئية صارمة، كما قد يتم إعادة تشكيل بعض أنواع البلاستيك لإنتاج سلع جديدة تستخدم لرغد الحياة العملية واليومية.

الكلوروفلوروكربون (CFCs) Chlorofluorocarbon هو مركب عضوي يحتوي على الكربون والكلور والفلور، كما أنه معروف بالاسم التجاري الفريون، انظر الشكل 33-6. وتشير الدراسات العلمية إلى أن الكلوروفلوروكربونات تضر البيئة لأنها تعمل على تكسير جزيئات الأوزون في طبقات الجو العليا. والأوزون غاز يحمي النباتات والحيوانات من أضرار الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس. وعندما تصل الكلوروفلوروكربونات إلى طبقات الجو العليا، تتفكك وتطلق ذرات الكلور التي تتفاعل كيميائياً مع الأوزون وتحولها إلى أكسجين عادي. وقد حظرت عدة دول استخدام منتجات الكلوروفلوروكربونات في معظم مجالات استخدامها، ووضعت بعض الدول خططاً لإيقاف إنتاجها على مراحل.

ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (D.D.T) مجموعة من المبيدات العضوية التي تستخدم في مكافحة الآفات الزراعية، والحشرات التي لها تأثير على الصحة العامة، (انظر التركيب الكيميائي في الشكل 34-6). ومن أسباب انتشار استخدامها: تأثيرها السريع، وسهولة الحصول عليها، وسهولة طريقة استخدامها، وقلة تكاليفها. ومن مشكلاتها: التسمم، ودرجة ثباتها العالية في البيئة؛ إذ تستمر لمدة 30 عاماً في التربة والماء، ولها قابلية الذوبان في الدهون، وتراكمها في أجسام الكائنات الحية.

المواد المسرطنة Corcinogens شاع سابقاً استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولوين والإكزايلين، بوصفها مذيبيات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تم تعريفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في

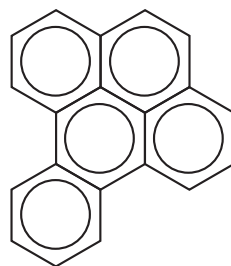


الشكل 34-6 التركيب الكيميائي

لمركب D.D.T:

1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane

الشكل 35-6 بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.



بنزوبايرين



سِنَاج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جداً. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في الشكل 35-6، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخاليط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضاً بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

*الكيمياء العضوية والأسلحة الكيميائية

Organic chemistry and chemical weapons

رأينا فيما تقدم المدى الواسع لتطبيقات الكيمياء العضوية ودورها في إنتاج العديد من المركبات ذات الفائدة العظمى في حياة الإنسان، ولكن كان للكيمياء العضوية دور كبير فيما يمكن أن يتسبب في شقاء البشرية، وهو إنتاج الأسلحة الكيميائية التي تعد من أسلحة الدمار الشامل التي تسبب ضحايا بالآلاف، ولا تميز بين عسكريين ومدنيين.

وقد بدأت الكيمياء العضوية تلعب دورها العلمي في تخليق أسلحة كيميائية أثناء الحرب العالمية الأولى، واكتشف الألمان غاز الفوسجين (خانق مهيج للرئة)، واكتشفه كذلك البريطانيون وتبادلوا استخدامه، واستخدم البريطانيون مدافع الهاون في إطلاقه. واستعمل الألمان عام 1917م غاز الخردل (غاز منفط ويسبب حروقاً ويحترق الثياب ويمكن في التربة). وبلغ عدد ضحايا الغازات السامة خلال الحرب العالمية الأولى 800 ألف، وأكبر عدد من الضحايا كان من روسيا (275 ألفاً، وأقل عدد كان من الولايات المتحدة (71 ألفاً. وبعد الحرب العالمية الأولى واصلت بعض الدول استخدام الأسلحة الكيميائية، ففي عام 1936م استعمل الإيطاليون غاز الخردل ضد الأحباش، وكان الغاز يمتص من خلال أقدامهم الخافية، وفي عام 1941م استخدم اليابانيون الغازات السامة ضد الصين لفتك الحصار عن قواتهم. وقد تم في الأربعينيات من القرن الماضي اكتشاف ثلاثة مركبات أشد فتكاً من الخردل، وهي: التابون، والساارين، والسومان، وهي غازات أعصاب. وفي الحرب العالمية الثانية اقتصر الاستخدام على الدخان واللهب والحراقات. ولم يتوقف استخدام الأسلحة الكيميائية ضد البشر، ولكن استخدمه الأمريكان في حرب فيتنام لإبادة أوراق شجر الغابات لكشف المقاتلين المختبئين، وقد تأثرت جميع عناصر البيئة في فيتنام بذلك، انظر الشكل 36-6. وبعد ذلك تسابقت الدول في تخليق أسلحة كيميائية بتأثرات مختلفة، وبدأت الدول في تكديس مخزون ضخمة من هذه الأسلحة. وبصف عامة تتكون مواد الأسلحة

الشكل 36-6 سلاح الجو الأمريكي يلقي قنبلة فوسفور أبيض على موقع للمقاومين في جنوب فيتنام في أثناء الحرب الفيتنامية عام 1966م.



* مادة إثرائية

الكيميائية من تسعة عناصر كيميائية هي الهيدروجين والكربون والأكسجين والنتروجين والفسفور والكبريت والفلور والكلور والزرنيخ.

وتنفيذاً لاتفاقية الأسلحة الكيميائية فقد أصدرت دولة قطر القانون رقم (17) لعام 2007م الخاص بالأسلحة الكيميائية، والذي حل محله مؤخراً القانون رقم (16) لعام 2013م. كما أعدت مشرعي قانون الأسلحة البيولوجية، والبرنامج الوطني لمراقبة المواد النووية.

التقويم 5-6

الخلاصة

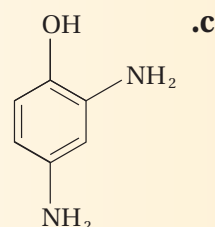
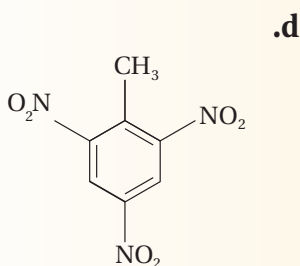
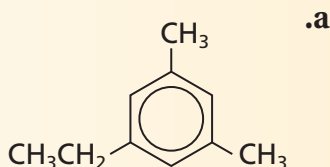
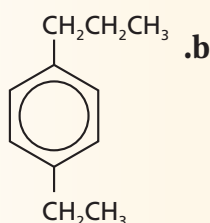
- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.
- للمركبات الأروماتية تأثيرات هامة على البيئة والمجتمع.

31. الفكرة الرئيسية **فسر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟**

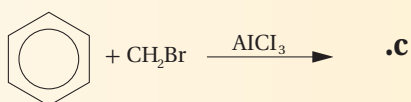
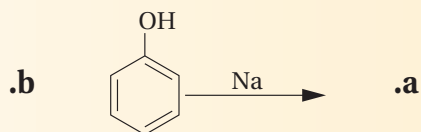
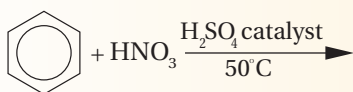
32. **فسر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟**

33. **صف خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه ألكيناً ذاروا بواطة ثنائية متعددة.**

34. **سم الصيغ البنائية التالية:**



35. **أكمل المعادلات الكيميائية التالية:**



36. **اكتب تأثيراً ضاراً واحداً على البيئة أو على الإنسان لكل مادة من المواد التالية:**

a. الأسبرين **b.** بولي فينيل كلوريد **c.** كلورفلوروكربون

d. D. D. T **e.** بنزوبايرين

37. **فسر لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟**

الكيمياء في الحياة اليومية

الثوم Garlic



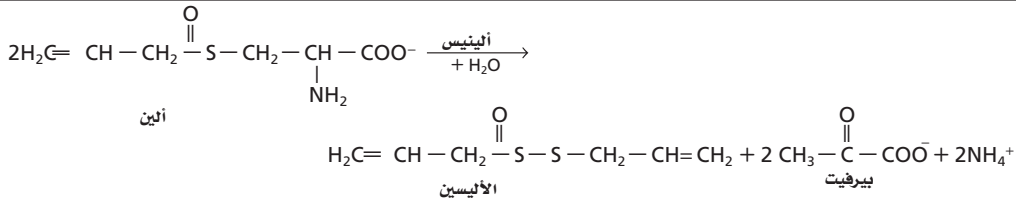
الشكل 1 يحتوي الثوم الطازج على مادة كيميائية تسبب الألم كوسيلة دفاع ضد الأعداء.

وينشط الأليسين أيضاً الخلايا العصبية. وعلى ما يبدو فإن الأليسين فعال على زوج من بروتينات القناة الأيونية تسمى TRPA1 و TRPV1. وعندما توجد مادة الأليسين الكيميائية، تسمح هذه القنوات بدخول الأيونات إلى الخلية العصبية. ويؤدي إضافة الشحنات الكهربائية للخلية العصبية إلى إرسال إشارات للدماغ عن مواقع الإشارات، ويعمل الدماغ على تفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

استكشاف مستقبلات الألم Probing pain receptors مع أنه من المثير للاهتمام أن نعرف لماذا يسبب تذوق الثوم الخام الألم إلا أن فهم كيفية قيام الأليسين بالتسبب في الإحساس بالألم هو أكثر أهمية وإثارة. ويأمل الباحثون أن تؤدي زيادة فهم كيفية عمل هذه المستقبلات إلى طرائق جديدة للسيطرة على الألم المزمن لدى المرضى.

هل تعلم أن طعم كل من الثوم الطازج والمطبوخ مختلفة جداً؟ فالثوم الطازج، كما هو مبين في الشكل 1، يحتوي على مواد تسبب إحساساً حارقاً في الفم. ومع ذلك لا يسبب الثوم المطبوخ هذا الإحساس. ويعود السبب إلى التفاعلات الكيميائية. فعندما يُدق الثوم الطازج أو يقطع أو يسحق فإنه ينتج مادة كيميائية تسمى الأليسين، كما في الشكل 2. ويعد إنتاج الأليسين آلية دفاع كيميائية يقوم بها نبات الثوم ضد غيره من المخلوقات الحية الأخرى. والأليسين مركب غير مستقر ويتحول إلى مركبات أخرى مع مرور الوقت، أو عند التسخين أو الطبخ، وهو ما يفسر لماذا لا يسبب الثوم المطبوخ إحساساً حارقاً في الفم. وقد نبى الرسول عليه الصلاة والسلام أكل الثوم عن حضور صلاة الجماعة في المسجد لأن رائحة الثوم مؤذية.

الإحساس بالألم والحرارة Sensing temperature and pain يتم الإحساس بدرجة الحرارة والألم عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في الجلد، بما في ذلك الجلد الموجود داخل فمك. وتحتوي هذه الخلايا العصبية على جزيئات تكشف عن درجة حرارة سطحها، والتي تسمى قنوات الاستقبال الناقلة (TRP) للأيون. وتتأثر قنوات الاستقبال (TRP) المختلفة باختلاف مدى درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، عندما يلمس شخص شيئاً ساخناً، تتنبه بعض قنوات الاستقبال (TRP) وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول إلى الخلايا العصبية. وهذا يؤدي إلى زيادة الشحنات في الخلايا العصبية. وعند زيادة الشحنات إلى حد كاف يتم إرسال إشارات كهربائية إلى الدماغ؛ حيث يتم تفسيرها على أنها إحساس بالسخونة.



الشكل 2 عند تقطيع الثوم أو سحقه يقوم الأليين مع وجود إنزيم الأليينيس بإنتاج الأليسين. وعند تذوق طعم الثوم الطازج فإن جزءاً من الخلايا العصبية في فمك يرسل إشارة كهربائية إلى الدماغ الذي يقوم بتفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

الكتابة في الكيمياء

ابحث وقم بإعداد ملصق أو بوستر يوضح تفاعلات كيميائية أخرى في النباتات.

مختبر الكيمياء

اختبار للتمييز بين الإيثانول والميثانول

6. حرك بلطف أنابيب الاختبار لبعض الوقت.
7. انتظر دقيقتين، ثم لاحظ الاختلاف بين الأنبوبين.
8. التنظيف والتخلص من النفايات استمع إلى إرشادات معلمك حول كيفية التنظيف والتعامل مع المواد والادوات المستعملة.
- الخلفية النظرية** تين هذه التجربة كيفية سلوك الميثانول والإيثانول بشكل مختلف عند التفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول اليود. يتفاعل الإيثانول مكوناً مادة صلبة صفراء اللون تسمى ثلاثي أيودو ميثان، وتسمى غالباً أيودوفورم.
- السؤال** كيف تميز بين الإيثانول والميثانول؟

المواد والأدوات اللازمة

ماصات بلاستيكية على شكل قطارة تحتوي المحاليل أو السوائل التالية (واحدة من كل منها):

ميثانول

إيثانول

محلول هيدروكسيد الصوديوم 1 M

محلول اليود (0.5 M) المذاب في KI (0.2 M)

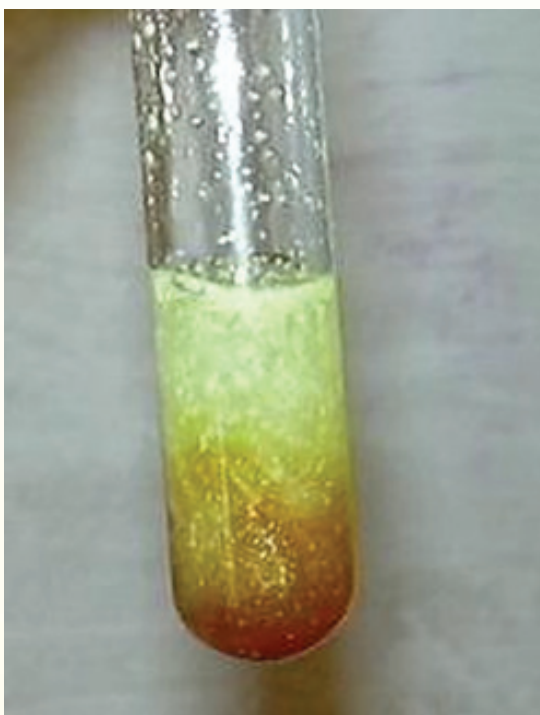
أنابيب اختبار عدد 2 لكل مجموعة

إجراءات السلامة

تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال. احفظ السوائل والأبخرة بعيداً عن مصادر اللهب والشرر.

خطوات العمل

1. تأكد من نزول بعض النقاط من الماصة التي تحتوي الإيثانول (قم بهذه الخطوة فوق المغسلة).
2. ضع 10 نقاط من الميثانول في أنبوب اختبار.
3. ضع 10 نقاط من الإيثانول في أنبوب اختبار آخر.
4. أضف 25 قطرة من محلول اليود لكل من الأنبوبين.
5. أضف 10 نقاط من محلول هيدروكسيد الصوديوم لكل من الأنبوبين.



التحليل والاستنتاج

1. صف التغيرات التي تحدث على المحاليل في أنبوبي الاختبار.
2. اكتب معادلات التفاعلات التي حدثت، ثم حدد نوع كل تفاعل منها.

الاستقصاء

صمم تجربة تميز فيها بين الإيثانول والميثانول.

الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

6-1 الألكانات الهالوجينية

الفكرة الرئيسية

يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

المفردات

المفاهيم الرئيسية

- يؤدي حلول مجموعات وظيفية محل ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات إلى تكوين مجموعة كبيرة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة مع ذرة كربون في مركب أليفاتي (مركب هيدروكربوني غير حلقي).
- تفاعلات الحذف، هي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون.

- المجموعة الوظيفية
- الألكانات الهالوجينية
- تفاعلات الاستبدال
- الهلجنة
- تفاعلات الحذف
- تفاعلات حذف الهيدروجين
- Functional group
- Haloalkanes
- Substitution reactions
- Halogenation
- Elimination reactions
- Elimination reaction of hydrogen

6-2 الكحولات والأمينات

الفكرة الرئيسية

الكحولات مركبات عضوية تتكون من استبدال ذرة هيدروجين بمجموعة OH، بينما الأمينات تتكون من استبدال ذرة هيدروجين في جزيء الأمونيا NH_3 بشق هيدروكربوني.

المفردات

المفاهيم الرئيسية

- تتكون الكحولات، والإثيرات، والأمينات عندما تحل مجموعة وظيفية معينة محل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية.
- الكحولات تكون روابط هيدروجينية بسهولة؛ لذلك فإن درجات غليانها تكون كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.
- النيتريلات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة النيتريل (السيانيد) CN^- .

- الكحولات
- الكحول الأولي
- الكحول الثانوي
- الكحول الثالثي
- الأمينات
- الأحماض الأمينية
- النيتريلات
- Alcohols
- Primary alcohol
- Secondary alcohol
- Tertiary alcohol
- Amines
- Amino acids
- Nitriles

6-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسية

تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

المفردات

- **المفاهيم الرئيسية**
- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة $C=O$.
- هناك خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكيونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات والأميدات.
- تحتوي هاليدات الأسيل على مجموعة COX - كمجموعة وظيفية، والتي تتألف من مجموعة كربونيل، مرتبطة برابطة تساهمية أحادية مع ذرة هالوجين.
- الطريقة الشائعة لتحضير الإسترات تتم بتفاعلات التكثف بين الأحماض الكربوكسيلية والكحول.

- مجموعة الكربونيل
- الألدهيدات
- الكيونات
- الأحماض الكربوكسيلية
- الإسترات
- التحلل المائي
- الأميدات
- هاليدات الأسيل
- تفاعل التكثف
- Carbonyl group
- Aldehydes
- Ketones
- Carboxylic acids
- Esters
- Hydrolysis
- Amides
- Acyl halides
- Condensation reaction

6-4 الزيوت والدهون

الفكرة الرئيسية

تمثل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية مخزوناً من الطاقة لكل من النبات والحيوان، وتنظيم الأنشطة الحيوية.

المفردات

- **المفاهيم الرئيسية**
- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحوي عادة ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية بالجليسرول لتكوّن الجليسيريد الثلاثي.

- الدهون
- الأحماض الدهنية
- التصبن
- المحب للماء
- الكاره للماء
- Fats
- Fatty acids
- Saponification
- Hydrophilic
- Hydrophobic

6-5 المركبات الأروماتية

الفكرة الرئيسية

تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، وظاهرة الرنين.

المفردات

- **المفاهيم الرئيسية**
- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.
- للمركبات الأروماتية تأثيرات هامة على البيئة والمجتمع.

- المركبات الأروماتية
- المركبات الأليفاتية
- الفينول
- Aromatic compound
- Aliphatic compound
- Phenols

6-1

إتقان المفاهيم

38. ما المجموعة الوظيفية؟

39. صف وقارن الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.

40. ما المواد المتفاعلة التي ستستعملها لتحويل الميثان إلى بروموميثان؟

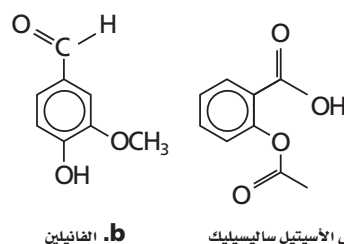
41. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:



42. فسر لماذا تزداد درجات غليان هاليدات الألكيل بالتدرج عند الاتجاه إلى أسفل في مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري؟

إتقان حل المسائل

43. ضع دائرة حول المجموعات الوظيفية في الصيغ البنائية المبينة في الشكل 6-37، ثم اذكر اسم كل منها.



b. الفانيلين

a. حمض الأسيتيل ساليسيليك

الشكل 6-37

44. ارسم الصيغة البنائية لهاليدات الألكيل أو الأريل الآتية:

a. كلوروبنزين

b. 1-برومو-4-كلوروهكسان

c. 1،2-ثنائي فلورو-3-أيودوهكسان حلقي

d. 1،3-ثنائي بروموبنزين

e. 1،1،2،2-رباعي فلورو إيثان

45. ارسم الصيغة البنائية للمركب: 1-برومو-2-كلوروبروبان.

46. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من هاليدات الألكيل الآتية:

a. 2-كلوروبنتان

b. 1،1-ثنائي فلورو بروبان

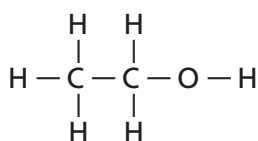
c. 1،3-ثنائي بروموبنتان حلقي

d. 1-برومو-2-كلوروإيثان

6-2

إتقان المفاهيم

47. ما اسم المركب المبين في الشكل 6-38؟ كيف يمكن تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 6-38

48. تطبيقات عملية اكتب اسم كحول أو أمين واحد، يستعمل لكل غرض من الأغراض الآتية:

a. مادة مطهرة

b. وقود

c. مانع للتجمد

d. إنتاج الأصباغ

55. استعملات شائعة سم الأدهيد، أو الكيتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر، أو الأמיד المستعمل لكل من الأغراض الآتية:

- حفظ العينات البيولوجية
- مذيب لتلميع الأظافر
- حمض في الخل
- نكهة في الأطعمة والمشروبات

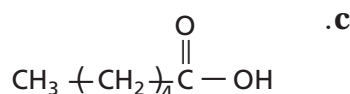
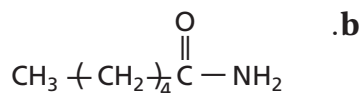
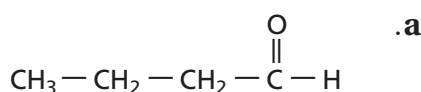
56. ما نوع التفاعل المستعمل لإنتاج الأسبرين من حمض السلسيليك وحمض الأسيتيك؟

إتقان حل المسائل

57. ارسم الصيغ البنائية لمركبات الكربونيل الآتية:

- 2,2-ثنائي كلورو-3-بنتانول
- 4-ميثيل بنتانال
- أوكتانوأמיד
- 3-فلورو-2-ميثيل حمض البيوتانويك
- بنتانال حلقي
- ميثانات الهكسيل

58. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:



59. أكمل المعادلات الكيميائية التالية:



49. فسّر لماذا تكون ذوبانية جزيء الكحول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ في الماء أكثر من ذوبانية جزيء الإيثر CH_3OCH_3 رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان؟

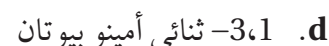
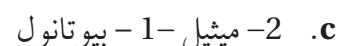
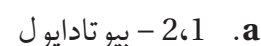
50. فسّر لماذا تكون درجة غليان الإيثانول أعلى كثيراً من الأمينو إيثان رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان تقريباً؟

إتقان حل المسائل

51. سمّ المركبات الآتية بطريقة التسمية الدولية (IUPAC):



52. ارسم الصيغة البنائية لكل من الكحولات، والأمينات الآتية:



53. أذكر مثلاً واحداً على كل من: الكحولات الأولية، والثانوية، والثالثية.

6-3

إتقان المفاهيم

54. ارسم الصيغة العامة لكل نوع من أنواع المركبات العضوية الآتية:



6 تقويم الوحدة

68. كيف يعمل الصابون على تنظيف الأوساخ؟

إتقان حل المسائل

69. إذا كانت كثافة حمض البالميتيك الدهني 0.853g/mL عند 62 °C، فما كتلة عينة من حمض البالميتيك حجمها 0.886 L عند درجة الحرارة نفسها؟

70. الدهون غير المشبعة كم مولاً من غاز الهيدروجين تتطلبه هدرجة تامة لـ 1 mol من حمض اللينولينك؟ اكتب معادلة موازنة لتفاعل الهدرجة. علماً بأن الصيغة الكيميائية لحمض اللينولينك هي:



71. اكتب معادلة التصبن؛ ثم قم بتسمية المركبات الناتجة من التفاعل.

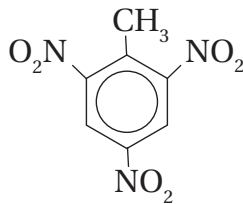
6-5

إتقان المفاهيم

72. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

73. اكتب الصيغة البنائية لكل من: الفينول، وإيثيل بنزين.

74. اكتب اسم المركب الموضح بالصيغة التالية بطريقة التسمية الدولية:



75. ما المقصود بالمواد المسرطنة؟

إتقان حل المسائل

76. اكتب الصيغة البنائية لـ 1،2-ثنائي ميثيل بنزين.

6-4

إتقان المفاهيم

60. قارن بين تركيب الجليسيريد الثلاثي والدهن الفوسفوري.

61. توقع أيهما تكون درجة انصهاره أعلى: الجليسيريد الثلاثي المأخوذ من دهن البقر، أو الجليسيريد الثلاثي المأخوذ من زيت الزيتون؟ فسر إجابتك.

62. الصابون والمنظفات اشرح كيف أن تركيب الصابون يجعله عامل تنظيف فعالاً؟

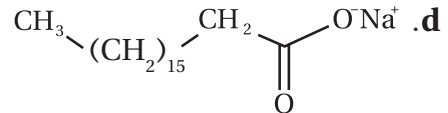
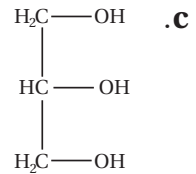
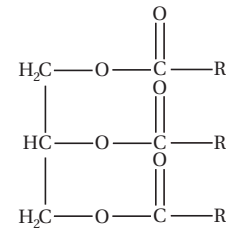
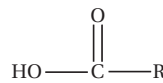
63. ارسم جزءاً من غشاء دهني ذي طبقتين، وأشر إلى الأجزاء القطبية وغير القطبية من الغشاء.

64. أين تُخزن الأحماض الدهنية في جسم الإنسان؟ وفي أي صورة؟

65. ما نوع الدهن الذي لا يحتوي على سلاسل أحماض دهنية؟ ولماذا تُصنّف هذه المركبات على أنها دهون؟

66. الصابون ارسم تركيب صابون بالمتات الصوديوم. (البالمتات هي القاعدة المرافقة للحمض الدهني المشبع ذي 16 ذرة كربون والمعروف باسم حمض البالميتيك)، وأشر إلى طرفيه: القطبي واللاقطبي.

67. حدّد هل يعد كل تركيب مما يأتي حمضاً دهنيّاً، أو جليسيريداً ثلاثيّاً، أو جزيئاً للصابون أو جليسرولاً؟



86. ارسم الصيغة البنائية للمركبات العضوية الناتجة عن تفاعل الإيثين مع كل من المواد الآتية، واكتب أسماءها.

- الماء
- هيدروجين
- كلوريد الهيدروجين
- الفلور

87. كيف تميز مخبرياً بين البيوتانون، والبيوتانال؟

التفكير الناقد

88. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) عالية في الماء، وأحياناً الأحماض الكربوكسيلية التي تكون في الحالة الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض البالميك ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) غير ذائبة في الماء. فسر ذلك.

89. حدد ارسم الصيغة البنائية لمركب عضوي مكون من أربع ذرات كربون وينتمي إلى كل نوع من أنواع المركبات الآتية:

- الإسترات
- الكحولات
- الألدهيدات

90. إذا علمت أن مادة دهنية تتكون من اتحاد جزيئات حمض الستريك مع الجليسرول، فأجب عن الأسئلة التالية:

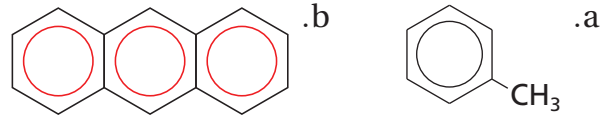
- ما عدد جزيئات الماء الناتجة عن تكوين كل جزيء من هذه المادة؟
- ما الاسم العام لهذه المادة.

91. ارسم الصيغة البنائية لكل مما يلي:

- الفينول
- النفثالين
- التولوين
- فينيل كلوروميثان

92. اكتب معادلة كيميائية تمثل تحول الإيثانول إلى إيثين، باستخدام حمض الكبريتيك المركز كعامل حفّاز.

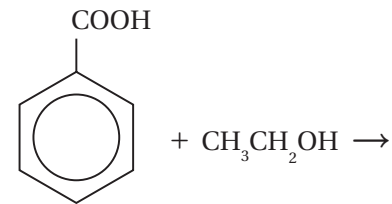
77. سمّ المركبات المُمثلة بالصيغ البنائية الآتية:



78. اكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل في كل مما يلي:

- تحويل البنزين إلى نيتروبنزين
- تحويل البنزين إلى ألكيل بنزين

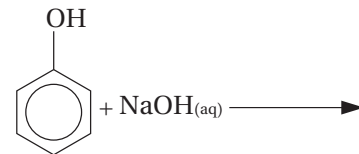
79. أكمل معادلة التفاعل التالية:



80. ما أبرز الخصائص المميزة لبروموايثان؟

81. اكتب معادلات كيميائية توضح فيها طريقة تحضير كل من بروموايثان، وبروموبنزين.

82. أكمل التفاعل الآتي:



مراجعة عامة

83. صف خواص الأحماض الكربوكسيلية.

84. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

- 2- بيوتانون
- بروبانال
- حمض الهكسانويك
- أميد هبتان

85. اكتب اسم نوع المركب العضوي الناتج عن التفاعلات الآتية:

- الحذف في الكحول
- إضافة كلوريد الهيدروجين إلى الألكين
- إضافة الماء إلى الألكين
- استبدال مجموعة الهيدروكسيل مكان ذرة الهالوجين.

تقويم إضافي

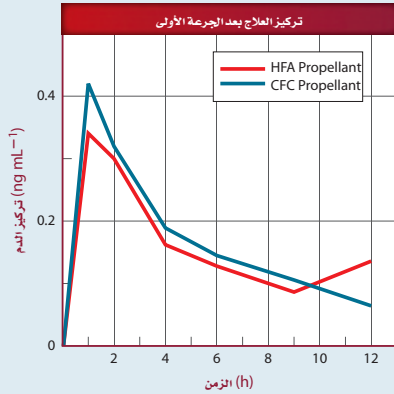
الكتابة في الكيمياء

95. نظرة تاريخية اكتب قصة قصيرة حول حياتك لو كنت تعيش في القرن الثامن عشر قبل تطوير العديد من المركبات العضوية.

أسئلة المستندات

مواد الصيدلانية تحتوي العديد من الأدوية المستعملة لعلاج الربو على مركبات الكلوروفلوروكربون. ومع ذلك نادى بروتوكول مونتريال بفرض حظر على استعمال هذه المركبات عام 2008م واستعمال مركبات الهيدروفلوروألكان بدلاً منها. وقد وجد أن اثنين من مركبات الهيدروفلوروألكان (HFAs) غير فعّالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين، كما يلزم خفض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال الهيدروفلوروألكان.

يبين الشكل 39-6 تركيز العلاج بعد استعمال بخعة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



الشكل 39-6

96. بعد استعمال جرعة واحدة من علاج بيكلوميثازون Beclomethasone، أي البخاخات أدت إلى تركيز أعلى للعلاج في الدم: HFA أو CFC؟

97. متى يصل تركيز العلاج إلى الذروة؟

98. نحتاج إلى نصف الكمية من العلاج عند استعمال مركبات HFA بالمقارنة بمركبات CFC للحصول على التركيز نفسه في الدم. استنتج مزايا استعمال جرعة أقل من الدواء للحصول على نتائج مماثلة.

مسألة تحفيز

الجدول 17-6 ذوبانية الكحول في الماء
(mol/100g H₂O)

اسم الكحول	صيغة الكحول	الذوبانية
ميثانول	CH ₃ OH	غير محدد
إيثانول	C ₂ H ₅ OH	غير محدد
بروبانول	C ₃ H ₇ OH	غير محدد
بيوتانول	C ₄ H ₉ OH	0.11
بنتانول	C ₅ H ₁₁ OH	0.030
هكسانول	C ₆ H ₁₃ OH	0.058
هبتانول	C ₇ H ₁₅ OH	0.0008

93. تقويم ادرس الجدول 17-6 من حيث ذوبانية بعض أنواع الكحولات في الماء. استعمل هذا الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. مانع الرابطة المتكونة بين مجموعة -OH في

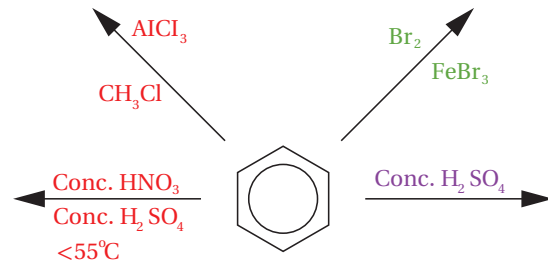
الكحول والماء؟

b. مستعمل البيانات في الجدول، جد العلاقة بين

ذوبانية الكحول في الماء وحجم الكحول.

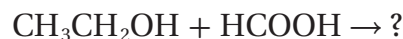
c. قدّم تفسيراً للعلاقة التي توصلت إليها في الجزء b.

94. أكمل المخطط التالي بالنتائج الرئيس لكل تفاعل.



أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟



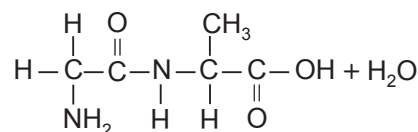
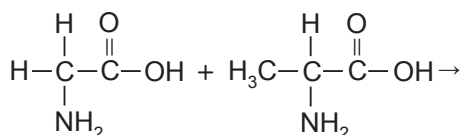
a. الدهايد

b. كيتون

c. إستر

d. أمين

2. ما نوع التفاعل الآتي؟



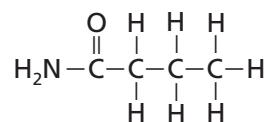
a. استبدال

c. إضافة

b. تكثف

d. حذف

3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



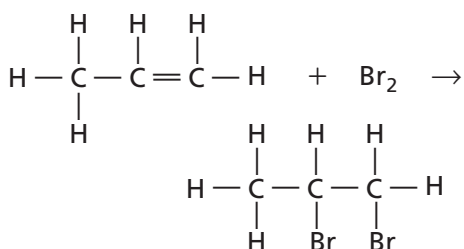
a. أمين

b. أميد

c. إستر

d. كحول

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟

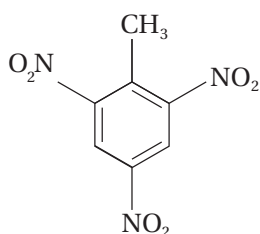


a. تكثف

c. بلمرة

b. حذف الماء

d. هليجنة



استعمل الشكل المجاور للإجابة
عن السؤال رقم 5.

5. أي مما يأتي يعد الاسم الصحيح للمركب؟

a. 2،4،6-ثلاثي نيتروبنزين

b. 2-ميثيل-4،6-ثلاثي نيتروبنزين

c. 2-بروبيل-4،6-ثلاثي نيتروتولوين

d. 1-ميثيل، 1-نيتروتولوين

6. أي المشتقات الهيدروكربونية له الصيغة العامة R-OH؟

a. الكحول

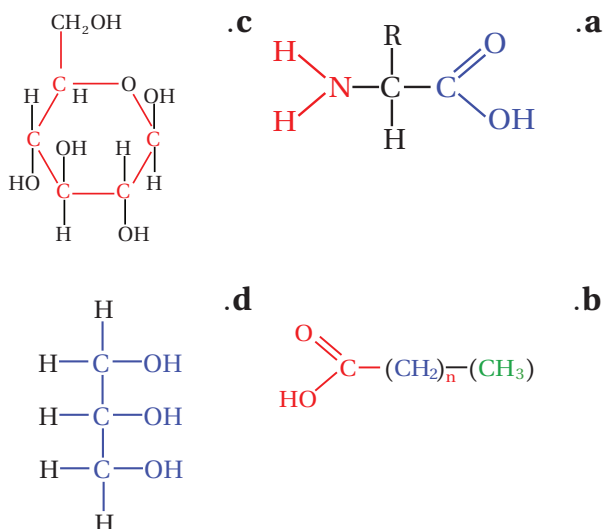
b. الأمين

c. الكيتون

d. الحمض الكربوكسيلي

اختبار مقنن

7. أي المركبات التالية يمثل حمضاً دهنيًا؟



8. ما المركب الناتج عن أكسدة 2-بيوتانول في وسط حمضي؟

- a. بيوتانون c. 2-بيوتين
b. بيوتانال d. حمض البيوتانويك

9. ما الصيغة العامة للاسترات؟

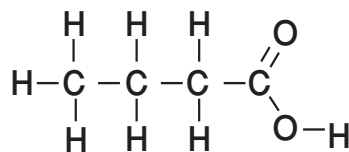
- a. R'OR c. RCOOH
b. R'COOR d. R'COR

10. أي مما يلي لا يعد مركباً أروماتياً؟

- a. الإيثين c. الفينول
b. التولوين d. النفتالين

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل التالي للإجابة عن السؤالين 11 و 12.



11. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

12. ما اسم هذا المركب؟



14. ما العامل الذي يحدد ما إذا كانت ذرة الكربون في مركب ما كيرالية أم لا؟

15. ما العوامل الحفّازة التي يمكن أن تستخدمها لدرجة الزيوت النباتية؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

16. فسر. لماذا يتفاعل البنزين عادة بالاستبدال، بينما يتفاعل الإيثين بالإضافة؟

17. فسر. لماذا يكون الفينول أكثر حمضية من الكحولات الأليفاتية الأخرى؟

18. كيف تثبت حمضية الفينول من خلال تفاعله مع الصوديوم؟ اكتب معادلة التفاعل، واسم المركب الناتج.

19. يتوافر لديك في المختبر غاز الإيثين، بين بالمعادلات الكيميائية كيف تستخدمه في تحضير حمض الإيثانويك؟

20. للمركبات العضوية أثار مختلفة على البيئة والمجتمع، وبخاصة المركبات الأروماتية. ابحث في مصادر التعلم المختلفة وشبكة الإنترنت عن معلومات تتعلق بهذه الآثار، ثم اكتب ملخصاً وناقشه مع زملائك في الصف.

الكيمياء الصناعية Industrial chemistry

7

سبعة

رقم الوحدة: 11AC.7

الفكرة العامة الكيمياء الصناعية هي الرابط بين الأبحاث والهندسة الكيميائية على نطاق صناعي.

7-1 صناعة الأمونيا

Manufacture of Ammonia

الفكرة الرئيسية تعدُّ الأمونيا إحدى أكثر المواد الكيميائية غير العضوية إنتاجًا في العالم، والمادة الرئيسة في صناعة معظم الأسمدة النيتروجينية.

7-2 صناعة حمض الكبريتيك

Manufacture of Sulphuric Acid

الفكرة الرئيسية يعدُّ حمض الكبريتيك أحد أكثر المركبات المهمة التي أنتجتها الصناعات الكيميائية.

7-3 الحجر الجيري والأسمنت

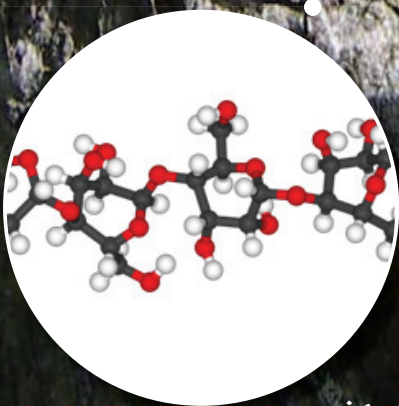
Limestone and Cement

الفكرة الرئيسية يُعد الحجر الجيري من أهم الخامات المعدنية التي تدخل - بوصفها مادة رئيسة أو ثانوية - في كثير من المجالات الصناعية، خاصة في مواد البناء والطرق.

7-4 البوليمرات

Polymers

الفكرة الرئيسية البوليمرات مركبات عضوية كبيرة تؤدي دورًا أساسيًا في استخدامات الحياة اليومية؛ وذلك بسبب خواصها الفريدة.



الصمغ الطبيعي من
البوليمرات الطبيعية

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

نافورة الأمونيا

تذوب الأمونيا بشدة في الماء، ونتيجة للفرق في الضغط يدخل الماء إلى الدورق مسبباً نافورة.



خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع 250 mL من الماء في وعاء، ثم أضف إليه بضع قطرات من كاشف الفينولفثالين، وحرك الخليط حتى يتجانس.
3. ضع كمية من محلول الأمونيا في دورق كروي آخر، وأحكم إغلاقه بسدادة تنفذ منه أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين.
4. قم بتسخين الدورق على لهب بنزن بشكل مائل.
5. اقلب الدورق مباشرة على وعاء الماء بحيث تنغمر الأنبوبة في الماء كما في الشكل. ماذا تلاحظ؟

التحليل

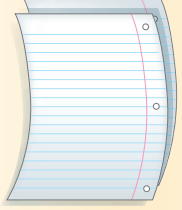
1. ما سبب صعود الماء إلى الأعلى؟
2. ما تأثير غاز الأمونيا الناتج في ورقة تباع الشمس؟
3. اكتب معادلة ذوبان الأمونيا في الماء.

استقصاء كيف يمكنك الكشف عن غاز الأمونيا الناتج من التجربة باستخدام حمض الهيدروكلوريك؟

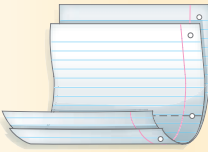
المطويات

منظمات الأفكار

الكيمياء الصناعية صمم مطوية تساعدك على تلخيص الدروس الثلاثة.



خطوة 1 ضع ورقتين إحداها فوق الأخرى، ودع حافة إحداها العلوية أسفل الحافة الأخرى 2cm تقريباً.



خطوة 2 اطو حافتي الورقتين السفليتين إلى أعلى لعمل أربعة أجزاء متساوية، ثم اضغط على الشيات لتثبيتها في أماكنها.

الأمونيا	○
حمض الكبريتيك	○
الحجر الجيري والأسمنت	○
البوليمرات	○

خطوة 3 ثبت المطوية بدبوس، كما في الشكل المجاور.

خطوة 4 عنون الأجزاء

الأربعة على النحو الآتي: صناعة الأمونيا، صناعة حمض الكبريتيك، الحجر الجيري والأسمنت والبوليمرات.

المطويات استخدم هذه المطوية في

الدروس 1-7، 2-7، 3-7، 4-7 ولخص مفهوم كل مكون تحت التبويب المناسب له في أثناء قراءتك الدروس.

تجربة

لتنفيذ التجربة الاستهلاكية ارجع إلى كراسة التجارب العملية.

استهلاكية

صناعة الأمونيا Manufacture of Ammonia

الفكرة الرئيسية تعد الأمونيا إحدى أكثر المواد الكيميائية غير العضوية إنتاجاً في العالم.

الربط مع الحياة هل استخدمت يوماً سائل تنظيف الزجاج، أو سائل تنظيف الأرضيات؟ تُستخدم الأمونيا في هذه المواد.

الأمونيا Ammonia

الأمونيا أو النشادر مركب غير عضوي، عديم اللون، ينتج من تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين، له الصيغة الكيميائية NH_3 ، ويتواجد عادة في شكل غازي ذو رائحة نفاذة مميزة، ويعمل بوصفه مادة أولية لإنتاج العديد من مركبات النيتروجين المهمة تجارياً. والأمونيا مادة تسبب في تهيج الجلد والعينين والأنف والحنجرة والرئتين، وهي ضرورية لكثير من العمليات البيولوجية، ولها العديد من التطبيقات الصناعية.

التركيب الكيميائي للأمونيا Structure of ammonia الأمونيا - كما درست سابقاً - جزيء تساهمي، وكما هو موضح في التركيب النقطي له، يتكون جزيء الأمونيا نتيجة تداخل ثلاثة أفلاك ذرية sp^3 مهجنة مع ذرات الهيدروجين الثلاث، أما الفلك sp^3 المهجن الرابع فيحتوي على زوج من الإلكترونات غير الرابطة، مما يعطيه الشكل الهرمي الثلاثي، انظر الشكل 7-1. وتكون زاوية الرابطة بين $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ هي 107.5° ، وهي أقل قليلاً من زاوية رباعي الأوجه الذي تكون زاوية الرابطة فيه 109° ؛ وذلك لأن التنافر بين زوج الإلكترونات غير الرابطة والرابطة الثنائية تميل إلى دفع الرابطة $\text{N}-\text{H}$ إلى الداخل قليلاً. ويرتبط الأمونيا في الحالتين السائلة والصلبة بروابط هيدروجينية.

معايير الأداء الرئيسية

11A.20.1 – 11A.20.2 –

11A.20.3 – 11A.20.4

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.8 – 11A.3.4 – 11A.2.1

– 11A.4.1 – 11A.4.2 11A.1.1

– 11A.1.5 – 11A.3.1

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

• يتوصل إلى طرق صناعة الأمونيا في المختبر بطريقة هابر.

• يتعرف خصائص الأمونيا، واستخداماتها.

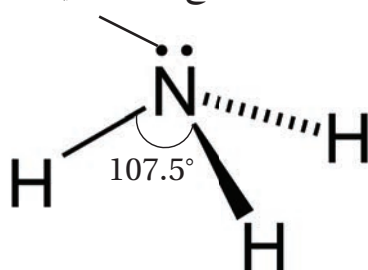
• يتوصل إلى طرق صناعة حمض النيتريك في المختبر بأكسدة الأمونيا.

• يتعرف خصائص حمض النيتريك، واستخداماته.

مراجعة المفردات

زاوية الرابطة: الزاوية بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية.

زوج إلكترونات غير مرتبط



الشكل 7-1 الشكل الهندسي

للأمونيا يعطيه الشكل الهرمي الثلاثي؛ نتيجة وجود زوج من الإلكترونات غير مرتبط بذرة النيتروجين المركزية.

الخصائص الفيزيائية للأمونيا	الجدول 1-7
القيمة	الخاصية
NH ₃	الصيغة الكيميائية
-33.4 °C	درجة الغليان
-77.7 °C	درجة الانصهار
-77.8 °C	درجة التجمد
38.55 kg/m ³	كثافة السائل
0.889 kg/m ³	كثافة الغاز
8.69	الحرارة النوعية

الخصائص الفيزيائية للأمونيا Physical properties of ammonia للأمونيا

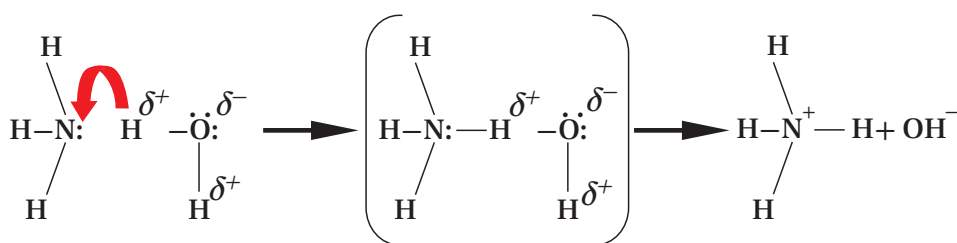
خصائص فيزيائية تمت دراستها سابقاً في كتاب الصف العاشر، سنوجزها هنا في النقاط التالية:

- الأمونيا غاز عديم اللون.
 - له رائحة نفاذة وطعم قلوي يشبه الصابون، وهو مثير للدموع في العيون عند استنشاقه بشكل مفاجئ.
 - أخف وزناً من الهواء، يتم جمعه من خلال إحلالها بدلاً من الهواء الموجود في الأسفل.
 - قابل للذوبان في الماء بدرجة كبيرة؛ فحجم واحد من الماء يذوب فيه حوالي 1300 حجم من غاز الأمونيا؛ وبسبب ذوبانيته العالية في الماء، فلا يمكن جمع الغاز فوق الماء.
 - يمكن إسالته بسهولة في درجة حرارة الغرفة بتعريضه لضغط حوالي 8-10 atm.
- ويوضح الجدول 1-7 الخصائص الفيزيائية الأخرى للأمونيا.

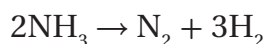
الخصائص الكيميائية للأمونيا Chemical properties of ammonia

الأمونيا بشكل عام متعادلة، ولكن المحلول المائي منها يسلك سلوك قاعدة ضعيفة. كما أن للأمونيا قابلية كبيرة لمنح زوج الإلكترونات غير المرتبط التابع للنيتروجين إلى جزيئات أخرى، ولهذا فإنها تسلك سلوك قاعدة لويس، ففي المحاليل المائية، تتأين الأمونيا بحسب التفاعل الموضح في الشكل 2-7. والأمونيا مركب مستقر، ويتفكك إلى عناصره

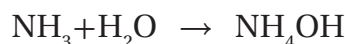
الشكل 2-7 تمنح ذرة النيتروجين زاوية الإلكترونات غير المرتبطة إلى جزيئات أخرى في المحاليل المائية.



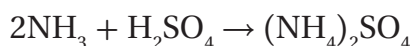
الأساسية، الهيدروجين والنيتروجين، بتمريره فوق عامل حفّاز فلزي ساخن لدرجة عالية، أو عند تمرير تيار كهربائي من خلاله.



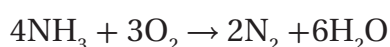
وتعد الأمونيا قاعدة ضعيفة، وهي تتأين عند إذابتها في الماء لتكوّن أيون الأمونيوم NH_4^+ وأيون الهيدروكسيل OH^- .



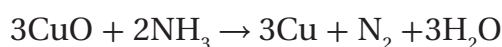
وبما أن الأمونيا قاعدة، فهي تكوّن أملاحًا عند تفاعلها مع الأحماض:



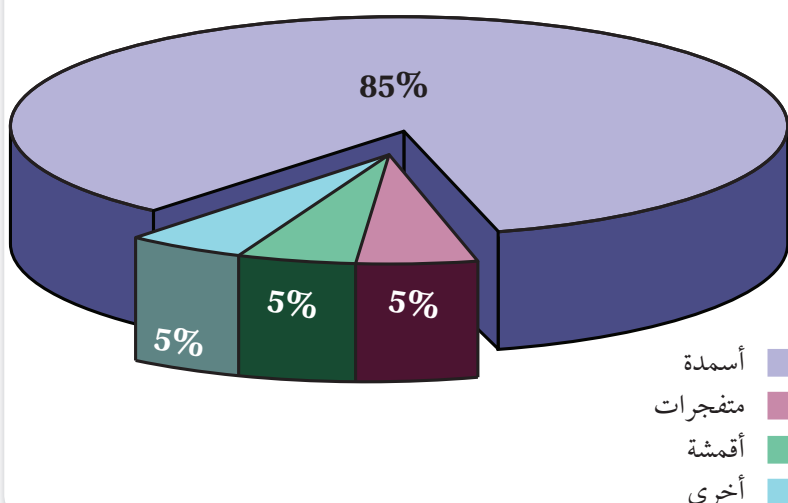
لا يشتعل غاز الأمونيا بشكل مباشر في الهواء، ولا يساعد على الاشتعال أيضًا، ولكن الأمونيا الساخن يشتعل في وجود الأكسجين ليكوّن النيتروجين والماء.



وتسلك الأمونيا سلوك العامل المختزل، حيث تختزل فلزات عديدة، ومنها CuO و PbO .



استخدامات الأمونيا Uses of ammonia يُعد استخدام الأمونيا في صناعة الأسمدة أهم استخدام له، انظر الشكل 3-7؛ فهو المادة الأولية لصناعة أنواع عديدة من الأسمدة النيتروجينية؛ حيث تتم إضافته مباشرة إلى التربة من الخزانات التي تحتوي على الغاز المسال، ويمكن إضافة الأمونيا كما هو بشكل مباشر أو على شكل أملاح الأمونيوم، ومنها نترات الأمونيوم، NH_4NO_3 ، أو كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، أو أنواع مختلفة



الشكل 3-7 مخطط بياني يوضح نسبة استخدام الأمونيا في مختلف الصناعات.

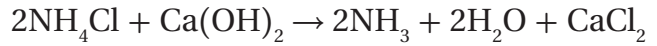
من فوسفات الأمونيوم، واليوريا، $(H_2N)_2C=O$ ، يستخدم كذلك بوصفه مصدرًا للسماد. ويمكن تلخيص الاستخدامات الأخرى للأمونيا في النقاط الآتية:

- تعمل الأمونيا مبردًا في معامل تبريد في المصانع، من خلال أنظمة الضغط أو أنظمة امتصاص الحرارة.
- تدخل في مجال صناعة الورق باستخدام لب الخشب.
- تعمل منظفًا في مصانع الأثاث وتنظيف الزجاج.
- عاملاً مثبطًا للتآكل في مصافي البترول.
- تدخل في صناعة المتفجرات.
- تدخل في صناعة حمض النيتريك من خلال طريقة أوستوالد.
- تدخل في صناعة بعض الأدوية الطبية.
- تدخل في صناعة الأغذية بوصفها مصدرًا للنيتروجين اللازم لنمو الخميرة.

طرق تحضير الأمونيا Preparation of ammonia

في المختبر **In the lab** كانت الأمونيا تعرف سابقًا باسم الهواء القلوي، وقد اكتشفها العالم كونيكت عام 1716م، وتم تحضيرها في المختبر لأول مرة من قبل العالم جوزيف بريستلي عام 1774م، وعلى الرغم من أن العالم بيرثيلوت هو من قام بدراسة التركيب الكيميائي لغاز الأمونيا عام 1785م، إلا أن العالم ديفي هو من أثبت أن الأمونيا يتكون من عنصري النيتروجين والهيدروجين.

ويمكن تحضير الأمونيا في المختبر بإزاحته من بعض أملاحه بواسطة مركب قلوي غير متطاير مثل هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ أو هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$. فعند تسخين كلوريد الأمونيوم NH_4Cl مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ كما هو موضح في الشكل 4-7، ينتج $CaCl_2$ وبخار الماء، بحسب المعادلة الكيميائية التالية:

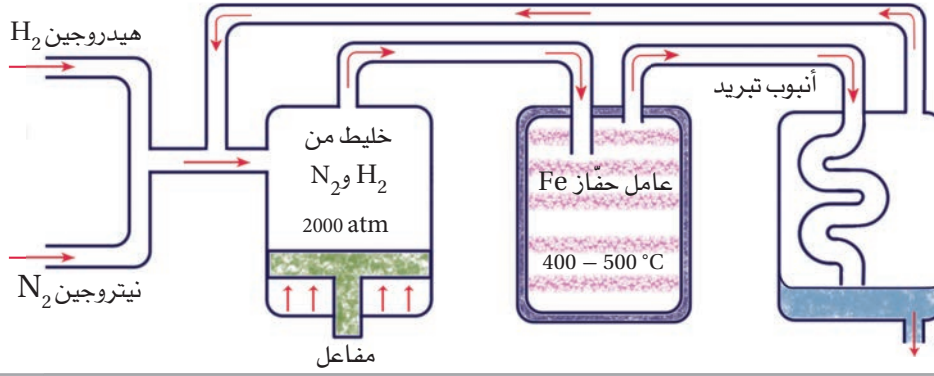


في الصناعة **In industry** يتم الحصول على الأمونيا من خلال الاتحاد المباشر بين النيتروجين والهيدروجين، ولكن الرابطة الثلاثية في جزيء النيتروجين ($N \equiv N$) يحتاج كسرها إلى طاقة كبيرة جدًا؛ لذا قام أحد العلماء ويدعى فريتز هابر بالتغلب على هذه المشكلة، بإجراء التفاعل تحت ضغط عال، في وجود عامل حفّاز من أكاسيد الحديد (Fe_3O_4)، وعند درجة حرارة مناسبة، وسُميت الطريقة التي اتبعها باسمه.



الشكل 4-7 يُظهر الجهاز المستخدم في تحضير غاز الأمونيا بتسخين كلوريد الأمونيوم مع الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم)، ثم تمرير الأمونيا الناتج خلال برج التجفيف الذي يحتوي على الجير الحي (أكسيد الكالسيوم).

الشكل 5-7 مخطط يوضح طريقة هابر - بوش لإنتاج غاز الأمونيا في المصانع.



تسمى الطريقة التي يتم فيها تحضير غاز الأمونيا بطريقة صناعية **طريقة هابر - بوش - Haber Bosch process**، انظر الشكل 5-7، وهي تُعدّ الطريقة الرئيسة في إنتاج الأمونيا مباشرة من الهيدروجين والنيتروجين. وقد ابتكرها الكيميائي الألماني فريتز هابر عام 1909م، وحصل على براءة اختراع لها عام 1910م، ثم حصل على جائزة نوبل عام 1918م. وجاء بعده الكيميائي الألماني كارل بوش، فطوّر هذه الطريقة للاستخدام الصناعي باستعمال الحديد (Fe) عاملاً حفّازاً بدلاً من الأوزميوم، وحصل أيضاً على جائزة نوبل عام 1931م.

المفردات الجديدة

- طريقة هابر - بوش
- Haber-Bosch process

ويوضح الشكل 6-7 الخط الزمني لتطوّر صناعة الأمونيا بطريقة هابر - بوش؛ حيث يتم تصنيع الأمونيا بهذه الطريقة تحت ضغط جوي كبير ما بين 200 atm و 250 atm، وعند درجة حرارة تصل إلى نحو 450°C، وفي هذه الظروف تتحد ثلاثة جزيئات من الهيدروجين مع جزيء من النيتروجين لتكوين النشادر (NH₃)، ويتم ذلك بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



✓ **ماذا قرأت؟** هل يُعدّ تفاعل الهيدروجين والنيتروجين لإنتاج الأمونيا تفاعلاً طارداً أم ماصاً للحرارة؟

الشكل 6-7 تطوّر صناعة الأمونيا

أسهمت عدة اكتشافات وأبحاث علمية للعلماء في إنتاج غاز الأمونيا، الذي يُعدّ أحد أهم مركبات النيتروجين، ويدخل في العديد من الصناعات، وأهمها الأسمدة النيتروجينية.

1912 - 1913م أدى اختراعه هذا إلى تصنيع الأسمدة الكيميائية الزراعية على نطاق واسع.



1902م استطاع العالم الألماني فيلهلم أوستفالد تطوير طريقة سُمّيت باسمه لإنتاج حمض النيتريك صناعياً؛ اعتماداً على أكسدة الأمونيا.

1915

1910

1900



1910م سجّل الكيميائي الألماني فريتز هابر أول براءة اختراع لطريقة إنتاج الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين.

1909م نجح الكيميائي الألماني فريتز هابر في تصنيع غاز الأمونيا بالاتحاد المباشر بين عنصريه، وهما: الهيدروجين والنيتروجين.

القرن التاسع الميلادي يُعدّ العالم العربي المسلم جابر بن حيان أول من اكتشف حمض النيتريك، الذي كان بداية لاكتشاف غاز الأمونيا وتحضيره.



تجربة

تحضير الأمونيا في المختبر والكشف عن خصائصها

الأمونيا سائل عديم اللون، يحفظ عادة على شكل سائل مضغوط في أسطوانات من الفولاذ، وهو شديد الذوبان في الماء.



خطوات العمل

1. كَوِّن الجهاز كما هو موضح في الشكل 4-7.
2. ضع كميات متساوية من ملح كلوريد الأمونيوم الصلب وهيدروكسيد الكالسيوم في دورق كروي.
3. أغلق الدورق بسدادة ينفذ منها أنبوب توصيل زجاجي أو مطاطي، ينتهي طرفه إلى أنبوب على شكل حرف U، بحيث تنفذ منه فوهة الأنبوب إلى أعلى.
4. ضع مخباراً فارغاً مقلوباً على اللوح فوق فوهة الأنبوب، كما هو موضح في الشكل.

5. سَخِّن الخليط على لهب بنزن، ولاحظ ما يحدث.
6. قَرِّب ورقة تبّاع شمس حمراء من فوهة المخبار بعد امتلائه بالغاز. ماذا تلاحظ؟
7. قَرِّب ساقاً مبللة بحمض الهيدروكلوريك من فوهة المخبار لتلامس الغاز المتصاعد. ماذا تلاحظ؟
8. أغلق الدورق بسدادة مفتوحة من المنتصف يدخل فيها أنبوب رفيع مفتوح الطرفين ثم اقلب الدورق بحيث ينغمر طرف الأنبوب الرفيع في حوض به ماء مضاف إليه محلول تبّاع الشمس الأحمر أو الفينولفثالين. لاحظ ما يحدث.

التحليل

1. ما تأثير غاز الأمونيا في ورقة تبّاع الشمس الحمراء؟
2. اكتب معادلة التفاعل الخاصة بالتجربة.
3. هل التفاعل الناتج عن تحضير الأمونيا طارد أم ماص للحرارة؟

طرق الكشف عن غاز الأمونيا Ammonia detection methods يُعرّف غاز الأمونيا

برائحته المميزة، ولكن هذا ليس كافياً للكشف عن وجوده؛ حيث إن هناك عدة طرق يمكن من خلالها الكشف عن وجوده:

1. ورقة تبّاع الشمس: يتحول لون ورقة تبّاع الشمس الحمراء المبللة إلى اللون الأزرق عند تعريضها إلى غاز الأمونيا، وتبلغ قيمة pH لها 11.5، مما يدل على قاعديتها المرتفعة.
2. حمض الهيدروكلوريك: عند تعريض ساق زجاجية مبللة بحمض الهيدروكلوريك المركز HCl إلى غاز الأمونيا، تتكون سحابة بيضاء من دقائق ملح كلوريد الأمونيوم الصلبة حول الساق NH_4Cl .
3. الفينولفثالين: يتحول الأمونيا إلى اللون الوردي عند إضافة قطرات من محلول كاشف الفينولفثالين إليها.

1914-1945م خلال الحربين العالميتين الأولى والثانية توسعت الصناعات الكيميائية في العديد من الأقطار؛ لمواجهة احتياجات الحرب من المطاط والمتفجرات والأدوية.

1918م حصل فريتز هابر على جائزة نوبل عام 1918م، وحصل أيضاً على جائزة نوبل عام 1931م.

1945

1930

1920

1931م حصل كارل بوش أيضاً على جائزة نوبل عام 1931م.



1920م طوّر الكيميائي الألماني كارل بوش بعد ذلك هذه الطريقة للاستخدام الصناعي، مستعملاً الحديد Fe عاملاً حفّازاً بدلاً من الأوزميوم.



4. **الذوبان في الماء:** يُعدُّ غاز الأمونيا شديد الذوبان في الماء، فعند تسخين سائل الأمونيا في دورق دائري وقلبه في كأس بها ماء، نلاحظ أن الماء يصعد خلال الأنبوب إلى الدورق بسرعة.

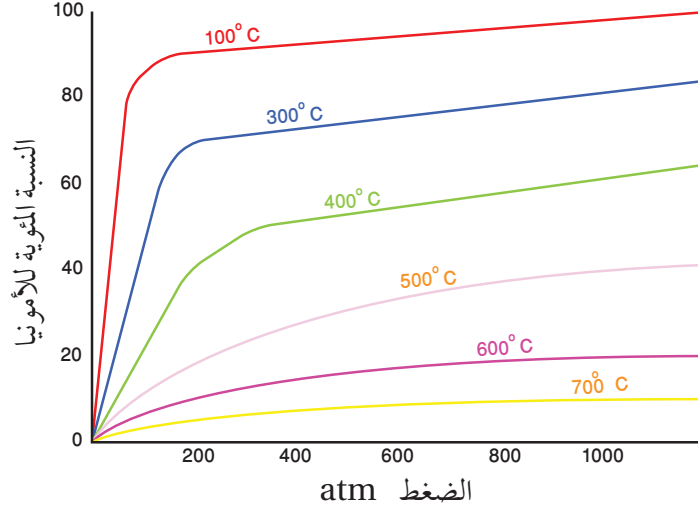
إن تحضير الأمونيا عملية انعكاسية (تفاعل انعكاسي)، يتأثر فيها اتزان التفاعل بعوامل مختلفة تؤثر في الناتج، حيث نجد أن كمية الأمونيا المتكوّنة تزداد بزيادة الضغط، وبما أن التفاعل طارد للحرارة فإنّ كمية الأمونيا المتكوّنة تقلّ بارتفاع درجة الحرارة. وتتحد جزيئات الهيدروجين مع جزيء النيتروجين على سطح عامل حفّاز صلب؛ ليسرّع التفاعل، وتُستعمل في هذه العملية كميات ضئيلة من الألومينا وأكسيد البوتاسيوم إضافة إلى العامل الحفّاز، وعلى الرغم من ذلك لا تتحد كمية الهيدروجين والنيتروجين جميعها، ويعاد تدوير الغازات التي لم تتحد من التفاعل الأول مرة أخرى. وقد وُجد أنه باستخدام الحديد عاملاً حفّازاً يُمكن إجراء التفاعل عند درجة حرارة منخفضة يسهّل التعامل معها عملياً، ويساعد استخدام درجة حرارة منخفضة وضغط عالٍ على إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا.

لاحظ أنّ السهمين متعاكسان في معادلة تفاعل النيتروجين والهيدروجين، مما يعني أنّ هذه العملية انعكاسية؛ أي أنّ غاز الأمونيا الناتج لن يبقى كما هو، بل ستتحدطم روابطه، ويعود إلى مكوناته الرئيسة: الهيدروجين والنيتروجين، وهذه مشكلة أخرى قد تواجه العلماء في إنتاج الأمونيا. ولكي تكون هذه العملية فعّالة اقتصادياً، يجب إجراء التفاعل في ظروف محددة، يوضحها الجدول 2-7.

الجدول 2-7	أثر العوامل في عملية تحضير الأمونيا
الظروف	التأثير
درجة الحرارة	• إذا كانت درجة الحرارة معتدلة أو منخفضة يصبح التفاعل بطيئاً جداً. • إذا كانت درجات الحرارة عالية فسوف تتفكك جزيئات الأمونيا بسرعة.
الضغط	• إنّ ارتفاع الضغط قد يؤثر في سلامة العملية نفسها؛ إذ ترتفع نسبة الخطورة مع زيادة الضغط الداخلي.
العوامل الحفّازة	• الحديد (Fe) يسرّع إنتاج الأمونيا، ويوفر تكاليف الطاقة.
المكثف	• تبريد التفاعل، وتحويل الأمونيا إلى سائل يسهّل عملية تحضيره.
إعادة تدوير المواد المتفاعلة	• إعادة إنتاج الهيدروجين والنيتروجين من التفاعل العكسي تعمل على استمرار إنتاج الأمونيا.

يعمل العامل الحفّاز مثل الحديد على تسريع التفاعل، عن طريق خفض طاقة التنشيط حتى يمكن كسر الرابطة في النيتروجين N_2 والهيدروجين H_2 بسهولة أكبر. وارتفاع درجات الحرارة يعني أن لجزيئات المواد المتفاعلة ما يكفي من الطاقة للتغلب على حاجز الطاقة لكي تبدأ في التفاعل (طاقة التنشيط) فيصبح التفاعل أسرع عند ارتفاع درجات الحرارة.

الشكل 7-7 مخطط بياني يوضح النسب المئوية للعائد الناتج من الأمونيا عند ضغوط ودرجات حرارة مختلفة.



وتتراوح درجة الحرارة بين 400°C و 500°C؛ مما يؤدي إلى تحقيق عائد مقبول من الأمونيا (20%–10%) في فترة زمنية مقبولة. لاحظ المخطط البياني في الشكل 7-7، الذي يمثل النسبة المئوية للعائد الناتج من الأمونيا عند ضغوط ودرجات حرارة مختلفة.

* شركة قطر للأسمدة الكيماوية (قافكو) QAFCO

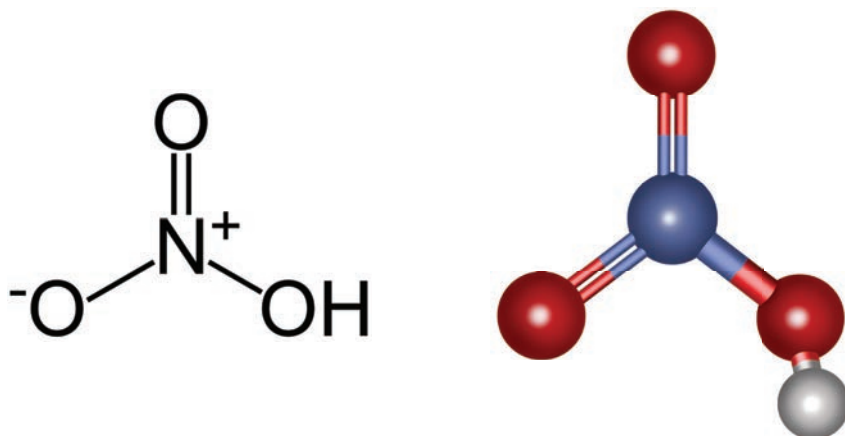
تعدّ شركة قطر للأسمدة الكيماوية (قافكو) أكبر شركة في العالم إنتاجاً لليوريا والأمونيا، وقد تأسست عام 1969م. وتشارك "قافكو" في تصنيع الأمونيا واليوريا وبيعهما، وخصوصاً إلى شبه القارة الهندية في المقام الأول، إضافة إلى تصنيع اليوريا فورمالدهايد المكثف وبيعه.

وتمثل الشركة أول مشروع صناعي في قطاع البتروكيماويات في دولة قطر، وتهدف إلى تنويع الاقتصاد عبر الاستفادة من المخزون الضخم للغاز الطبيعي المتوافر في الدولة، انظر الشكل 7-8.



الشكل 7-8 تعد شركة قطر للأسمدة الكيماوية (قافكو)، أكبر شركة في العالم إنتاجاً لليوريا والأمونيا.

الشكل 9-7 يوضح تكوين حمض النيتريك من ذرة نيتروجين وذرة هيدروجين وثلاث ذرات أكسجين.



المفردات

أصل الكلمة

حمض النيتريك (Nitric acid)

سُمِّي حمض النيتريك في اللغة اللاتينية "aqua fortis"، ويعني "الماء القوي"؛ لأنه يسبب تآكل المعادن. وقد تم تحضيره أول مرة باتحاد نيترات الصوديوم وحمض الكبريتيك، ولهذا سُمِّي حمض النيتريك.

وبعد أن نفّذت (قافكو) بنجاح عددًا من مشاريع التوسعة لمرافق الإنتاج خلال العقود الثلاثة الماضية، ارتقت الشركة لتصبح من أكبر منتجي الأسمدة في العالم.

وتصل الإنتاجية السنوية لشركة قطر للأسمدة الكيماوية (قافكو) إلى 3.8 مليون طن متري من الأمونيا و5.6 مليون طن متري من اليوريا، وبهذا الإنتاج أصبحت (قافكو) أكبر مُنتج في العالم لليوريا والأمونيا من موقع واحد. وتأتي قطر الآن في الترتيب الرابع ضمن قائمة أكبر منتجي اليوريا في العالم، معززة بذلك مكانتها ودورها الرئيس في سوق الأسمدة العالمية، ولتصبح أيضًا أكبر مُصدّر لليوريا في العالم بحصة تبلغ حوالي 15% من الإمداد العالمي للمنتج، وتصل صادراتها إلى أكثر من 35 بلدًا حول العالم.

حمض النيتريك Nitric acid

حمض النيتريك (HNO_3)، كما في الشكل 9-7، من أهم المواد الكيميائية المستخدمة صناعة الأسمدة والمتفجرات، وبعد مادة سامة كما يمكن أن يسبب حروقًا شديدة عند ملامسته الجلد، ويسمى كذلك حمض الآزوت أو ماء النار أو ماء الفضة.

وحمض النيتريك سائل لا لون له عندما يكون نقيًا، ويصل تركيزه إلى 69%، وينحل ببطء عند تعرّضه للضوء، إلى ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وأكسجين، ويذوب ثاني أكسيد النيتروجين الناتج في الحمض، ولذلك يتلون الحمض باللون الأصفر أو البرتقالي.

وقد كان جابر بن حيان (120هـ - 737م)، انظر الشكل 10-7، أول من حضّر حمض النيتريك بتقطير ملح نترات البوتاسيوم مع الشَّب (كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم) وكبريتيك الحديد، وذكر ذلك في المقالة العاشرة من كتابه "الخواص الكبير"، وأطلق عليه اسم "الماء المحلّل". وذكر أنه عند خلطه مع روح الملح (كلوريد الأمونيوم)، يُعطي سائلًا قويّ التأثير يستطيع أن يُذيب فلز الذهب، ولذلك أطلق عليه اسم "ماء الذهب"، واستخدمه جابر بن حيان لفصل الفضة عن الذهب. ويوضح الجدول 3-7 بعض الخواص الفيزيائية لحمض النيتريك.



الشكل 10-7 العالم العربي المسلم جابر بن حيان أول من حضّر حمض النيتريك.

الجدول 3-7 الخصائص الفيزيائية لحمض النيتريك	
الخاصية	القيمة
الصيغة الكيميائية	HNO ₃
درجة الغليان	83°C
درجة التجمد	-42°C

وقد تمّ في الوقت الحاضر تحضير حمض النيتريك بطريقة مشابهة لطريقة جابر بن حيان، وذلك بتسخين حمض الكبريتيك المركز مع نترات البوتاسيوم، كما هو موضح في الشكل 11-7، ولكن هذه الطريقة استُبدلت بعد ذلك بأكسدة النشادر بطريقة تعرف باسم طريقة أوستفالد **Ostwald process**، حيث يتم فيها أكسدة الأمونيا إلى حمض النيتريك، في وجود عامل مساعد.

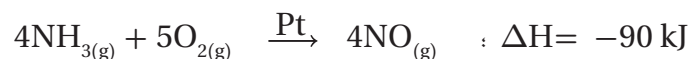
وتتلخص هذه الطريقة في المراحل الثلاث التالية:

المفردات الجديدة

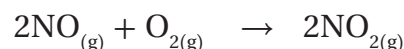
• طريقة أوستفالد

• Ostwald process

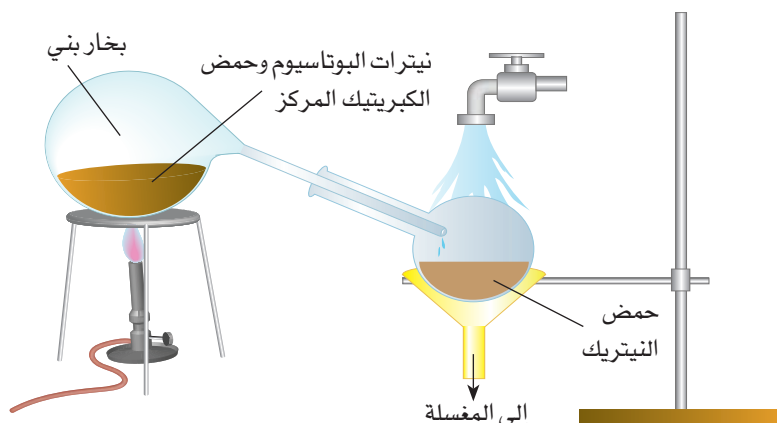
المرحلة الأولى: أكسدة الأمونيا إلى أكسيد النيتروجين: ويتم فيها دفع خليط من الهواء والنشادر إلى برج خاص يحتوي على شبكة من البلاتين Pt، الذي يعمل بوصفه عاملاً مساعداً، الساخن لدرجة حرارة عالية تصل إلى 900°C، فتتأكسد الأمونيا بأكسجين الهواء إلى أكسيد النيتروجين NO، ويجب ألا يزيد زمن التلامس مع العامل المساعد على أجزاء من الثانية؛ حتى لا تتفكك أكاسيد النيتروجين الناتجة، بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



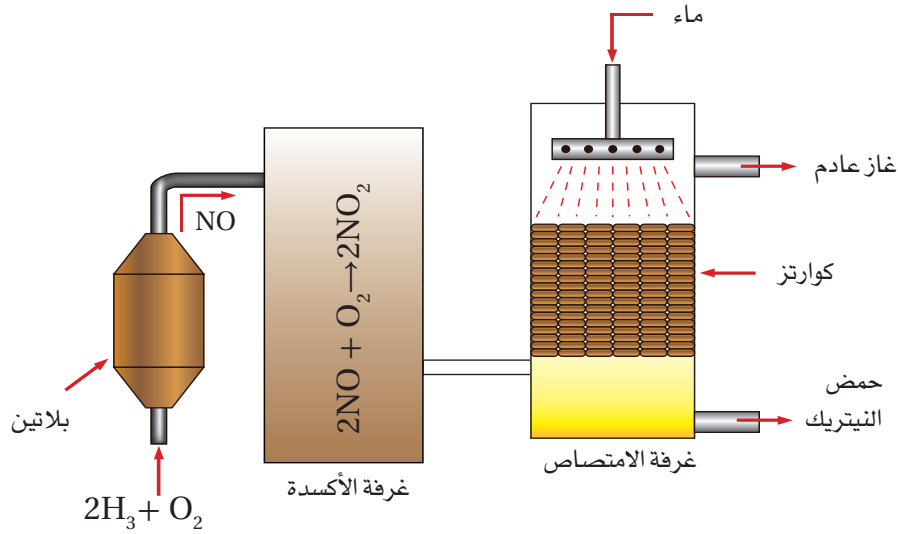
المرحلة الثانية: أكسدة أكسيد النيتروجين إلى ثاني أكسيد النيتروجين: ويتم في هذه المرحلة تبريد هذه الأكاسيد في برج خاص بواسطة تيار من الهواء، الذي تصل درجة حرارته إلى أقل من 100°C، حيث يتحول أكسيد النيتريك NO إلى ثاني أكسيد النيتروجين NO₂، وذلك بخلط NO مع كمية إضافية من الأكسجين بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



الشكل 11-7 يُبين طريقة تحضير حمض النيتريك في المختبر، وهي تشبه الطريقة التي اعتمدها العالم المسلم جابر بن حيان.



الشكل 12-7 يوضح طريقة تحضير حمض النيتريك اعتماداً على طريقة أوستفالد.



المرحلة الثالثة: تكوّن حمض النيتريك: حيث يدفع الغاز بعد ذلك إلى برج امتصاص ليقابل رذاذاً من الماء، مُنتجاً حمض النيتريك الذي يبلغ تركيزه نحو 40% - 50%، وقد يُستعمل مباشرة في تحضير أنواع من السماد، ويمكن بعد ذلك زيادة تركيز هذا الحمض بالتقطير ليصل تركيزه إلى 69%. ويوضح الشكل 12-7 مخططاً لمراحل إنتاج حمض النيتريك بحسب طريقة أوستفالد.

استخدامات حمض النيتريك Uses of nitric acid لحمض النيتريك استخدامات عديدة، يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

- صناعة الأسمدة: ومنها نترات الأمونيوم، ونترات الكالسيوم.
- تنقية الفلزات: يُستخدم لتنقية البلاتين، والفضة، والذهب.
- الصناعات: يدخل في صناعة الأصباغ، والأدوية، والعطور.
- صناعة النترات: يدخل في صناعة الفضة، والأمونيا، والكالسيوم.
- المتفجرات: يدخل في صناعة مادة TNT، وبودرة البارود.

التقويم 7-1

الخلاصة

- يُستخدم النيتروجين في كثير من الصناعات، ومنها: صناعة الأمونيا، وحمض النيتريك.
- يمكن تحضير الأمونيا في الصناعة بطريقة هابر-بوش، وذلك بتفاعل غازي النيتروجين والهيدروجين، في وجود عامل حفّاز (Fe)، وتحت ضغط ودرجات حرارة عاليتين.
- التفاعل بين غازي النيتروجين والهيدروجين تفاعل انعكاسي.
- يمكن الحصول على حمض النيتريك بأكسدة غاز الأمونيا بطريقة أوستفالد.
- يُحفظ حمض النيتريك في عبوات زجاجية داكنة؛ حتى لا يتعرض للضوء فيتحلل.

الفكرة الرئيسة

- لماذا تُعد الأمونيا من أكثر المواد غير العضوية إنتاجًا في العالم؟
- وضّح بشكل مبسّط، التركيب الكيميائي للأمونيا.
- اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل عملية إنتاج الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين. ماذا يعني وجود سهمين متعاكسين في المعادلة السابقة؟
- قارن في جدول بين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأمونيا.
- ما الشروط التي يُفضّل توفرها في طريقة هابر - بوش لتحقيق أكبر عائد من الأمونيا؟
- اختر استخدامًا واحدًا للأمونيا من الاستخدامات التي ذُكرت في الكتاب، ثم ابحث عنها في مصادر متنوعة، منها: مكتبة المدرسة، أو الإنترنت، واكتب فقرة عنها مستخدمًا برمجية Power Point، وأعرضها على زملائك في الصف.
- ارسم مخططًا يوضح طريقة أوستفالد لتحضير حمض النيتريك.

صناعة حمض الكبريتيك

Manufacture of Sulphuric Acid

معايير الأداء الرئيسة

20.5

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.4.1 – 11A.4.2

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يشرح الخطوات الرئيسة لإنتاج حمض الكبريتيك صناعيًا من خلال طريقة التلامس.

مراجعة المفردات

الحمض: مركب كيميائي قادر على منح أيون الهيدروجين الموجب عند إذلاله في الماء. وهو يتفاعل مع القواعد ليتج ملحًا وماء.

الفكرة الرئيسة يعد حمض الكبريتيك أحد أكثر المركبات المهمة التي أنتجتها الصناعات الكيميائية.

الربط مع الحياة لعلك شاهدت يومًا بعض واجهات المباني المصنوعة من حجر أبيض اللون قد تغير لونها بعد فترة من الزمن إلى اللون الأصفر الباهت، وحدثت فيها تشققات. ما سبب ذلك؟ المطر الحمضي الذي يسببه وجود حمض الكبريتيك في الجو.

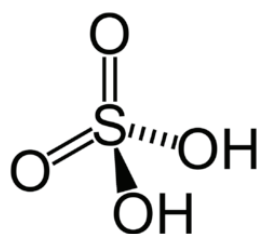
حمض الكبريتيك Sulphuric acid

يعد حمض الكبريتيك إحدى المواد الكيميائية الصناعية الأكثر أهمية، ويتم إنتاجه كل عام بمعدل أكبر من أي مادة كيميائية مُصنَّعة أخرى.

استخدامات حمض الكبريتيك Uses of sulphuric acid لحمض الكبريتيك استخدامات متنوعة على نطاق واسع، ويؤدي دورًا مهمًا في إنتاج معظم السلع المُصنَّعة. ويُعد إنتاج الأسمدة هو الاستخدام الرئيس لحمض الكبريتيك، ومن هذه الأسمدة: سوبر فوسفات الكالسيوم وكبريتات الأمونيوم، كما يتم استخدامه بكثرة في صناعة المواد الكيميائية، ومن بينها: صنع حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك، وأملاح الكبريتات، والمنظفات الصناعية، والأصبغ والمواد الملونة والمتفجرات، والأدوية. ويستخدم حمض الكبريتيك كذلك في تكرير النفط؛ لغسل الشوائب من البنزين وغيره من منتجات التكرير، في معالجة المعادن، ومن ذلك: تنظيف الحديد والصلب قبل طلائهما بالقصدير أو الزنك، ويُصنَّع الحرير الصناعي أيضًا من حمض الكبريتيك، إضافة إلى استخدامه محلولًا كهربائيًا في بطارية الرصاص المستخدمة عادة في السيارات.

الخصائص الفيزيائية لحمض الكبريتيك Physical properties of H_2SO_4 يتكوّن

جزيء حمض الكبريتيك (H_2SO_4)، كما هو موضح في الشكل 13-7، من ذرتي هيدروجين وذرة كبريت وأربع ذرات أكسجين، ويُعد من أوائل الأحماض اكتشافًا، وهو حمض قوي قابل



الشكل 13-7 يوضح الصيغة الكيميائية لحمض الكبريتيك الذي اكتشفه العالم المسلم جابر بن حيان في القرن الثامن الميلادي.

للدوبان في الماء بأي تركيز، ويوصف بأنه سائل عديم اللون، زيتي القوام، وعديم الرائحة عندما يكون نقيًا، كما يتميز بأنه مُوصِّل للتيار الكهربائي.

ويوضح الجدول 4-7 بعض الخصائص الفيزيائية لحمض الكبريتيك. ولكن هل تختلف خصائص حمض الكبريتيك عن الأحماض القوية الأخرى التي تمت دراستها سابقًا؟ ستتعرف في هذا الدرس على بعض خصائص حمض الكبريتيك.

الجدول 4-7	الخصائص الفيزيائية لحمض الكبريتيك
الخصائص	القيمة
درجة الغليان	330°C
درجة التجمد	10°C
الكثافة	1.84g/m
الكتلة المئوية	98.07g.mL

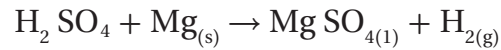
الكيمياء في واقع الحياة

الأسلحة الكيميائية

استُخدم السلاح الكيميائي في الحروب منذ عصور ما قبل الميلاد دون معرفة بعلم الكيمياء العضوية، حيث استخدمت القبائل البدائية الدخان لإخراج خصومهم من المغارات أو اختناقهم داخلها. وقبل الميلاد بحوالي ألفي عام، استُخدمت حواجز الدخان وأدوات الحرائق، والأبخرة السامة، التي تسبب الارتقاء والنعاس والتشؤب، واستُعملت أبخرة الزرنيخ في عهد مملكة (سونج) الصينية. وكان الكبريت يمثل القاسم المشترك في الأسلحة الكيميائية؛ حيث يُنتج عند حرقه أبخرةً وغازاتٍ خانقة.

الخصائص الكيميائية لحمض الكبريتيك H_2SO_4

تختلف الخصائص الكيميائية لحمض الكبريتيك بحسب حالته: مخففًا أو مُركَّزًا؛ فحمض الكبريتيك المخفف يتفاعل مباشرة مع الفلزات الواقعة قبل الهيدروجين في سلسلة النشاط الكيميائي بتفاعل الإزاحة معطياً كبريتات الفلز ومُطلقًا غاز الهيدروجين H_2 كما في تفاعل حمض الكبريتيك مع فلز الماغنسيوم وفق المعادلة الكيميائية التالية:



أما الفلزات التي تقع بعد الهيدروجين ومنها النحاس والفضة، فلا يتفاعل معها إلا في وجود عامل مؤكسد قوي مثل الأكسجين، ولا يتفاعل أبدًا مع الذهب أو البلاتين. أما حمض الكبريتيك المركَّز فيتفاعل مع جميع الفلزات عدا الذهب والبلاتين، ولكن في وجود حرارة، ويعطي كبريتات الفلز وثاني أكسيد الكبريت والماء، كما يتفاعل الحمض المركَّز مع اللافلزات معطياً ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد اللافلز، والماء.

ويتفكك حمض الكبريتيك كليًا عند درجة حرارة 430°C، فيتحول إلى بخار الماء، وثالث أكسيد الكبريت، الذي يتفكك بدوره إلى غازي ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين. ويمتاز حمض الكبريتيك بأنه عامل مزيل للماء، وعامل مؤكسد لكثير من التفاعلات التي يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

عامل مزيل للماء **Dehydrating agent** يعرف حمض الكبريتيك بأنه شره جدًا للماء، وعند مزجها معًا تنطلق كمية كبيرة من الحرارة؛ لذا فمن الخطر عند تخفيف الحمض المركَّز أن يُضاف الماء إليه؛ لأن الحرارة الناتجة تعمل على تبخير الماء فيدفع

الشكل 14-7

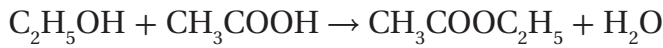


- يبيّن ما قبل تفاعل حمض الكبريتيك مع سكر المائدة.
- يبيّن تفاعل حمض الكبريتيك مع سكر المائدة بعد 15 ثانية.
- يبيّن تفاعل حمض الكبريتيك مع سكر المائدة بعد 60 ثانية.

البخار بعض الحمض بقوة كبيرة؛ لذلك يجب إضافة الحمض بالتدريج إلى وعاء كبير من الماء، مع التحريك المستمر لتوزيع الحرارة.

ويستطيع حمض الكبريتيك انتزاع الماء من كثير من المركبات، ومنها الكربوهيدرات، حيث يُحوّلها إلى كتلة إسفنجية من الكربون، فعند إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى كمية من السكر الذي يدخل الكربون في تكويناته، يسحب الحمض الماء من السكر، ويتحول السكر إلى قطعة من الكربون الأسود، الذي يشبه الكتلة الإسفنجية، كما في الشكل 14-7.

كما أن قدرة حمض الكبريتيك على إزالة الماء جعلته يُستخدم في تفاعلات الأسترة؛ لإزالة الماء الناتج من هذه التفاعلات، وبذلك يمنع انعكاس التفاعل.



تجربة

حمض الكبريتيك مادة مزيل للماء

يسحب حمض الكبريتيك H_2SO_4 الماء عند تفاعله مع السكر $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ، فتتكون مادة سوداء تتمدد إلى أن ينتهي التفاعل بينهما، ويتكون عمود من الكربون الذي يشبه إلى حد كبير الكتلة الإسفنجية.



خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.

2. ضع 150g من سكر المائدة في كأس زجاجية سعتها 400 mL.

3. اسكب 200 mL من حمض الكبريتيك بحذر في كأس زجاجية أخرى سعتها 400 mL.

4. أضف حمض الكبريتيك إلى السكر بالتدريج، مع التحريك المستمر.

بساق تحريك زجاجية في أثناء الإضافة.

5. انتظر 10 s ولاحظ التغير في لون المادة المتكونة.

6. عندما يبدأ العمود في التمدد، أمسك ساق التحريك الزجاجية وضعها في منتصفه؛ حتى يتوقف عن التمدد.

7. المس السطح الخارجي للكأس الزجاجية. ماذا تلاحظ؟

8. انتظر 60 s ثم أمسك العمود بيدك، وحاول أخذ قطعة منه لتفحصها. ماذا تلاحظ؟

التحليل

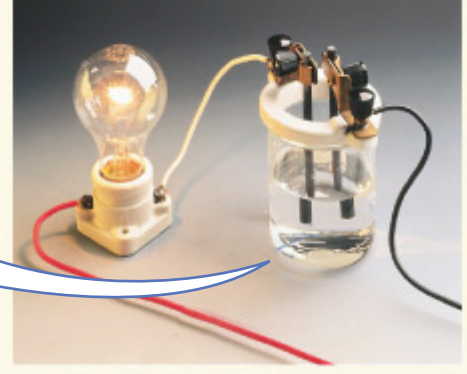
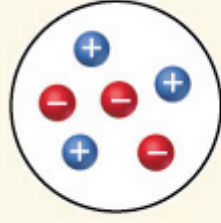
1. كيف تغيّر لون المزيج في الخطوة 5؟

2. ما المادة التي تكونت على شكل عمود؟

3. اكتب معادلة التفاعل بين حمض الكبريتيك والسكر.

4. هل التفاعل السابق ماص أم طارد للحرارة؟

الشكل 15-7 يوضح كيف تتفكك أيونات حمض الكبريتيك إلى أيونات H^+ وأيونات HSO_4^- ، فيوصل التيار الكهربائي عند وصله بدائرة كهربائية مغلقة.



المضردات الجديدة

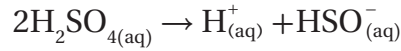
• طريقة التلامس

• Contact process

عامل مؤكسد **Oxidizing agent** يتفاعل حمض الكبريتيك المركز الساخن مع كثير من الفلزات، فيُختزل إلى ثاني أكسيد الكبريت، كما يحدث عند تفاعله مع النحاس في المعادلة الكيميائية التالية:



متأين **Ionized** يتأين حمض الكبريتيك في الماء وفق المعادلة التالية، كما في الشكل 15-7:



تحضير حمض الكبريتيك Preparation of sulphuric acid

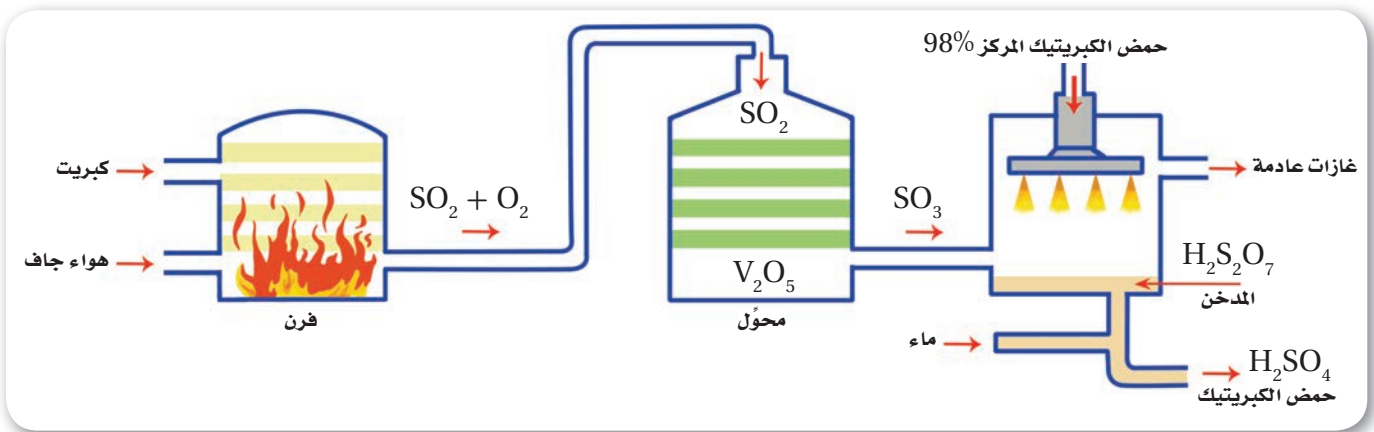
يُعزى اكتشاف هذا الحمض إلى الكيميائي العربي المسلم جابر بن حيان، وذلك في القرن الثامن الميلادي، بينما عرفته أوروبا بعد ذلك بسبعة قرون، وقد أطلق عليه العالم جابر بن حيان اسم زيت الزاج (Oil of vitriol)؛ بسبب تحضيره من تسخين الزاج الأخضر (كبريتات الحديدوز المائية) وتقطيره، ولُقّب جابر بن حيان بن عبدالله الأزدي بأبي الكيمياء؛ لكونه أول من استخدمها عملياً في التاريخ.

وتعتمد عملية تحضير حمض الكبريتيك على الكبريت بوصفه مادة أولية. والكبريت Sulphur عنصر لا فلزي صلب، يتميز باللون الأصفر الفاقع، وغالباً ما يوجد في صورة جسيمات، ويتسم بأنه عنصر هشّ وخفيف، وهو غير قابل للذوبان في الماء وفي أغلب الأحماض، كما أنه موصل رديء للحرارة، ولا يوصل الكهرباء. ويوجد الكبريت في شكله الحرّ حول فوهات البراكين والينابيع الحارة، انظر الشكل 16-7، إلا أنّ معظم كمياته المنتجة حالياً تأتي من مركبات الكبريت الموجودة في البترول والغاز الطبيعي. ويدخل الكبريت في صناعات متعددة، أهمها: صناعة حمض الكبريتيك، والصابون والمنظفات الصناعية، ويتم تحضير حمض الكبريتيك صناعياً بطريقة التلامس.



الشكل 16-7 يبين أن معدن

الكبريت يتميز بلونه الأصفر، وهو مادة أولية لتحضير حمض الكبريتيك.

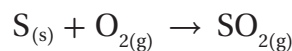


طريقة التلامس Contact process يتم فيها إنتاج SO_2 ، ومن ثم تحويله إلى SO_3 الذي يتفاعل مع الماء ليتحول إلى H_2SO_4 المركز، كما هو موضح في الشكل 7-17، وتسمى هذه العملية طريقة التلامس **Contact process**.

وقد اكتُشفت هذه الطريقة عام 1831م، وطوّرت حتى أصبحت حالياً أقل طرق تصنيع حمض الكبريتيك تكلفة وأكثرها انتشاراً. وتتم طريقة التلامس على ثلاث مراحل كالاتي:

المرحلة الأولى - إنتاج ثاني أكسيد الكبريت SO_2 :

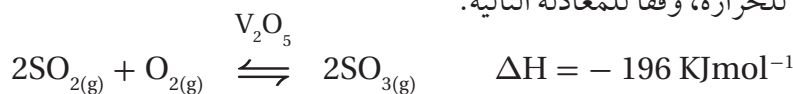
يتم صهر عنصر الكبريت وترشيحه؛ لفصل الأجزاء غير المنصهرة عنه، ثم يُضخّ المصهور إلى وحدة حرق الكبريت في وجود كمية كافية من الهواء؛ للحصول على غاز ثاني أكسيد الكبريت، بحسب المعادلة التالية:



وفي هذه الحالة، تُستخدم كمية فائضة من الهواء، بحيث يكون ثاني أكسيد الكبريت الناتج مختلطاً بالأكسجين للانتقال إلى المرحلة التالية.

المرحلة الثانية - تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت SO_3 :

يكون التفاعل في هذه المرحلة انعكاسياً، وتعدّ عملية تكوين ثالث أكسيد الكبريت عملية طاردة للحرارة، وفقاً للمعادلة التالية:



في هذه المرحلة، يُمرّر غاز ثاني أكسيد الكبريت على سخّان ثم على مرشح الغاز الحار؛ لتنقيته من الشوائب.

وفي هذه المرحلة أيضاً يتم إدخال غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى برج التحويل الذي يحوي عاملاً حفّازاً - خامس أكسيد الفاناديوم V_2O_5 - لتتم أكسدة الغاز وتحويله إلى ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، في وجود الهواء عند درجة حرارة معينة، قد تبلغ $450^\circ C$ ؛ للحصول على أعلى ناتج من الغاز (97%-98%). ويفضّل العلماء استخدام خامس أكسيد الفاناديوم عاملاً حفّازاً؛ لأنه لا يسبب شوائب في التفاعل، ويكون الناتج نقيّاً.

الشكل 7-17 يوضح مخطط إنتاج حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.

الكيمياء في واقع الحياة

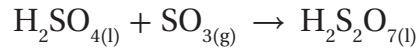
دور قطر في المحافظة على

السلم والأمن الدوليين

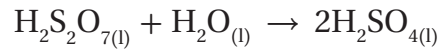
تقديرًا للدور دولة قطر في المحافظة على السلم والأمن الدوليين فقد تم اختيارها لعضوية المجلس التنفيذي لمنظمة حظر الأسلحة الكيميائية، للدورتين (2012 - 2014) و (2016 - 2014). وعلى مستوى التشريعات، أصدرت دولة قطر القانون رقم 16 لسنة 2013 الخاص بالأسلحة الكيميائية، الذي يجرم استحداث تلك الأسلحة أو إنتاجها.

✓ **ماذا قرأت؟** ما الشروط الواجب توفرها لإتمام التفاعل في المرحلة الثانية من طريقة التلامس؟

المرحلة الثالثة - تحويل ثالث أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك H_2SO_4 :
لا يمكن القيام بهذه العملية عن طريق إضافة الماء إلى ثالث أكسيد الكبريت ببساطة؛ لأن التفاعل لا يمكن السيطرة عليه؛ حيث يكون ضباباً أو دخاناً كثيفاً من حمض الكبريتيك (بنسبة 98%)، وبدلاً عن ذلك، تتم إذابة ثالث أكسيد الكبريت في حمض الكبريتيك المركز. لاحظ المعادلة التالية:



يوضح الشكل 17-7 المادة الناتجة من هذا التفاعل، وتُسمى حمض الكبريتيك المدخن، الذي يمكنه التفاعل بأمان مع الماء لإنتاج كمية وافرة من حمض الكبريتيك المركز بمعدل ضعف ما ينتج لو تفاعل ثالث أكسيد الكبريت مع الماء بشكل مباشر، وذلك بحسب المعادلة التالية:



✓ **ماذا قرأت؟** لخص في جدول مراحل تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس من حيث: الناتج، العامل الحفاز، معادلة التفاعل.

فوائد حمض الكبريتيك Advantages of sulphuric acid يعد حمض الكبريتيك من أهم المواد الكيميائية في حياتنا؛ حيث يدخل في صناعات عديدة. ويُقاس مدى تطوّر البلدان الصناعية بكمية إنتاجه؛ إذ يُعدّ مادة مؤكسدة، ويعمل على إزالة الماء الناتج من بعض التفاعلات، كما يدخل في إنتاج الأسمدة الكيميائية، وفي صناعة بطاريات السيارات، والصابون، والمطاط، وفي مصانع تكرير النفط، وصناعة الزيوت.

أضرار حمض الكبريتيك Disadvantages of sulphuric acid تعد الأحماض المركزة، ومنها حمض الكبريتيك، شديدة الخطورة على الإنسان عند التعامل معها، فقد تقع إصابات أو حروق، فهي شديدة السُّمية عند استنشاق الأبخرة المتصاعدة منها؛ إذ تهيج الأغشية المخاطية في الأنف والرئتين، وقد تمنع وصول الأكسجين إلى الرئتين في الحالات المتقدمة. وقد تؤدي ملامسة الحمض للجلد إلى تآكله، وحرقه، لذلك تجد اللوحة التحذيرية الموضحة في الشكل 18-7 في المختبرات والمصانع التي تستخدم حمض الكبريتيك، والتي تؤكد على ارتداء الملابس والقفازات والنظارات الواقية للحماية من الأبخرة المتصاعدة من الحمض.

تحذير



**حمض الكبريتيك؛
استعمل المعدات الواقية**

الشكل 18-7 يوضح لوحة تحذيرية لإرشادات الأمن والسلامة الواجب اتخاذها عند التعامل مع الأحماض والقواعد المركزة.



▲ تمثال من الحجر الجيري تغيّر لونه بسبب الأمطار الحمضية.

▲ أشجار تالفة بسبب الأمطار الحمضية.

يُعد حمض الكبريتيك أحد المكونات الرئيسة للأمطار الحمضية، التي تؤثر في شتى نواحي الحياة الصناعية والزراعية والبيئية؛ حيث تتلف المحاصيل الزراعية، وتُذيب واجهات بعض الأبنية، وخصوصاً المبنية من الحجر الجيري، وتغيّر لونها إلى الأصفر الباهت، كما هو موضح في الشكل 19-7.

حمض الكبريتيك والمطر الحمضي

Sulphuric acid and acid rain

تكوّن المطر الحمضي Acid rain formation عند اختلاط مياه الأمطار أو بخار الماء الموجود في الجو مع أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في وجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، ينتج **المطر الحمضي Acid rain**، فترتفع نسبة الحموضة في المطر إلى أعلى من مستواها المعتاد؛ بسبب تكوّن ثالث أكسيد الكبريت، الذي يتحد مع بخار الماء في الجو؛ ليعطي حمض الكبريتيك، الذي يبقى معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان إلى آخر. أما عندما يكون الجو جافاً، ولا تتوفر فرصة لسقوط الأمطار، فإن رذاذ حمض الكبريتيك ودقائق كبريتات الأمونيوم يبقيان معلقين في الهواء الساكن، ويظهريان على هيئة ضباب خفيف، وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الأمطار يذوبان في ماء المطر، ويسقطان على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي.

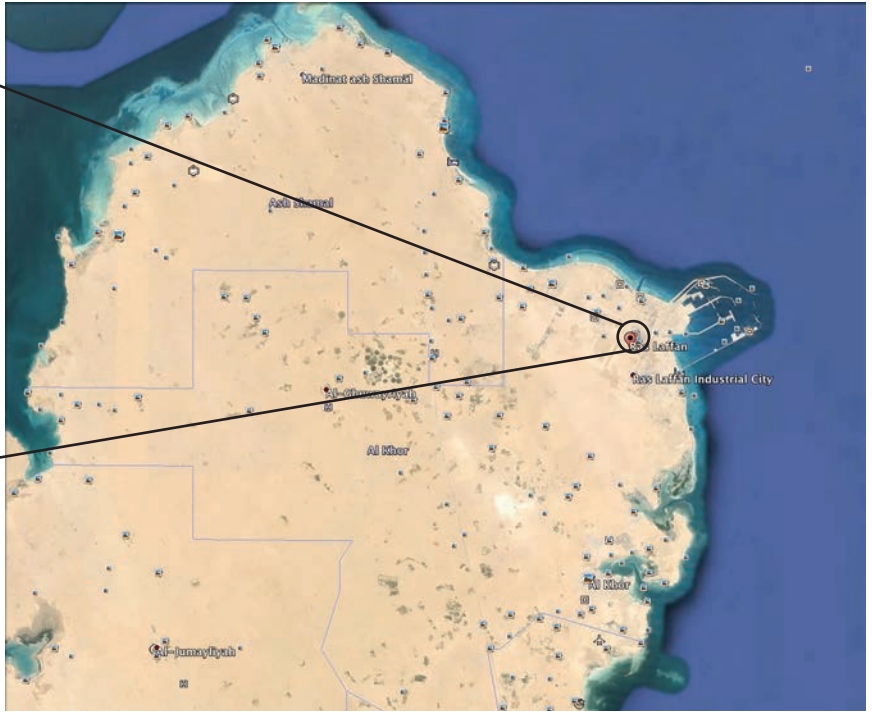
يتكوّن المطر الحمضي بسبب الغازات المنبعثة من عوادم السيارات ودخان المصانع، ومنها أكاسيد الكبريت. ويعدّ المطر الحمضي أحد النواتج السلبية للتطور الصناعي.

الشكل 19-7 يبين كيف تؤثر الأمطار الحمضية في الأشجار فتتلفها، وفي الحجر الجيري فتغيّر لونه وتذيب بعضه.

المفردات الجديدة

• المطر الحمضي

• Acid rain



الشكل 20-7 يُظهر خريطة توضح موقع ميناء راس لفان في دولة قطر؛ حيث يعمل على إسالة الغاز الطبيعي استعداداً لتصديره إلى دول العالم عبر الموانئ القطرية.

الغاز الطبيعي في قطر Natural gas in Qatar

أصبح الغاز الطبيعي المُسال الوقود المفضل لمرافق الطاقة حول العالم؛ بسبب الاحتراق النظيف، وقلة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، إضافة إلى كفاءته العالية عند استخدامه لتوليد الطاقة في محطات توليد الطاقة.

وتعدّ دولة قطر من أكبر دول العالم إنتاجاً وتصديرًا للغاز الطبيعي المُسال. ويوضح الشكل 20-7 إحدى منشآت تسيل الغاز الطبيعي في قطر؛ حيث تشغل قطر المرتبة الثالثة في العالم من حيث احتياطي الغاز الطبيعي، وتصدّر حوالي 77 مليون طن سنوياً من الغاز المُسال، كما تملك أكبر حقل غاز طبيعي في العالم، وهو حقل غاز الشمال، ويوجد في قطر ميناء راس لفان، الذي يُعدّ أكبر ميناء في العالم لإنتاج الغاز وتصديره، ولديها كذلك أكبر أسطول من الناقلات البحرية لنقل الغاز والنفط إلى العالم؛ حيث تصدر الغاز والنفط إلى جميع قارات العالم.

ويُعرف الغاز المنتج من حقل الشمال بالغاز الحامضي؛ لأنه يحتوي على الكبريت الذي يجب فصله عن الغاز قبل معالجته إلى غاز طبيعي مُسال. وتقوم «قطر للغاز» بمعالجة الكبريت المفصول عن الغاز، وتصدره إلى الأسواق العالمية.

ويُعدّ عنصر الكبريت المصدر الأولي لإنتاج حمض الكبريتيك، وهو المادة الكيميائية المهمة التي تستخدم في العديد من الصناعات من بينها إنتاج الأسمدة. وقد صدرت قطر للغاز شحنات من الكبريت إلى أسواق متنوعة، منها: الهند، والصين، والأردن.

* راس غاز في دولة قطر Ras gas in Qatar

هي شركة رائدة في مجال الطاقة في دولة قطر، وإحدى كبريات الشركات العالمية المتكاملة في صناعة الغاز الطبيعي المُسال، وتمتلك سمعة ممتازة عالمياً؛ بوصفها إحدى الشركات المبتكرة والناجحة في صناعة الغاز الطبيعي المُسال. وقد اكتسبت سمعتها؛ لكونها إحدى كبريات الشركات العالمية في تكامل عمليات تسليم الغاز الطبيعي المُسال بطريقة آمنة وبمصداقية عالية، إضافة إلى تمكنها من تحويل المورد الإقليمي إلى عنصر أساسي في قطاع الطاقة العالمي.

* غاز الهيليوم في دولة قطر Helium gas in Qatar

يُعدّ الهيليوم ثاني أكثر العناصر انتشاراً في الكون المعروف بعد الهيدروجين، ويشكل حوالي ربع كتلة الكون، ويتركز وجوده في النجوم؛ حيث يتكون هناك من اتحاد ذرات الهيدروجين.

أمّا على الأرض، فإن الهيليوم يشكل جزءاً واحداً من 200 ألف جزء، وذلك يعود بشكل رئيس إلى تطاير الهيليوم إلى الفضاء الخارجي. وكميات الهيليوم الملموسة الموجودة على الأرض ناتجة عن النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة، أما أكبر تركيز لغاز الهيليوم فيوجد مع الغاز الطبيعي، ومنه يُستخرج معظم الهيليوم للاستخدامات التجارية.

يمثّل الهيليوم 7% من جميع الجزيئات الموجودة في الكون، ويستخدم في العديد من التطبيقات الطبية والصناعية، منها: التصوير بأشعة الرنين المغناطيسي، وتنظيف محركات الصواريخ، وتكثيف الهيدروجين والأكسجين؛ لتصنيع وقود الصواريخ، ودفع الوقود داخل المحركات أثناء إطلاق الصواريخ.

وقد أضافت شركة قطر للغاز عام 2005م بنجاح الهيليوم السائل إلى قائمة منتجاتها المصدرة. ويحتوي غاز حقل الشمال على كميات ضئيلة من غاز الهيليوم، تستطیع «قطر للغاز» الآن استخراجها ومعالجتها إلى هيليوم سائل. ويُعدّ الهيليوم سلعة قيمة وذات أهمية كبيرة تُستخدم في العديد من المجالات، من أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي مروراً باللحام، ووصولاً إلى الغوص في أعماق البحار.

يوضح الشكل 21-7 حقل الشمال القطري في راس لفان الذي يحتوي على حوالي 26% من احتياطي الهيليوم المعروف في العالم؛ حيث يرتبط الهيليوم بطبقات الغاز الطبيعي، وعلى الرغم من



الشكل 21-7 يُعد مشروع دولة قطر للهيليوم في مدينة راس لفان الصناعية من أكبر مشاريع تكرير الهيليوم في العالم.

أن نسبة تركيزه في غاز حقل الشمال تبلغ حوالي 0.05% من حيث الحجم، إلا أن الكميات الهائلة التي تُعالج عن طريق خطوط الغاز الطبيعي المسال الأربعة عشر، التي تقوم كل من شركة راس غاز وشركة قطر للغاز بتشغيلها، تجعل استرجاع الهيليوم ذا جدوى اقتصادية.

مشروع هيليوم 1 Helium 1 project قامت دولة قطر بخطوتها التالية في رحلتها مع الهيليوم، وتم اعتماد مشروع هيليوم 1 وتنفيذه، وبدأ إنتاج المصنع سريعاً في أغسطس 2005م، وعلى الفور أصبحت دولة قطر تفي بما يعادل 10% من الطلب العالمي.

مشروع هيليوم 2 Helium 2 project تم توجيه الدعوات الخاصة بمناقصة مشروع هيليوم 2 في مايو 2009م، ومثلما حدث في مصنع هيليوم 1 كان التقدم سريعاً، وبدأت الأعمال الإنشائية الرئيسة في الموقع في يونيو 2011م، وأنتج المصنع باكورة إنتاجه من الهيليوم السائل بنسبة نقاء قدرها 99.999% في الرابع والعشرين من يونيو 2013م، وعندما حقق مصنع هيليوم 2 كامل قدرته الإنتاجية، جعل المصنعان معاً دولة قطر ثاني أكبر مُنتج وأكبر مُصدّر للهيليوم في العالم، ولدى دولة قطر حالياً القدرة على الوفاء بـ 25% من الطلب العالمي على الهيليوم.

مشروع هيليوم 3 Helium 3 project ستبني قطر مصنع هيليوم 3، الذي من المنتظر أن يُنتج كميات تصل إلى 400 مليون قدم مكعبة من الهيليوم السائل سنوياً في مدينة راس لفان الصناعية، ومن المتوقع أن يبدأ تشغيله مطلع عام 2018م.

التقويم 7-2

الخلاصة

- خصائص حمض الكبريتيك تجعله مركباً مهماً في المختبر وفي الصناعة.
- يُحضّر حمض الكبريتيك صناعياً بطريقة التلامس.
- يُعد حمض الكبريتيك من المكونات الأساسية للمطر الحمضي.
- حقل الشمال للغاز الطبيعي في قطر مصدر أساسي للكبريت، الذي يدخل في الكثير من الصناعات.
- تشغل قطر المرتبة الثالثة من حيث احتياطي الغاز الطبيعي في العالم.

- الفكرة الرئيسية 8. اذكر بعض الاستخدامات المهمة لحمض الكبريتيك، التي تجعله أحد أكثر المركبات المهمة التي تحرص دول العالم على إنتاجها.
9. وضح بشكل مبسّط المراحل الثلاث لتحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس.
10. استخدم الإنترنت أو مكتبة المدرسة؛ للبحث حول دور العالم المسلم جابر بن حيان في اكتشاف حمض الكبريتيك، وأثر ذلك في الصناعات الحالية التي يشهدها العالم.
11. لخص في جدول الخصائص الفيزيائية والخصائص الكيميائية لحمض الكبريتيك.
12. لماذا يفضل العلماء استخدام أكسيد الفاناديوم عاملاً حفّازاً في المرحلة الثانية من مراحل طريقة التلامس.
13. ارسم مخططاً يمثل مراحل إنتاج حمض الكبريتيك بالتلامس.

الحجر الجيري والأسمنت

Limestone and Cement

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

20.6 – 20.7

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.1.1 – 11A.4.2 – 11A.4.1

11A.3.1 – 11A.1.5 – 11A.1.8

11A.3.4

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يشرح دورة الجير في الطبيعة.
- يوضح أهمية الأسمنت في مجال الإنشاءات.
- يشرح الخطوات الرئيسة لتحويل الحجر الجيري إلى جير حي وجير مطفأ.
- يوضح طريقة العناية بالخرسانة بعد تشكيلها.

مراجعة المفردات

الأحافير: بقايا نباتات أو حيوانات كانت تعيش منذ آلاف أو ملايين السنين، وحُفظت بعد موتها.

الفكرة الرئيسة يُعد الحجر الجيري من أهم الخامات المعدنية التي تدخل بوصفها مادة رئيسة أو ثانوية في كثير من المجالات الصناعية.

الربط مع الحياة تشهد دولة قطر نهضة عمرانية كبيرة خلال السنوات الماضية جعلتها من أسرع البلدان نموًا على مستوى العالم، ومنها: مشروع شبكة السكك الحديدية، ومشاريع البنية التحتية، ومدينة لوسيل، والمدينة التعليمية، ومطار الدوحة... وغيرها. ولعلك لاحظت في مواقع البناء استخدام الآلات العملاقة لرفع الأسمنت والطوب والحصى والرمل، وخلطها.

الحجر الجيري Limestone

الحجر الجيري من الصخور الرسوبية، ويتكون أساسًا من كربونات الكالسيوم (CaCO_3) في شكل أملاح الكالسيت المعدنية، انظر الشكل 22-7. وهو يتشكل غالبًا في المياه النقية، والدافئة، والضحلة. والحجر الجيري إما أن يكون من الصخور الرسوبية العضوية التي تتشكل من تراكم الأصداف أو المرجان، أو الطحالب. وإما أن يكون أيضًا من الصخور الرسوبية الكيميائية التي تُشكّل من ترسبات كربونات الكالسيوم في مياه البحيرات أو مياه المحيطات، ويعزى أصل الحجر الجيري إلى بيئة ترسيبية، فهو يتكون من بقايا كائنات مائية إما بحرية وإما نهريّة، انظر الشكل 23-7.

مكونات الحجر الجيري Composition of limestone الحجر الجيري هو صخر يحتوي على ما لا يقل عن 50% كربونات الكالسيوم على شكل كالسيت، ويحتوي أيضًا على نسبة ضئيلة من مواد أخرى، منها: جسيمات صغيرة من الكوارتز والفلسبار، والمعادن الطينية، والبيريت، والسيدريت، ومعادن أخرى. ويمكن أن يحتوي أيضًا على حبيبات كبيرة من حجر الصوان، بيريت، أو سيدريت.



الشكل 22-7 الحجر الجيري

يستخرج من صخور رسوبية، وغالبًا ما تكون عضوية أو كيميائية.

الشكل 23-7 الحجر الجيري
يستخرج من صخور رسوبية، وغالبًا ما
تحتوي على أحافير لكائنات بحرية.



محتوى كربونات الكالسيوم من الحجر الجيري يعطيه خاصية تستخدم غالبًا في تحديد أنواع الصخور، فهو ينفور عند تفاعله مع محلول بارد من حمض الهيدروكلوريك.

استخدامات الحجر الجيري Uses of limestone للحجر الجيري استخدامات متنوعة كثيرة، فيمكن أن يكون الصخر الوحيد المستخدم بطرائق متنوعة عن باقي أنواع الصخور؛ حيث يتم تحويل معظم الحجر الجيري إلى مسحوق واستخدامه ضمن مواد البناء، ويتم استخدام المسحوق بوصفه طبقة أساسية لقاعدة الطريق، والسكك الحديدية، كما يستخدم مكونًا رئيسًا في الخرسانة، ويتم تسخينه في فرن خاص مع الصخر المجروش لصنع الأسمنت.

ويستخدم الحجر الجيري أيضًا مادة مألوفة في صناعة الورق، والطلاء، والمطاط، والبلاستيك، كما يُستخدم مسحوقه حجر ترشيح في أنظمة التخلص من مياه الصرف الصحي، ويُستعمل الحجر الجيري المجفف أيضًا مادة ماصة لامتصاص الملوثات في العديد من مصانع حرق الفحم، انظر الشكل 24-7.

وتكون بعض أنواع الحجر الجيري جيّدة للاستخدامات السابقة؛ لأنها قوية وذات كثافة عالية مع عدد قليل من الفراغات المسامية، وهذه الخصائص تمكنها من مقاومة التآكل والصقيع. وعلى الرغم من أن الحجر الجيري لا يكون جيّدًا في بعض هذه الاستخدامات مثل بعض أنواع السليكات الصخرية الصلبة، إلا أنه يمتاز عن باقي الصخور بسهولة استخلاصه وتعدينه، ولا يحتاج نفس معدات التعدين والكسارات، والشاحنات لنقله.

الشكل 24-7 بعض المواد التي يدخل
في صناعتها الحجر الجيري.



غراء



صناعة الورق



الأسمنت الأبيض

دورة الجير Lime cycle تشير كلمة الجير إلى المنتجات المشتقة من الحجر الجيري، ومنها: الجير الحي، والجير المطفأ. ويوجد الحجر الجيري بصورة طبيعية وفيرة في الصخور الرسوبية التي تتكون من كميات عالية من الكالسيوم مع كميات صغيرة من المعادن الأخرى، ويُستخرج من المحاجر والمناجم تحت الأرض في جميع أنحاء العالم؛ لمعالجته واستخلاص الجير منه.

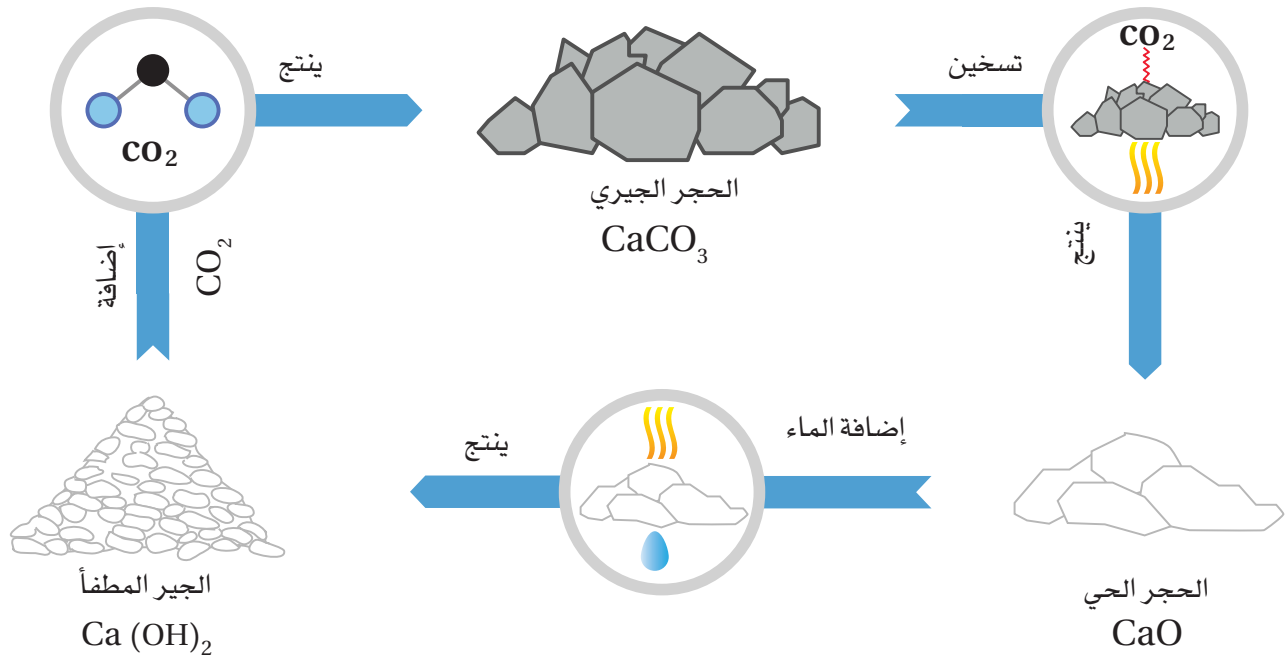
بعد معالجة الحجر الجيري، يكون للمنتجات المشتقة منه قدرة فريدة على العودة إلى الشكل الكيميائي الأصلي لها. وتتكون دورة الجير من حرق أولي للحجر الجيري لتشكيل **الجير الحي Quick lime** المعروف بأكسيد الكالسيوم CaO ، وينتج من هذه العملية ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، وعند إضافة الماء إلى الجير الحي ينتج **الجير المطفأ Slaked lime** المعروف بهيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 . وفي هذه المرحلة، يتفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي أو الناتج من العمليات الصناعية مع الجير المطفأ لتحويله مرة أخرى إلى الحجر الجيري؛ وهذا ما يسمى **دورة الجير Lime cycle**، كما في الشكل 7-25. ويمكن أن يمتد الوقت، الذي يستغرقه الجير الحي أو الجير المطفأ لكي يتحول إلى الحجر الجيري، من أقل من ساعة مع وجود عوامل مساعدة في بعض العمليات الصناعية إلى عدة سنوات إذا ترك في الظروف الجوية العادية.

المفردات الجديدة

- المطر الحمضي
- Acid rain
- الجير الحي
- Quick
- الجير المطفأ
- Slaked lime
- دورة الجير
- Lime cycle

الشكل 7-25 يوضح مخطط

دورة الجير ومراحل تكوين الجير الحي والجير المطفأ.

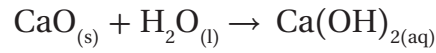


ويمكن القول إن الحجر الجيري يمرُّ بتحوّلات قبل استخدامه في الصناعة، نلخصها فيما يلي:

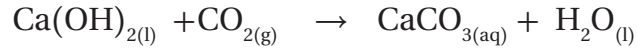
أولاً: تكوّن الجير الحي: يتم تسخين الحجر الجيري في فرن خاص يُسمى فرن الجير، تبلغ درجة حرارته حوالي 1000°C ، حيث ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون مخلّفاً كتلة هشة من الجير الحي (CaO) ذات لون أبيض رمادي، بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



ثانياً: تكوّن الجير المطفأ: يُضاف الماء إلى كتلة باردة من الجير الحي (CaO)، فيحدث تفاعل كيميائي ينتج عنه حرارة وبخار ماء، فيتلاشى البخار مخلّفاً وراءه مسحوقاً ناعماً أبيض اللون، هو الجير المطفأ Ca(OH)_2 ، بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



ثالثاً: تكوّن ماء الجير: عندما تتم إذابة الجير المطفأ كلياً في الماء ينتج عنه سائل رائق، بعد ترّكه فترة من الزمن، يسمى ماء الجير، ويُستعمل للكشف عن وجود ثاني أكسيد الكربون في أي مادة؛ لأن وجوده يعكّر ماء الجير، بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



تجربة

تحضير هيدروكسيد الكالسيوم في المختبر

يتفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء بشدة، لينتج هيدروكسيد الكالسيوم، مع تحرير كمية كبيرة من الحرارة.

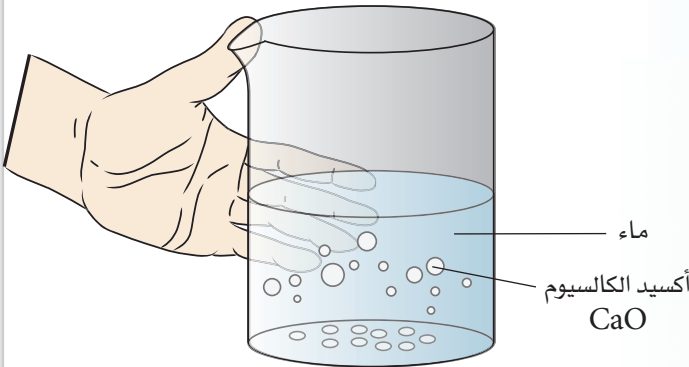


خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزوّدك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع كمية صغيرة من أكسيد الكالسيوم CaO في كأس زجاجية.
3. أضف قليلاً من الماء ببطء في الكأس، ثم لاحظ ما يحدث.
4. المس السطح الخارجي للكأس الزجاجية، كما هو موضح في الشكل. ماذا تلاحظ؟

التحليل

1. ماذا حدث في الخطوة 3 بعد إضافة الماء إلى أكسيد الكالسيوم؟ اكتب معادلة التفاعل الخاصة بالتجربة السابقة.
2. هل التفاعل الناتج عن إضافة الماء إلى أكسيد الكالسيوم طارد أم ماصّ للحرارة؟ وكيف عرفت ذلك؟



الأسمنت البورتلاندي:

ترجع تسمية الأسمنت البورتلاندي إلى تشابه هذا الأسمنت في الشكل واللون مع الحجر الطبيعي الموجود في جزيرة بورتلاند في بريطانيا.

المفردات الجديدة

• الأسمنت

• Cement

الأسمنت Cement

الأسمنت Cement مسحوق ناعم، داكن اللون، ولين، ويُصنع من خليط من العناصر المتوفرة في المواد الطبيعية، ومنها: الحجر الجيري، والطين، والرمل. وعند خلط الأسمنت مع الماء، تتكون طبقة لزجة تصبح صلبة بعد فترة من الزمن، سواء في الماء أو في الهواء. ولصناعة الأسمنت، نحن في حاجة إلى كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الجيري، والسليكا الموجودة في الطين والرمل، والألومينا (أكسيد الألومنيوم).

ويُعدُّ الكالسيوم المكون الرئيس في صناعة الأسمنت، ويمكن الحصول عليه من الحجر الجيري، بينما يمكن الحصول على السليكون من الرمل. أما الألومنيوم والحديد فالحاجة إليهما على شكل كميات صغيرة فقط، ويمكن استخراجهما من خاماتهما، ومنها: خام البوكسيت، وخام الهيماتيت.

ويجب أن يتم تخزين الأسمنت في منطقة جافة، فإذا لامست الرطوبة حبيبات المسحوق فسوف تتحول إلى كتلة صلبة بعد فترة وجيزة، ولا يمكن استخدامه فيما بعد.

نظرة تاريخية Historical perspective استخدم قدماء المصريين الجبس غير النقي المحروق، واستخدم الإغريق والرومان الجير مع الماء والرمل وفتات الحجر والطوب. وتُعدُّ هذه أقدم خرسانة عرفها التاريخ، ولكن عندما استُخدمت هذه الخرسانة تحت الماء وُجد أنها لا تتصلد، ولذا استخدم الإغريق الجير مع بقايا البراكين؛ للبناء تحت سطح الماء.

لقد بدأت صناعة الأسمنت في القرن الثامن عشر، حيث اكتشف John Smeaton أن أحسن مادة أسمنتية هي خلط تراب البراكين مع الحجر الجيري المحتوي على نسبة عالية من المواد الطينية، ويُعدُّ هذا أول أسمنت مصّنع. وتم بعد ذلك اكتشاف الأسمنت البورتلاندي في أوائل القرن التاسع عشر بواسطة العالم Joseph spin.

صناعة الأسمنت Manufacture of cement هناك طريقتان أساسيتان يتبعهما مختصو صناعة الأسمنت، هما: الطريقة الرطبة؛ حيث يتم طحن المواد الخام، وخلطها بالماء، ثم فصل الناتج المعلق ووضعه في فرن خاص. والطريقة الجافة؛ حيث يتم تجفيف المواد الخام قبل إدخالها إلى الفرن؛ أي في أثناء عملية الطحن، وبدأت هذه الطريقة في الانتشار، لتحل محل الطريقة الرطبة بشكل تدريجي؛ وذلك لما تتميز به من توفير للطاقة، ولدقتها في عملية التحكم وخلط المواد الخام دون الحاجة إلى إضافة الماء. وبشكل عام هناك أربع مراحل تمر بها عملية تصنيع الأسمنت، هي:

- **تكسير المواد وخلطها:** يتم تكسير المواد الخام المستخرجة من المحاجر، ومنها: الحجر الجيري، والسليكات بالكسارات، ثم يتم نقلها ونقلها إلى مناطق مفتوحة.
- **الطحن:** تُخلط المواد الخام بالمياه، وتستمر عملية الطحن في وجود الماء، حتى الوصول إلى درجة النعومة المطلوبة، ثم يُنقل إلى صوامع التخزين؛ لكي يصبح متجانسًا.



الشكل 26-7 الكلنكر هو المادة الأولية في صناعة الأسمنت، وتنتج من تفاعل الطين مع الحجر الجيري في ظروف خاصة.

• **الفرن:** يتم سحب الخليط إلى فرن خاص يسمى الفرن الدوار Rotary Kiln؛ وهو فرن أسطواني طويل، تصل درجة حرارته إلى 1400°C ، مُبَطَّن من الداخل بطوب حراري، ويدور ببطء حول محور يميل قليلاً عن المستوى الأفقي؛ ليسمح بدفع محتوياته في أثناء الدوران إلى الأمام. وتولد عند الطرف الأمامي (الأسفل) من الفرن غازات احتراق عالية الحرارة تتدفق إلى الجزء الأعلى (الخلفي) من الفرن في تيار معاكس لحركة محتويات الفرن المندفعة إلى أسفل، حتى ينتج ما يسمى الكلنكر، انظر الشكل 26-7، وهي مواد أولية تُستخدم في صناعة الأسمنت، ويمكن تصدير الكلنكر أو إدخاله في المرحلة الثانية لتكوين الأسمنت.

• **الطحن النهائي والتعبئة:** يُنقل فيها الكلنكر إلى طواحين خاصة؛ حيث يُضاف إليه الجبس CaSO_4 ؛ وذلك لمنع الأسمنت من التصلب بمجرد إضافة الماء إليه، ثم يُطحن، ويُعبأ في أكياس من الورق المقوى.

مساوئ استخدام الأسمنت Disadvantages of cement تعد صناعة الأسمنت من الأساسيات التي تقوم عليها المشاريع التنموية العمرانية، ولكنها في المقابل تعد من الصناعات الملوثة للبيئة؛ لما تطرحه من مادة الكلنكر الناتجة عن الأفران، إضافة إلى غازات الاحتراق. ويؤثر غبار الأسمنت في المتعرضين له فترات طويلة؛ نظراً لاحتوائه على السليكا، التي تؤدي إلى الإصابة بالتسمم السليكي، كما يؤدي التعرض لغبار الأسمنت إلى الإصابة بأمراض الجلدية والحساسية والقرحة المعدية.

الخرسانة Concrete

يمكن تعريف الخرسانة Concrete في أبسط أشكالها أنها خليط غير متجانس من عجينة ورمل خشن وحصى (ركام)، كما في الشكل 27-7، وتتكون العجينة من الأسمنت والماء، وتغطي سطح المكونات الناعمة والخشنة للخرسانة. وتتصلب العجينة بعد فترة من الزمن، وتكتسب قوة لتشكل كتلة تشبه الصخور تُعرف باسم الخرسانة. وتعد الخرسانة من أهم مواد البناء في العصر الحديث، خصوصاً مع تدعيمها بالحديد؛ لتصبح خرسانة مسلحة. والخرسانة المسلحة؛ هي خرسانة عادية يضاف إليها الحديد، ويسمى حديد التسليح. يتم اختيار نسب المواد في الخلطة الخرسانية بحسب نوع العمل المطلوب، ومع خلط هذه المواد معاً نحصل على الخرسانة التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت.

✓ **ماذا قرأت؟** ما مكونات الخرسانة؟

الشكل 27-7 يبين أهم مكونات الخرسانة وهي: الحصى والماء والرمل والأسمنت.



خصائص الخرسانة Concrete properties للخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الأخرى، ومنها:

- مقاومتها العالية لقوى الضغط، لكنها لا تستطيع تحمّل قوى الشد العالية.
- تُظهر تماسكاً قوياً مع أسطح الحديد، الذي يتميز بمقاومته العالية لقوى الشد.
- الأسمنت يحمي الحديد من الصدأ ولا يتفاعل معه.
- تعيش الخرسانة المسلحة مدة طويلة، انظر الشكل 28-7.
- مقاومة للحشرات والديدان.
- سهولة تشكيلها وقلة تكاليف صيانتها ومعالجتها على المدى البعيد.

معالجة الخرسانة Concrete treatment تأتي معالجة الخرسانة في آخر خطوات صناعتها، وهي من أهم خطواتها؛ لذا يجب إعطاؤها القدر الكافي من العناية، والتزام إجراءاتها على أكمل وجه؛ لأنها إحدى الطرق التي تساعد على الحصول على المقاومة المطلوبة للعوامل الجوية.

إن قوة احتمال الخرسانة وتماسكها ومقاومتها لنفاذ الماء تزداد بمرور الوقت ما دامت الظروف مهيأة لاستمرار التفاعل الكيميائي بين الماء والأسمنت، وتحسن أيضاً الخصائص الأخرى للخرسانة، ومنها: مقاومتها للحرارة والبرودة وعوامل الجو المتقلبة. التحسن الذي يطرأ على خصائص الخرسانة يكون سريعاً في الفترة الأولى من إعدادها، ولكنه يستمر ببطء بعد ذلك إلى أجل غير معلوم. إن المعالجة المبكرة والفعالة والمستمرة في المراحل الأولى لعمر الخرسانة أمر ضروري لتشكيل القوة والمتانة وعدم النفاذية، وتماسك حبيباتها. الشروط الأساسية التي يجب توفرها حتى يستمر التفاعل هي درجة الحرارة المناسبة، والرطوبة الملائمة؛ فارتفاع درجة الحرارة يعمل على سرعة نمو بلورات (حبيبات) الأسمنت، ومن ثمّ يكون تماسكها أقل، وحجمها أكبر مما لو كانت درجات الحرارة منخفضة؛ فتتعدد بلورات الأسمنت بشكل بطيء، ويكون حجمها صغيراً، وتتماسك



الشكل 28-7 يضاف الحديد إلى الخرسانة؛ لتزويدها بصفات تجعلها قادرة على مقاومة قوى الضغط والشد.

الشكل 29-7 يوضح أنه يجب ترطيب الخرسانة بعد صبها بكمية مناسبة من الماء وعدم غمرها به.



بشكل أفضل. أما الشرط الثاني الذي يجب توفره لاستمرار التفاعل هو الرطوبة الملائمة؛ فالخرسانة الطرية تحوي من الماء مقداراً أكثر مما يلزم لإتمام التفاعل الكيميائي للأسمنت، إلا أنه في معظم الأحوال يتبخر جزء كبير من هذا الماء بالحرارة، ولذا كان لا بد من إضافة الماء باستمرار إلى الخرسانة، وخصوصاً في الفترة الأولى من عمرها لتعويض الماء المتبخر، كما يمكن تغطية الخرسانة بأنواع من الخيش وترطيب هذا الغطاء؛ حتى يتم ضمان وجود رطوبة كافية، انظر الشكل 29-7.

✓ **ماذا قرأت؟** ما الشروط الأساسية الواجب توفرها لاستمرار تفاعل الأسمنت؟

التقويم 7-3

الخلاصة

- يتكوّن الحجر الجيري في غالبيته من كربونات الكالسيوم CaCO_3 .
- يتحول الحجر الجيري عند تسخينه إلى أكسيد الكالسيوم CaO ، الذي يُعرف بالجير الحي Quick lime.
- يتحول الجير الحي إلى هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 ، الذي يُعرف بالجير المطفأ Slaked lime، من خلال عملية تسمى إطفاء الجير الحي.
- الخرسانة خليط غير متجانس من: الحصى، والأسمنت، والرمل الخشن، والماء.
- تُستخدم الخرسانة في بناء السدود، والجسور، وناطحات السحاب، وغيرها من أعمال الإنشاء.

14. **الفكرة الرئيسية** ما الحجر الجيري؟

15. اذكر بشكل مبسّط استخدامات الحجر الجيري.

16. هل يمكن إضافة الحديد إلى الأسمنت مباشرة ليحقق المتانة المطلوبة لتشييد الأبنية؟ فسّر إجابتك.

17. استخدم الإنترنت أو مكتبة المدرسة؛ للبحث حول تاريخ صناعة الأسمنت واستخدامه، وأعدّ تقريراً باستخدام برنامج Power Point؛ لعرضه على طلاب الصف.

18. لخص في منظم تخطيطي مراحل دورة الجير، واعرضه على طلاب الصف.

19. ما خصائص الخرسانة التي تجعلها ملائمة لبناء الجسور والعمارات؟

البوليمرات Polymers

الفكرة الرئيسية البوليمرات مركبات عضوية كبيرة تؤدي دوراً أساسياً في استخدامات الحياة اليومية؛ وذلك بسبب خواصها الفريدة.

الربط مع الحياة فكّر كيف تكون حياتك مختلفة من دون أكياس الفطائر البلاستيكية، وأكواب البلاستيك، وأقمشة النايلون والبوليستر، والفينيل المستعمل في المباني، ومجموعة أخرى متنوعة من المواد الصناعية! تشترك جميع هذه المواد في شيء واحد على الأقل، وهو أنها جميعاً مصنوعة من بوليمرات.

الجزيئات العملاقة Giant molecules

تتكون المواد من وحدات متناهية الصغر تسمى الجزيئات تختلف في أحجامها، فمنها: الصغير، والمتوسط، والعملاق. إن معظم المواد العضوية، ومن ذلك: سكر العنب، وحمض الخل. وغير العضوية، ومنها: ملح الطعام، والماء، تتكون من جزيئات صغيرة مألوفة لك.

أما المواد التي تتكون من جزيئات عملاقة فهي بين يديك، وتتعامل معها، بعضها تأكله ولا تستغني عنه ومنها النشويات والبروتينات، وبعضها يُستخدم في أغراض أخرى، ومنها: البلاستيك، وأكياس النايلون.

وتشترك جميع هذه المواد في شيء واحد على الأقل، هو أن جميعها تتكون من جزيئات ضخمة يطلق عليها -كما درست سابقاً- البوليمرات. قد تكون الكتلة المولية للبوليمرات أقل من 10,000 amu، وقد تصل القيم إلى أكثر من 1,000,000 amu. فعلى سبيل المثال، تحتوي سلسلة من الطلاء غير اللاصق على نحو 400 وحدة بنائية كتلتها المولية تساوي 40,000 amu.

الكثير من الجزيئات الصغيرة الوحيدة، ومنها: جزيء سكر العنب Glucose يرتبط الواحد منها بالآخر فيكبر، ويجمع جزيئات من سكر العنب ليكونا سكر المائدة، الذي نستعمله. وتتجمع مئات الجزيئات من سكر العنب لتصبح عملاقة، وتكون جزيء النشا، أما السليولوز، الذي يشكل ألياف بعض النباتات، فهو جزيء عملاق. ومن الأمثلة الأخرى للجزيئات العملاقة التي نستخدمها، الأنواع المشتقة من النفط، التي تُستخدم في صناعة المواد البلاستيكية، وأكياس الخضراوات والنفايات، والمادة التي تُغلف بها أسلاك الكهرباء لعزلها.

ويُستخدم مصطلح البلمرة Polymerization لدلالة على عملية تكوين الجزيئات العملاقة، سواء أكانت طبيعية أم صناعية، ويسمى الجزيء الضخم الناتج بوليمر Polymer، أما الجزيء أو الجزيئات الصغيرة التي تعمل بوصفها وحدات بنائية عند تكوين الجزيئات العملاقة، فتسمى **مونومرات Monomers**، وكلا المصطلحين مشتق من اللغة اللاتينية القديمة، والبادئة Mono تعني واحداً، أما البادئة Poly فتعني عديداً أو كثيراً.

ففي هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

25.1 – 25.2 – 25.3

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11A.3.4 – 11A.4.2 – 11A.4.1

الأهداف

يتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

الأهداف

- يوضح العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة له.
- يصنف تفاعلات البلمرة إلى إضافة أو تكثف.
- يتوقع خواص البوليمر اعتماداً على التراكيب الجزيئية ووجود المجموعات الوظيفية.

مراجعة المفردات

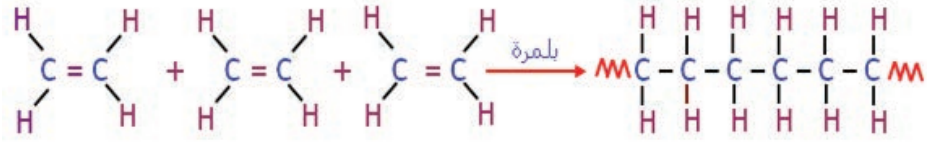
الجزيئات العملاقة: هي جزيئات تكون مواد صلبة؛ بسبب قدرتها على تكوين روابط تساهمية متعددة.

المفردات الجديدة

• مونومرات

• Monomers

الشكل 30-7 ينتج ميلمر الإيثين من خلال ارتباط جزيئات الإيثين معاً في عملية البلمرة.

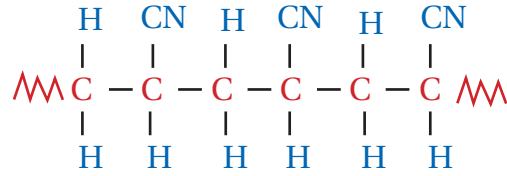


المفردات الجديدة

- البوليمرات
- Polymers
- البلمرة
- Polymerization

عندما تجتمع المونومرات معاً تُكوّن جزيئات عملاقة تسمى **البوليمرات Polymers**، وهي جزيئات ذات كتل مولية عالية، تتكون من خلال ترابط عدد كبير من الجزيئات الصغيرة في عملية تسمى **البلمرة Polymerization**، ويمكن تعريفها بأنها تفاعل كيميائي تتحد فيه أعداد كبيرة من جزيئات صغيرة تسمى مونومرات معاً لتكوّن جزيئاً عملاقاً ذا كتل مولية عالية يكون المبلمر فيها على شكل سلسلة أو متفرعاً، ومن أمثلتها ميلمر الإيثين الموضح في الشكل 30-7، ويتكون من سلسلة خطية تشبه العمود الفقري، تنفرع منها ذرات أو مركبات كما هو موضح في الشكل 31-7.

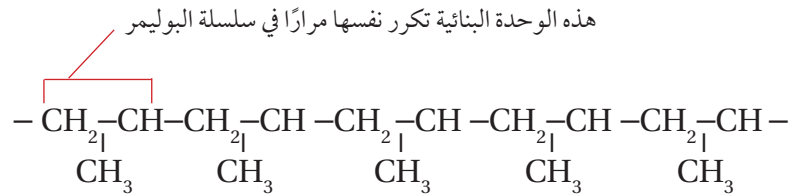
✓ **ماذا قرأت؟** ما الصيغة البنائية للمونومر الذي يدخل في تركيب جزيء الأكريلان العملاق ذي الصيغة البنائية؟



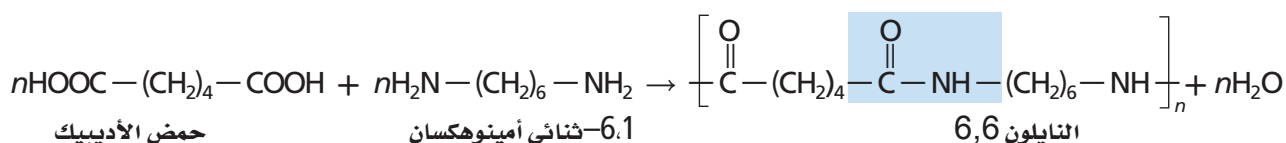
مصادر البوليمرات Polymer sources يمكن الحصول على البوليمرات من مصدرين أساسيين هما:

البوليمرات الطبيعية Natural polymers مركبات مصدرها نباتي أو حيواني، ومنها: الخشب، والقطن، والمطاط الطبيعي، والأصماغ النباتية، والصوف، والجلود، والشعر، والوبر، والحزير الطبيعي، وجميعها مركبات بوليمرية طبيعية. ومن المواد الغذائية التي تعد

الشكل 31-7 يوضح سلسلة بوليمر تتكرر فيها الوحدة البنائية بحسب نوع البوليمر.



بولي بروبيلين
Polypropylene



الشكل 33-7 يوضح أن النايلون بوليمر يتكون من خيوط رفيعة تشبه الحرير.

أو مجموعات من الذرات بالسلسلة لتحل محل ذرات الهيدروجين. وتنتج هذه البوليمرات جميعها من عملية البلمرة بالإضافة.

النايلون nylon بوليمر صناعي يُستعمل كثيرًا في الألياف المنسوجة التي تتميز بالقوة الكبيرة والصلابة والمرونة، ويمكن تشكيله على شكل ألياف منسوجة أو قوالب تُصب فيه. وتم تصنيع النايلون في الثلاثينيات من القرن الماضي عن طريق بلمرة حمض الأديبيك وسداسي ميثيلين ثنائي الأمين، وهو أحد مشتقات الأمين. والنايلون غير قابل للذوبان في الماء وفي المذيبات العضوية العادية، فهو يذوب في الفينول والكريسول، وحمض الفورميك، ودرجة انصهاره 263°C.

المفردات الجديدة

• البلمرة بالتكاثف

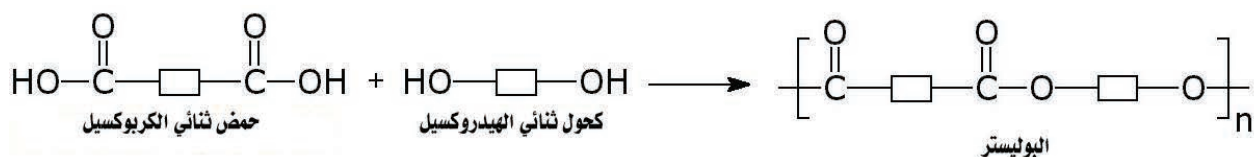
- Condensation Polymerization

البلمرة بالتكاثف Condensation polymerization تحدث البلمرة بالتكاثف

Condensation polymerization عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل تتحدان معًا، وتصبح ذلك خسارة جزيء صغير غالبًا ما يكون الماء. وقد حُضر النايلون أول مرة عام 1931م، ثم أصبح مادة شعبية؛ لأنه يمتاز بالقوة، ويمكن سحبه على شكل خيوط تشبه الحرير. و«نايلون 6,6» هو اسم أحد أنواع النايلون المصنع. ويتكون أحد المونومرات من سلسلة في نهايتها ذرة كربون ترتبط بها مجموعات كربوكسيل، كما هو مبين في الشكل 33-7. أما المونومر الآخر فهو سلسلة تحتوي على مجموعات الأمين في كلتا النهايتين. وتخضع هذه المونومرات لبلمرة التكاثف؛ حيث تكوّن مجموعات أميد $\begin{matrix} \text{O} & \text{H} \\ \parallel & | \\ -\text{C}- & \text{N}- \end{matrix}$ ترتبط بوحدات فرعية من البوليمر، كما يشير المربع المظلل في الشكل 33-7. لاحظ أنه يتم تكوين جزيء واحد من الماء مقابل كل أميد جديد يتكوّن.

ويوضح الجدول 5-7 بعض البوليمرات المحضرة بالتكاثف.

بعض البوليمرات المحضرة بالتكاثف		الجدول 5-7
المونومر	الصيغة الكيميائية	البوليمر
$\text{HO}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{COOR}')-\text{OH}$	$\text{HO}-[\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{COOR}')-\text{O}]_n-\text{H}$	بوليستر Polyester
$\text{H}_2\text{N}-\text{R}-\text{NH}-\text{CO}-\text{R}'-\text{CCO}-\text{OH}$	$\text{H}-[\text{NH}-\text{R}-\text{NH}-\text{CO}-\text{R}'-\text{CCO}]_n-\text{OH}$	بولي أميد Polyamide



الشكل 34-7 يبين أنه يمكن الحصول على البوليستر من تفاعل الكحولات ثنائية الهيدروكسيل مع الأحماض ثنائية الكربوكسيل.

Samples on polymers

أمثلة على البوليمرات

البوليستر Polyester يعد البولي إستر، أو ما يعرف بالبوليستر، أحد أنواع البوليمرات، وقد أعلن اكتشافه عام 1941 م في بريطانيا، ونتيجة لخصائصه المميزة فقد انتشر إنتاجه ليحتل مركز الصدارة في إنتاج الألياف عالمياً. ويتكون البوليستر نتيجة تفاعل تكاثف بين كل من حمض ثنائي الكربوكسيل Dicarboxylic acid وكحول ثنائي الهيدروكسيل، وتوضح المعادلة الكيميائية في الشكل 34-7 هذا التفاعل.

ومن الأمثلة على تفاعلات الإضافة، بلمرة أكسيد الإيثيلين بالإضافة:

وتمتاز ألياف البوليستر بمتانتها ومرونتها، ولكن تختلف هذه المتانة والمرونة باختلاف مقدار الشد الواقع عليها عد تصنيعها، كما أنها مقاومة جيدة للأحماض والقلويات الضعيفة حتى في درجة حرارة الغليان، ومقاومة لمعظم الأحماض والقلويات القوية في درجة الحرارة العادية، ويُستخدم البوليستر في صناعة أقمشة الملابس، والأثاث، وأغطية الفرشات، والأسرة والسجاد، وستائر النوافذ، والعلب البلاستيكية.

ويوضح الجدول 6-7 بعض البوليمرات المحضرة بالإضافة من المونومرات المناسبة لها.

مهن في الكيمياء

كيمياء البوليمرات هل تبدو لك فكرة تطوير البوليمرات وتحسينها فكرة جديدة ومُلهمة وتشكل تحدياً؟ يُطور كيميائيو البوليمرات أنواعاً جديدة، كما يطورون استعمالات أو عمليات تصنيع جديدة للطرائق القديمة.

البوليمرات الشائعة (بوليمرات إضافة)

الجدول 6-7

البوليمر	الاستعمالات	مثال	الوحدة البنائية المتكررة
بولي كلوريد الفينيل (PVC)	أنابيب بلاستيكية، وتغطية اللحوم والمفروشات، وملابس ضد المطر، وجدران المنازل، وخرطوم المياه.		$\cdots - \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & - & \text{C} \\ & \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & - & \text{C} \\ & \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \right]_n \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & - & \text{C} \\ & \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \cdots$
بولي فينيلدين كلوريد	تغليف الطعام والأقمشة.		$\cdots \left[\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{C} \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n \cdots$

الشكل 35-7 يصنع الخشب البلاستيكي من البلاستيك المعاد تدويره، ومنه زجاجات العصير، والحليب، وغيرها من نفايات البولي إيثيلين.



خصائص البوليمرات وإعادة تدويرها Properties and recycling of polymers

للبوليمرات بشكل عام خصائص عديدة، منها: سهولة تشكيلها بأشكال مختلفة، وسهولة سحبها على شكل ألياف بعضها مثل الحرير، وبعضها الآخر قوي كالفلاذ. وهناك خصائص تتميز بها بعض البوليمرات ومنها البولي إيثين؛ حيث يتميز بملامسه الشمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائياً، ورديء التوصيل للكهرباء. لماذا نستعمل العديد من البوليمرات المختلفة هذه الأيام؟ أحد الأسباب يعود إلى سهولة تحضيرها، كما أن المواد الأولية المستعملة في تحضيرها غير مكلفة، ولكن هناك أسباب أخرى أكثر أهمية تتعلق بخصائص البوليمرات نفسها؛ حيث يمكن سحب بعضها في صورة ألياف أنعم من الحرير، والبعض الآخر قوي كالفلاذ. كما أن البوليمرات غير قابلة للصدأ، والعديد منها أكثر تحملاً من المواد الطبيعية، ومن ذلك الخشب البلاستيكي الذي يظهر في الشكل 35-7؛ فهو غير قابل للتآكل، ولا يحتاج إلى إعادة طلاء.

للبوليمرات خصائص تعود مباشرة إلى تركيبها الجزيئي؛ فبولي إيثيلين مثلاً وهو سلسلة طويلة من الألكان؛ لذا فملامسه شمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائياً، ورديء التوصيل للكهرباء. وقد جعلته هذه الخصائص مثاليًا لاستعماله في أوعية حفظ الطعام، وتغليف أسلاك الكهرباء.

تدوير البوليمرات Polymers recycle تُشتق المواد الأولية المستعملة في تصنيع معظم البوليمرات من الوقود الأحفوري. ولأن الوقود الأحفوري مهدد بالنفاد فقد أصبحت عملية تدوير البلاستيك أكثر أهمية، فإعادة التدوير وشراء السلع المصنوعة



PETE
بولي إيثيلين
رباعي فثالات



HDPE
بولي إيثيلين
عالي الكثافة



V
فينيل



LDPE
بولي إيثيلين
منخفض الكثافة



PP
بولي بروبيلين



PS
بولي ستايرين



مواد بلاستيكية
أخرى

من البلاستيك المعاد تدويره تقلل من حجم استعمال الوقود الأحفوري، وبذلك نحافظ على هذا النوع من الوقود، انظر الشكل 36-7.

وتعد عملية إعادة تدوير هذه المواد صعبة إلى حد ما؛ نظرًا إلى العدد الكبير من البوليمرات المختلفة الموجودة في هذه المنتجات؛ ولذا لا بد من فرز المواد البلاستيكية وفقًا لمكونات البوليمر قبل إعادة استعمالها. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة؛ ولذا يتم تحسين عملية صناعة البلاستيك بتقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ولهذا فإن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في الشكل 36-7، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير المواد البلاستيكية وفرزها.

ويبين الشكل 37-7 الخط الزمني لأحداث بارزة أدت إلى عصر البوليمرات وتسلط الضوء على تطوّر صناعة البوليمرات، وعلى الرغم من أن أول بوليمر تمت صناعته عام 1909 م، إلا أن صناعة البوليمرات لم تزدهر إلا بعد الحرب العالمية الثانية.

Uses of polymers

استخدامات البوليمرات

أصبح للبوليمرات مدى واسع من التطبيقات في حياتنا تفوق أي فئة أخرى من المواد المتاحة للإنسان، ومنها: المواد اللاصقة، والطلاء، والمواد الرغوية، فاستخدامات المبلّمرات امتدت حتى إلى الأجهزة الطبية، والأجهزة الإلكترونية، والتغليف، وصناعة

الشكل 36-7 يوضح أن الرموز الموجودة على المواد البلاستيكية تساعد على إعادة تدويرها؛ لأنها تحدد مكوناتها.

الشكل 37-7 عصر البوليمرات يعمل العلماء

على فهم بنية المركبات العضوية وخصائصها: لتطوير المنتجات التي تؤثر في حياة الناس في كل مكان. وقد ساعدت إسهاماتهم على الدخول إلى عصر البوليمرات.

1865م تم تحديد تركيب البنزين، الذي أصبح الأساس في إنتاج المركبات الأروماتية.

1890

1860

1830

1907م أول بلاستيك صُنع من البوليمرات الصناعية هو الباكالايت، وقد تم تطوير صناعته. ويمتاز بمقاومته للحرارة والأحماض، وأول من صنعه الكيميائي البلجيكي ليو هندريك باكيلاند 1907م.



1840م بدأ الأطباء استعمال الإيثر بوصفه مادة مخدرة في العمليات الجراحية.





الشكل 38-7 يُعد الباكالايت من اللدائن التي تتصلب بالحرارة، ويمتاز بمقاومته للحرارة والأحماض.

المنسوجات والألياف الصناعية والمواد المركبة، والعديد من المنتجات البيولوجية والتكنولوجية، ومنها الباكالايت الموضح في الشكل 38-7، والأجهزة البصرية، كما تُستخدم في مجال الزراعة؛ لتعزيز نمو النبات وتحسين التهوية. أما في مجال الطب، فتُستخدم الكثير من الأدوات الحيوية وخصوصاً صمامات القلب، والأوعية الدموية اللازمة للعمليات الجراحية، المصنوعة من المبلمرات. وعموماً، الملابس والأوعية البلاستيكية بجميع أشكالها وأحجامها، حيث إن البوليمرات خفيفة الوزن، وأقل تكلفة من الناحية الاقتصادية. وتستخدم أيضاً في أغشية الأرضيات والأكياس. أما في مجال الصناعة ومواد التعبئة والتغليف، فتستخدم في قطع غيار السيارات، والزجاج الأمامي للطائرات الحربية والأنابيب والدبابات. وفي مجال الرياضة تُستخدم في معدات أراضي الملاعب وكرات الجولف والنوادي والمساح والخوذات الواقية.

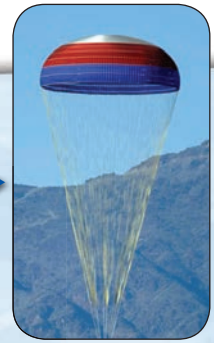
Natural polymers

البوليمرات الطبيعية

عندما نقول إن البوليمرات توجد في كل مكان فنحن نعني ذلك؛ لأن البوليمرات وُجدت في الطبيعة منذ بدء الخليقة، فجميع الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وكذلك الإنسان مخلوقة من البوليمرات، وسندرس هنا بعض البوليمرات الطبيعية من حولنا.

البوليمرات في النباتات Polymers in plants النباتات مصنوعة من بوليمر يسمى السيلولوز cellulose، وهو المادة الأساسية التي يتكون منها الخشب وساق النباتات، والسيلولوز تتكون منه الألياف، ومنها: القطن، والقنب، ويمكن بعد ذلك غزله إلى خيوط لنسج الملابس.

وكذلك فإن العديد من النباتات تصنع النشا starch ومنها: البطاطا، الذرة، الأرز والحبوب المختلفة، والنشا أيضاً من البوليمرات.



1939-1945م استعمل

النابلون خلال الحرب العالمية الثانية في صناعة المظلات، والخيام، وكذلك دخل في صناعة الملابس.

1959م تم إنتاج

الألياف اللدنة والألياف المرنة صناعياً.

2006م طوّر الباحثون ورقاً رقيقاً جداً

يقاوم الإشعاع، وهو بوليمر الكريستال - السائل المستعمل في الدوائر الكهربائية، مما جعله مفيداً في تطبيقات الفضاء.

2010

1980

1950

1988م تم إصدار أوراق نقدية مصنوعة من

البوليمرات أول مرة في العالم، صادرة عن بنك أستراليا عام 1966م. وقد استعمل جميع الأستراليين هذه العملة البلاستيكية.

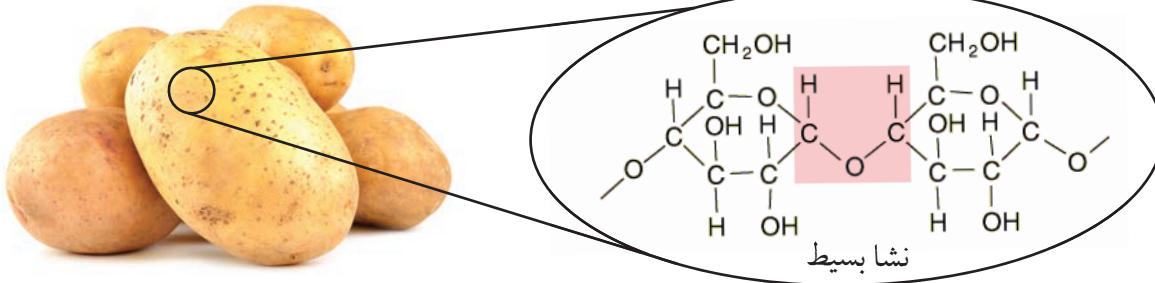


1946م تتضمن المنتجات مع الطلاء غير

اللاصق (PTFE) الخطافات، والتروس، وتجهيزات المطبخ، وقد انتشرت بشكل تجاري.

الشكل 39-7 تحتوي البطاطس على النشا

الذي يتكون من ألفا جلوكوز α - glucose.



وعلى الرغم من أن النشا والسليولوز يتكونان من جزيء السكر نفسه (الجلوكوز glucose) بوصفه وحدة بنائية، إلا أنهما يتصرفان بشكل مختلف تمامًا أحدهما عن الآخر، وذلك يرجع إلى ارتباط جزيئات السكر معًا بشكل مختلف تمامًا في كلا المركبين.

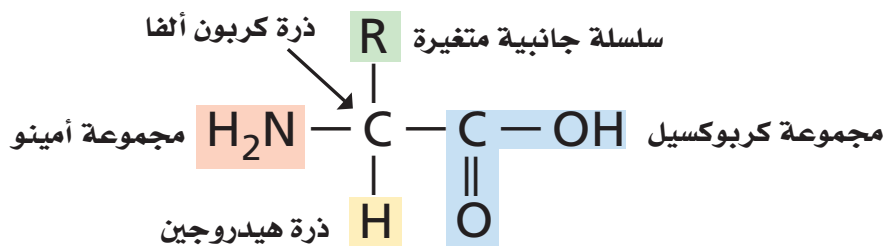
ف نجد النشا يذوب في الماء، بينما السليولوز لا يمكنه الذوبان؛ ولهذا فإننا نصنع غذاءنا من النشا، بينما نصنع ملابسنا ونبني الأشياء باستخدام السليولوز.

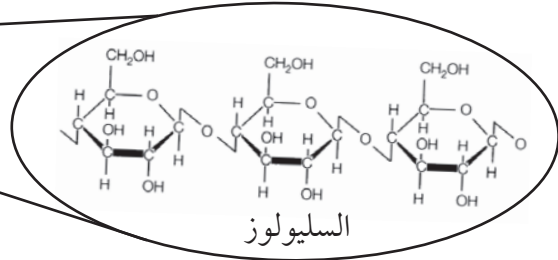
النشا Starch يتكون النشا من تكاثف أكثر من 300 وحدة من ألفا جلوكوز (α - glucose)، ويوجد النشا مخزنًا في النبات، انظر الشكل 39-7، كما أنه لا يذوب في الماء البارد، ولكن تتكون حبيبات كبيرة متماسكة عند ذوبانه في الماء الساخن.

السليولوز Cellulose أحد السكريات العديدة، يتكون من وحدات من بيتا جلوكوز (β - glucose)، وهو المركب الأساسي في الخلايا النباتية، يوجد في جميع أنسجة النباتات، والسليولوز مثل النشا هو كربوهيدرات معقدة ويتم الحصول على سليولوز القطن من ألياف القطن، انظر الشكل 40-7.

البوليمرات في الكائنات الحية Polymers in organisms

البروتين Protein تدخل البروتينات في تركيب جميع الخلايا الحية، وتعد الأحماض الأمينية amino acids الوحدات البنائية الأساسية للبروتينات، وتحتوي الصيغة العامة للأحماض الأمينية على مجموعة حمضية هي مجموعة الكربوكسيل (COOH)، ومجموعة قاعدية هي مجموعة الأمينو (NH_2)، وكلتا المجموعتين متصلتان في الغالب بذرة الكربون نفسها المسماة ذرة كربون ألفا (α)؛ ولذا تُسمَّى أحماضًا أمينية من نوع ألفا (α).





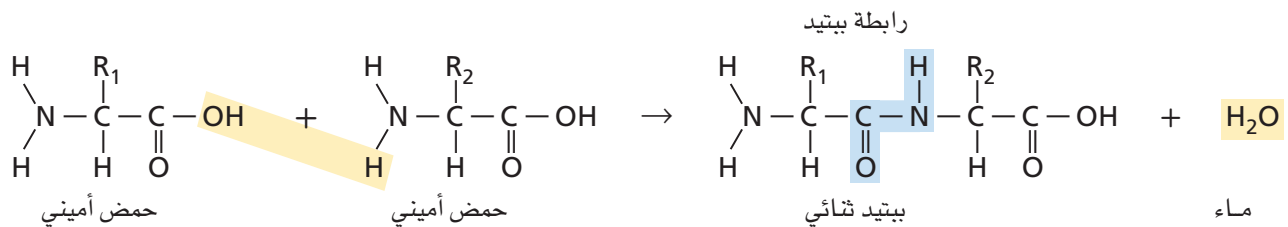
الشكل 40-7 تحتوي الخلايا النباتية على مركب كربوهيدراتي معقد يسمى السليولوز.

ويوجد حوالي عشرين نوعاً من الأحماض الأمينية من نوع ألفا في جميع أنواع البروتينات، وتختلف فيما بينها في المجموعة R. وتترابط الأحماض الأمينية معاً بسلاسل طويلة تسمى السلاسل الببتيدية (peptides)، مكونة البروتينات المختلفة، وذلك بواسطة روابط ببتيدية (peptide bond)، انظر الشكل 41-7.

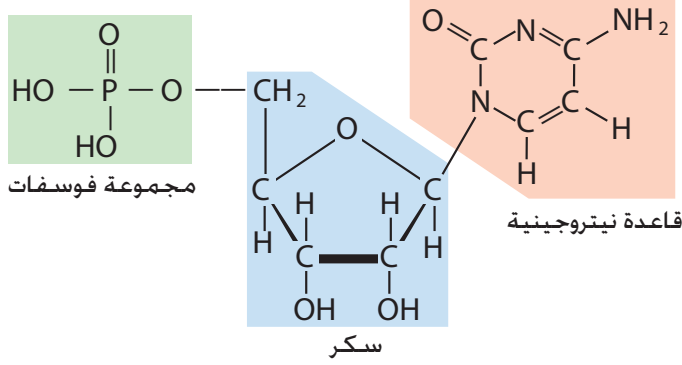
The biological role of protein الدور الحيوي للبروتين

- تشارك البروتينات في عمليات البناء والهدم في الخلية.
- تساهم في حماية الجسم من غزو البكتيريا.
- نقل المواد في الجسم كما في هيموجلوبين الدم.
- تكوين العضلات والشعر والأظافر.
- بعضها إنزيمات تعمل كمعامل مساعدة تمكن الخلايا الحية من إتمام أعداد كبيرة من التفاعلات الكيميائية بسرعة ودقة. ومن أمثلتها إنزيم الببسين وإنزيم التربستين اللذان يساعدان في هضم البروتينات في الغذاء لتزويد الجسم بالأحماض الأمينية التي يحتاجها لتكوين ما يلزمه من البروتينات.
- بعضها هرمونات مثل هرمون الأنسولين الذي يعمل على تنظيم نسبة السكر في الدم.

الشكل 41-7 ترتبط مجموعة الأمين لأحد الحمضين الأميين بمجموعة الكربوكسيل لحمض أميني آخر لتكوين ببتيد ثنائي وماء. والمجموعة العضوية الوظيفية التي تتكون تسمى رابطة ببتيد.



الشكل 42-7 النيوكليوتيدات وحدات البناء الأساسية التي تتكون منها بوليمرات الأحماض النووية.



يحتوي كل نيوكليوتيد على قاعدة تحتوي على نيتروجين وسكر خماسي ومجموعة فوسفات.

الأحماض النووية DNA و RNA يسمى الحمض النووي أحياناً «خطط الحياة»؛ لأنه يحتوي على رمز أو تعليمات بناء الأعضاء وضمّان وظائفها، وتتكون الأحماض النووية DNA و RNA من سلاسل من وحدات كيميائية تسمى النيكلوتيدات nucleotides، ويتكون كل نيوكليوتيد من ثلاثة مكونات رئيسية، انظر الشكل 42-7.

1. جزيء سكر خماسي (مثل: سكر الرايبوز).

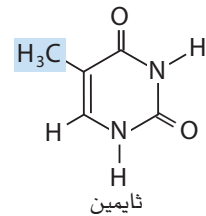
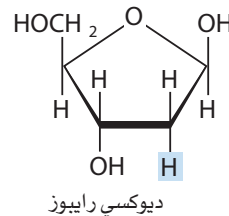
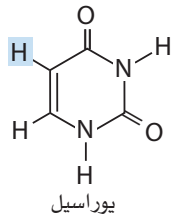
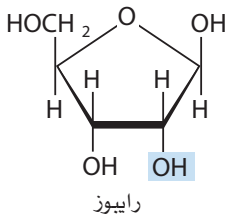
2. مجموعة من الفوسفات.

3. قاعدة نيتروجينية، وتتكون القواعد النيتروجينية من: بيورينات و بيرمدينات.

ويختلف تركيب النيوكليوتيدات بعضها عن بعض بناء على نوع القاعدة النيتروجينية الموجودة فيها، وجزيء السكر. وتتكون سلسلة الحمض النووي DNA من ارتباط مجموعة من الفوسفات في كل نيوكليوتيد بسكر الرايبوز المنقوص الأكسجين في النيوكليوتيد، انظر الشكل 43-7. وتمثّل سلسلة القواعد النيتروجينية في جزيء DNA مخزون المعلومات الوراثية، ويسمى ترتيبها الشفرة الوراثية، التي تميّز الكائنات الحية بعضها عن بعض.

الشكل 43-7 يختلف DNA و RNA من حيث مكوناتهما؛ فالتركيبان عن اليمين موجودان في DNA، أما التركيبان عن اليسار فموجودان في RNA.

حدّد اختلافين في تركيب RNA و DNA.

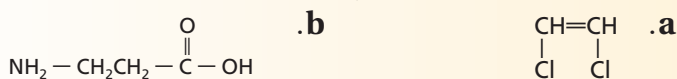


التقويم 7-4

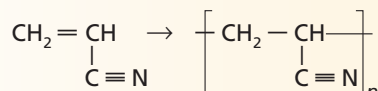
الخلاصة

- البوليمرات جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تدعى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خصائص البوليمر.

20. **الفكرة الرئيسية** ارسم الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتها a. الإضافة، و b. التكثف.

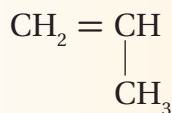


21. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثفًا. فسّر إجابتك.



22. حدّد تعرّض البوليمرات الصناعية في كثير من الأحيان الكثير من المواد الطبيعية، ومنها: الحجر، والخشب، والمعادن، والصوف، والقطن، في العديد من التطبيقات. حدد بعض مزايا استعمالات المواد الصناعية، وعبّوها بدلاً من المواد الطبيعية.

23. توقّع الخصائص الفيزيائية للبوليمر الذي يُصنّع من المونومر أدناه، متناولاً بعض خصائصه ومنها: الذوبان في الماء، والتوصيل الكهربائي، والملمس، والنشاط الكيميائي.



المستخدمة في عمليات الطبخ والقلي بسهولة تنظيفها، وعدم التصاق الأطعمة بسطحها، ومنها الأرز والخضراوات المحضرة فيها، وهذا النوع من الأواني لا يحتاج إلى وجود زيت لمنع التصاق الأطعمة بسطحها.

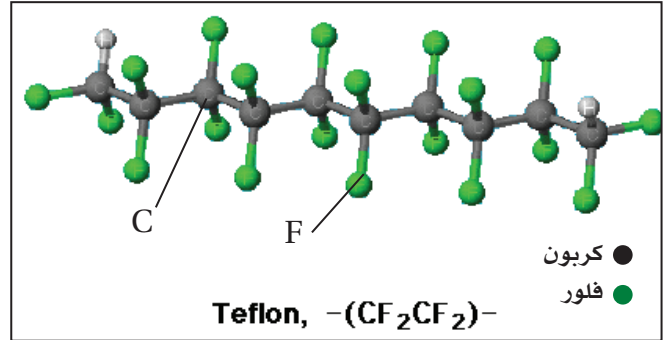
عيوب التفلون Teflon is advantage بعد الاستعمال المتكرر للأوعية المصنوعة من التفلون، وخصوصاً الأدوات المعدنية المستخدمة في تحريك الطعام، تبدأ طبقة التفلون بالتآكل، ويتلوث الطعام بمكونات التفلون. ويُنصح باستخدام الملاعق الخشبية ناعمة السطح تجنباً لحدوث خدش في سطح الوعاء، ويجب إضافة قليل من الزيت عند وضع هذه الأواني فوق اللهب، وذلك لتلافي ظاهرة التحلل الحراري للتفلون، مع ضرورة عدم رفع درجة الحرارة بشكل كبير. وعندما أجرى العلماء تجاربهم على الفئران التي تتعرض لهذه المادة، وجدوا أنها تصاب بأنواع مختلفة من الأمراض الضارة والخطرة على صحة الإنسان فيما لو تعرض لها أيضاً؛ لذا يُفضل رمي هذه الأوعية عند تعرّضها للخدش.



التيفلون Teflon

انتشر استعمال البوليمرات على نطاق واسع في جميع مجالات الحياة، وأصبح لها فرع مستقل من فروع علم الكيمياء، يُسمى علم البوليمر "Polymer Science"؛ ومن ضمن هذه البوليمرات، البوليمرات الفلورية، التي تعتمد على وجود الفلور في المركب، ومن أهمها مركب التيفلون.

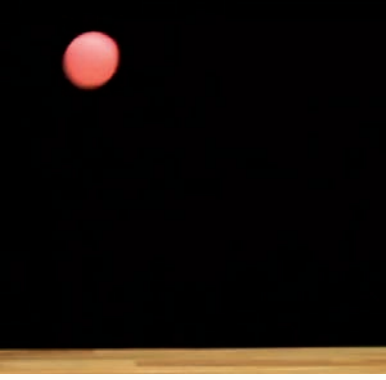
ما التيفلون؟ What Teflon is? التيفلون أو التيفال كما يسميه الكثير من الناس هو الاسم التجاري لبوليمر رباعي فلورو إيثيلين $-(CF_2CF_2)-$ ، ويُستخدم عادة في صناعة أواني القلي والطبخ، التي لا تلتصق بها الأغذية وغيرها. ويتربك التيفلون من سلسلة من ذرات الكربون كغيره من البوليمرات، وهو سلسلة كربونية محاطة بذرات الفلور، وتكون الرابطة بين الكربون والفلور قوية جداً بحيث تكون ذرات الفلور حجاباً واقياً لسلسلة ذرات الكربون.



خصائص التفلون Teflon properties يتميز تركيب التيفلون ببعض الصفات الفريدة، ومنها: صفة الانزلاق الشديد لسطحه، ونعومه ملمسه، فلا يلتصق به شيء مهما ارتفعت درجة الحرارة، وهو مُركَّب خامل ضد تأثير معظم الكيماويات الحمضية والقلوية عند ملامستها له، ولا يؤثر في مكونات الطعام، ولا يتأثر بها، وهو مركب غير سام للإنسان عند دخول كميات صغيرة منه إلى الجهاز الهضمي نتيجة تكسره أو تقشره بسبب سوء الاستخدام، ولكن يجب استشارة الطبيب عند دخول كمية كبيرة منه إلى المعدة، وتتصف أواني التيفلون

مختبر الكيمياء

الكرة النطاطة



المعرفة السابقة: ربما تعرف الكرات المطاطية المرتدة. كانت الكرات المطاطية في الأصل تُصنع من المطاط الطبيعي، ثم أصبحت تُصنع من المواد البلاستيكية وغيرها من المواد الكيميائية ومنها البوليمرات.

السؤال كيف يمكن صناعة كرة نطاطة؟

المواد والأدوات اللازمة

- البوركس (المستخدم في مواد التنظيف)
- ماء دافئ
- نشا الذرة
- غراء أبيض
- ملعقة فلزية
- ملونات الطعام
- قفازات
- كأسان زجاجيتان

إجراءات السلامة

تحذير: ارتدِ القفازات في أثناء العمل.

خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع ملعقة صغيرة من الماء الدافئ إلى الكأسين الزجاجيتين.
3. أضف القليل من البوراكس في الكأس الزجاجية الأولى مع التحريك.

4. ضع ملعقة صغيرة من الغراء الأبيض في الكأس الزجاجية الثانية، ويمكنك إضافة ملون الطعام مع التحريك.
5. أضف نصف ملعقة من البوراكس إلى الكأس الثانية ثم أضف ملعقة من النشا إلى المزيج.
6. اترك المادة مدة 10 min، وحرك المزيج، حتى يصبح أكثر كثافة ولا يلتصق بالملعقة في أثناء التحريك.
7. البس القفازين وأمسك بالعجينة المتكونة واصنع منها كرة، واتركها حتى تجف، ثم حاول رميها على الأرض، ولاحظ ما يحدث.
8. **التنظيف والتخلص من النفايات.** تخلّص من المواد المستعملة بحسب توجيه معلمك، ثم أعد الأدوات في أماكنها المخصصة لها، ولا تترك مكانك قبل تنظيفه.

التحليل والاستنتاج

1. هل تختلف الكرة التي قمت بصناعتها عن الكرة النطاطة المصنوعة من البوليمرات؟

الاستقصاء

صمّم. استخدم المعلومات في التجربة السابقة كي تصمّم تجربة تستكشف فيها أثر تغيير نسب مكونات المواد على مرونة الكرة.



دليل مراجعة الوحدة

7

الوحدة

الفكرة العامة تدخل الكيمياء في الكثير من العمليات الصناعية المستخدمة في صناعة مواد جديدة ومرتبطة بمجالات الحياة اليومية.

7-1 صناعة الأمونيا Manufacture of ammonia

المفاهيم الرئيسية

- يُستخدم النيتروجين في كثير من الصناعات، ومنها صناعة الأمونيا وحمض النيتريك.
- يمكن تحضير الأمونيا في الصناعة بطريقة هابر-بوش، وذلك بتفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين.
- التفاعل بين غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين تفاعل انعكاسي.
- يمكن تحضير الأمونيا في وجود عامل حفّاز (Fe)، وتحت ضغط ودرجات حرارة عالية.
- يمكن الحصول على حمض النيتريك بأكسدة غاز الأمونيا بطريقة أوستفالد.

الفكرة الرئيسية يُعدّ الأمونيا أحد أهم مركبات النيتروجين، وهو المادة الرئيسة في صناعة معظم الأسمدة النيتروجينية.

المفردات

- طريقة هابر-بوش
- طريقة أوستفالد
- أكسدة الأمونيا
- Haber-Bosch process
- Oswald process
- Oxidation of ammonia

7-2 صناعة حمض الكبريتيك Manufacture of sulphuric acid

المفاهيم الرئيسية

- خصائص حمض الكبريتيك تجعله مركباً مهماً في المختبر وفي الصناعة.
- يتم تحضير حمض الكبريتيك صناعياً بطريقة التلامس.
- يُعدّ حمض الكبريتيك من المكونات الأساسية للمطر الحمضي.
- حقل الغاز الطبيعي في قطر مصدر أساسي للكبريت الذي يدخل في الكثير من الصناعات.
- تشغل قطر المرتبة الثالثة من حيث احتياطي الغاز الطبيعي في العالم.

الفكرة الرئيسية يتميز حمض الكبريتيك بخصائص تجعله مركباً كيميائياً مهماً في المختبر وفي الصناعة.

المفردات

- طريقة التلامس
- المطر الحمضي
- Contact process
- Acid rain

7-3 الحجر الجيري والأسمنت Lime stone and cement

المفاهيم الرئيسية

- يُعدُّ الحجر الجيري مصدرًا رئيسًا للعديد من الصناعات الكيميائية والزراعية المهمة.
- يتكوّن الحجر الجيري في غالبية من كربونات الكالسيوم CaCO_3 .
- يتحول الحجر الجيري عند احتراقه إلى أكسيد الكالسيوم CaO الذي يُعرف بالجير الحي Quick lime.
- يتحول الجير الحي إلى هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 الذي يُعرف بالجير المطفأ Slaked lime، من خلال عملية تسمى إطفاء الجير الحي.
- تُعدّ صناعة الأسمنت من الصناعات المهمة.
- تُستخدم الخرسانة في بناء السدود والجسور وناطحات السحاب، وغيرها من أعمال الإنشاء.

الفكرة الرئيسية يُعدُّ الحجر الجيري مصدرًا رئيسًا للعديد من الصناعات الكيميائية والزراعية المهمة.

المفردات

- الحجر الجيري
- الجير الحي
- الجير المطفأ
- الأسمنت
- الخرسانة
- Limestone
- Quick lime
- Slaked lime
- Cement
- Concrete

7-4 البوليمرات Polymers

المفاهيم الرئيسية

- البوليمرات مركبات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تسمى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

الفكرة الرئيسية البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

المفردات

- البوليمرات
- المونومرات
- تفاعلات البلمرة
- البلمرة بالإضافة
- البلمرة بالتكاثف
- Polymers
- monomers
- Polymerization reaction
- Addition polymerization
- Condensation polymerization

7-1

إتقان المفاهيم

26. ما دور العامل الحفّاز في إنتاج كمية أكبر من غاز الأمونيا بطريقة هابر؟

27. ما الهدف من تجربة النافورة؟

28. ما المادة الناتجة من عملية أوستفالد؟

29. ما العامل الحفّاز المستخدم في عملية أوستفالد؟

30. ما المواد الخام تدخل في تحضير حمض النيتريك؟

31. اكتب معادلة التفاعل لأكسدة الأمونيا في عملية أوستفالد.

32. كيف يمكن الكشف عن غاز الأمونيا عملياً باستخدام ورق تباع الشمس؟

إتقان حل المسائل

33. كيف يتم إنتاج حمض النيتريك؟

34. اكتب معادلة كيميائية موزونة لإنتاج حمض النيتريك.

35. لخص في جدول الخواص الفيزيائية والكيميائية للأمونيا.

36. فسّر. ما تأثير ملامسة حمض النيتريك في الجلد؟

37. عند تحضير حمض النيتريك، لماذا يستخدم العلماء أوعية زجاجية فقط، ولا يستخدمون أوعية من البلاستيك أو الأغشية المطاطية؟

7-2

إتقان المفاهيم

38. صف باختصار طريقة تحضير حمض الكبريتيك.

39. من ابتكر هذه الطريقة وطورها.

40. ما المقصود بالمطر الحمضي؟

41. اذكر بعض الآثار التي يسببها المطر الحمضي بالنسبة للنباتات، والمباني الحجرية.

24. من خلال دراستك لصناعة الأمونيا، أجب عن الأسئلة التالية:

a. الأمونيا مادة كيميائية لها أهمية صناعية كبيرة في الكثير من العمليات الكيميائية. اذكر استخدامين لها.

b. ما اسم الطريقة التي يتم من خلالها تحضير الأمونيا صناعياً؟

c. ما المواد التي تدخل في إنتاج الأمونيا؟

d. ما العامل الحفّاز المستخدم في هذه العملية؟

e. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

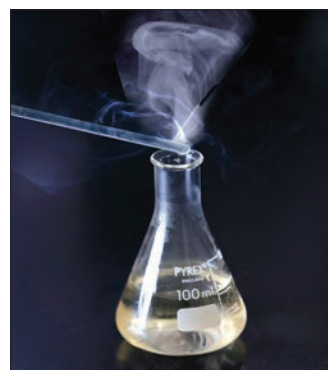
f. ما درجة الحرارة والضغط اللذين يفضل استخدامهما في هذه العملية؟

g. علام يدل السهم المزدوج في معادلة تحضير الأمونيا؟

h. من أين يتم الحصول على الهيدروجين اللازم لإنتاج الأمونيا في الصناعة؟

i. اذكر الناتج والعامل الحفّاز ودرجة الحرارة المطلوبة لإتمام طريقة أوستفالد في تحضير حمض النيتريك.

استعن بالشكل 7-44 للإجابة عن السؤال 25.



الشكل 7-44

25. فسّر. عند إمرار غاز الأمونيا على ساق زجاجية مبللة بحمض الهيدروكلوريك، تتكون سحب بيضاء.

7 تقويم الوحدة

56. اكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل الذي يحدث بين حمض الكبريتيك المركز وثالث أكسيد الكبريت.

7-3

إتقان المفاهيم

استعن بالشكل 7-46 الذي يوضح الحجر الجيري للإجابة عن الأسئلة 57 إلى 61.



الشكل 7-46

57. ما نوع الصخور التي ينتمي إليها الحجر الجيري؟

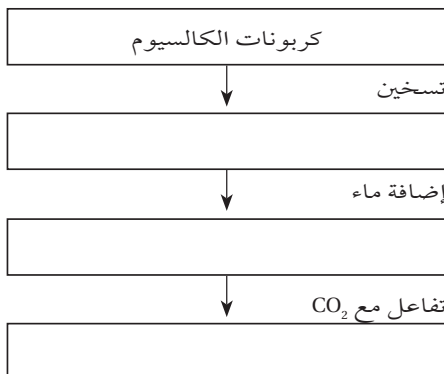
58. ما مكونات الحجر الجيري؟

59. اذكر استخدامين للحجر الجيري.

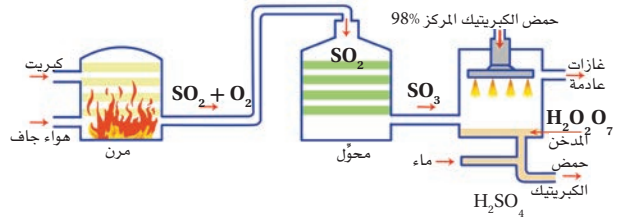
60. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتحويل الجير الحي إلى جير مُطفأ.

61. يحتوي الحجر الجيري على كربونات الكالسيوم CaCO_3 .

ويوضح المخطط التالي تحولات الحجر الجيري. اكتب اسم مركبات الكالسيوم الصحيحة في كل فراغ لملء المخطط التالي:



استعن بالشكل 7-45 للإجابة عن الأسئلة من 42 إلى 53.



الشكل 7-45

42. ما اسم العملية التي يتم من خلالها إنتاج حمض الكبريتيك؟

43. اذكر اسم أكسيد الكبريت الذي يتفاعل مع الماء لِيُنتج حمض الكبريتيك.

44. اكتب المعادلة الكيميائية التي تدل على التفاعل السابق.

45. ما الشروط الثلاث الواجب توافرها في العملية السابقة لزيادة معدل تحول SO_2 إلى SO_3 .

46. اذكر بعض استخدامات حمض الكبريتيك.

47. ما اسم المادة الخام التي تستخدم في تحضير حمض الكبريتيك؟

48. كيف يمكن تحضير حمض الكبريتيك صناعيًا بعملية التلامس؟

49. ما مصدر المادة الخام في دولة قطر؟

50. خلال عملية التلامس، يتم تحويل SO_3 إلى حمض الكبريتيك في مرحلتين. لماذا لا يتفاعل SO_3 مع الماء مباشرة لتكوين H_2SO_4 ؟

51. ما العامل الحفّاز المستخدم في تحضير حمض الكبريتيك؟

52. ما درجة الحرارة المثلى في المرحلة الثانية من تفاعل تحضير حمض الكبريتيك؟

53. لماذا لا تُستخدم درجات حرارة أعلى من ذلك؟

إتقان حل المسائل

54. كيف يمكنك الحصول على غاز ثاني أكسيد الكبريت من الكبريت؟

55. اكتب معادلة التفاعل للسؤال السابق.



تقويم الوحدة

إتقان حل المسائل

62. اكتب الاسم الشائع والصيغة الكيميائية لكل مركب من مركبات الكالسيوم في السؤال 56.
63. اذكر المراحل التي تمر بها صناعة الأسمنت.
64. ما الفرق بين مكونات الأسمنت والخرسانة؟
65. ما الدور الذي يقوم به الماء في الخرسانة؟
66. فسر. تمتاز بلورات الخرسانة التي يتم ترطيبها بشكل منتظم بأنها أكثر قوة وتماسكاً مما لو تم ترطيبها بشكل غير منتظم.
67. اذكر خواص الأسمنت من حيث سرعة التصلب وقوة تماسك حبيباته.

7-4

إتقان المفاهيم

68. اذكر بعض البوليمرات التي تستخدمها يومياً؟
69. اشرح الفرق بين عمليتي البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثف.
70. تصنيع البوليمر ما المونومرات التي يلزم أن تتفاعل لإنتاج كل من البوليمرات الآتية؟
- a. بولي إيثيلين
- b. بولي بروين
- c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

71. سمِّ البوليمرات الناتجة عن المونومرات الآتية:



72. ما سبب اختلاف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبوليمرات؟

إتقان حل المسائل

73. لخص في جدول أنواع البوليمرات الطبيعية التي تمت دراستها في الوحدة.
74. ما الوحدة الرئيسة لبوليمر البروتين؟ اكتب الصيغة البنائية له.
75. اذكر الدور الحيوي الذي يقوم به البروتين في جسم الإنسان.
76. ادرس الصيغ البنائية للبوليمرات الواردة في الجدول 5-7، ثم قرر هل تنتج البوليمرات التالية عن عملية بلمرة بالإضافة أم بلمرة التكثف:
- a. النايلون
- b. البوليستر
77. ما المقصود بالمونمر والبوليمر؟ أعط أمثلة.

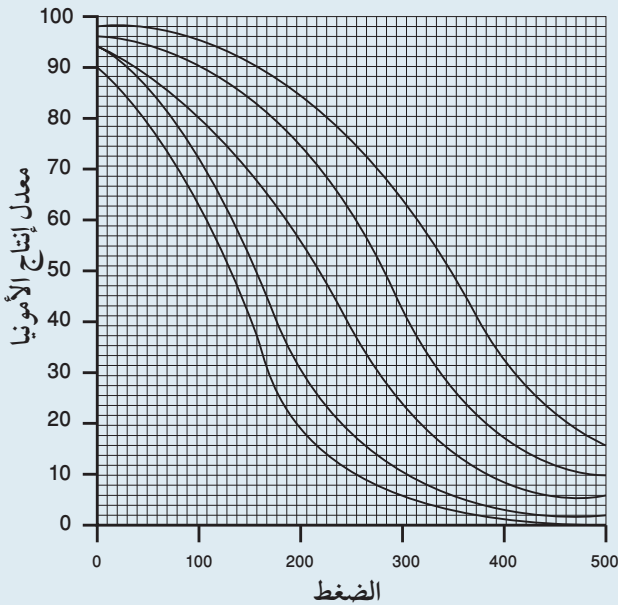
مراجعة عامة

78. قارن في جدول بين الأمونيا وحمض النيتريك وحمض الكبريتيك من حيث استخدامات كل منها.
79. اذكر بعض الحلول التي من شأنها التغلب على مشكلة المطر الحمضي.
80. اذكر بعض استخدامات حمض الكبريتيك في الصناعة.
81. كيف يمكن تحضير حمض النيتريك في الصناعة؟
82. اكتب معادلة تحضير غاز الأمونيا في المختبر.

التفكير الناقد

83. التربة. تواجه بعض المزارعين - أحياناً - مشكلة عدم نمو النباتات، أو موتها، فيلجؤون إلى إضافة هيدروكسيد الكالسيوم إلى التربة. ما السبب في ذلك؟
84. مهندسو الأبنية. يقوم المهندسون بوضع كميات محددة لتحضير الخرسانة اللازمة لبناء الأبنية المختلفة، سواء أكانت أبراجاً أم بيوتاً. كيف يمكن لمهندسي الأبنية زيادة قوة الخرسانة ومتانتها؟

7 تقويم الوحدة



- a. من خلال دراستك السابقة لطاقة التنشيط، ما أهمية وجود عامل حفّاز في التفاعل السابق؟
- b. فسّر سبب ازدياد معدل التفاعل عند زيادة درجة الحرارة من خلال معرفتك لموضوع الكيمياء الحركية والحرارية.
- c. اذكر ثلاثة عوامل يمكن من خلالها زيادة معدل إنتاج الأمونيا.

مسألة تحفيز

85. ارسم الصيغة البنائية للبوليمرات المتكونة من زوجي المونيمرات التالية، على أن تكون السلسلة متكونة من وحدتين رئيسيتين فقط:

- a. $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$
 $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- b. $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$
 $\text{HOOC}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{COOH}$

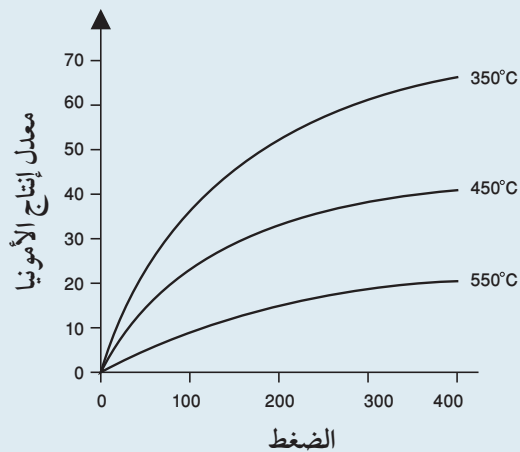
التقويم الإضافي

الكتابة في الكيمياء

86. الحرب العالمية الأولى. استخدم الألمان طريقة هابر في تحضير الأمونيا قبل بدء الحرب العالمية الأولى بسنوات قليلة، وكان يُعتقد أن هذه الحرب يمكن أن تنتهي مبكرًا لو لم تُكتشف هذه الطريقة. فسّر ذلك.

أسئلة المستندات

87. ادرس الرسمين البيانيين التاليين والمتعلقان بعلاقة درجة الحرارة والضغط مع معدل إنتاج الأمونيا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليهما:



أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما المعادلة الكيميائية الموزونة التي تمثل تفاعل النيتروجين والهيدروجين في طريقة هابر؟
 - a. $N_2 + H_2 \rightarrow 2NH_3$
 - b. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons NH_3$
 - c. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
 - d. $N_2 + H_2 \rightleftharpoons NH_3$
2. أي الغازات التالية تدخل في عملية تكوين حمض الكبريتيك عند تأكسدها مع أكسجين الهواء الجوّي؟
 - a. NH_3
 - b. NO_2
 - c. SO_2
 - d. O_2
3. ما الغاز الناتج عند احتراق الكبريت في الجو؟
 - a. SO
 - b. S_2O
 - c. SO_2
 - d. SO_3
4. يمثل التسلسل التالي عملية تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس. ادرسه جيّداً، ثم أجب عن السؤالين 4 و5:

$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7 \rightarrow H_2SO_4$$
 ما العامل الحفّاز المستخدم في هذه العملية؟
 - a. Ni
 - b. Pt
 - c. V_2O_5
 - d. Fe
5. لماذا يجب عدم إذابة ثالث أكسيد الكبريت الناتج من طريقة التلامس في الماء مباشرة؟
 - a. لأنه يذوب في الماء وينتج محلولاً شديد السُميّة.
 - b. لأنه لا يذوب في الماء.
 - c. لأنه يُنتج ضباباً من حمض الكبريتيك لا يمكن التحكم فيه أو تجميعه.
 - d. لأنه لا يتفاعل مع الماء.
6. ما المادة التي يُنتجها أكسيد الكالسيوم عند ذوبانه في الماء؟
 - a. ماء الجير
 - b. الكلنكر
 - c. الجير الحيّ
 - d. الحجر الجيري
7. ما العملية التي لا يُستخدم فيها حمض الكبريتيك؟
 - a. صناعة الدهان الأبيض.
 - b. صناعة الأسمدة.
 - c. صناعة سائل تنظيف الزجاج.
 - d. صناعة الصابون.
8. ما مصدر الكبريت المُستخدم في تحضير حمض الكبريتيك؟
 - a. النفط الخام والغاز الطبيعي.
 - b. نواتج صناعة الأمونيا.
 - c. ماء البحر.
 - d. الهواء الجوي.
9. ما الاسم الكيميائي للحجر الجيري؟
 - a. Calcium carbide
 - b. Calcium carbonate
 - c. Sodium carbonate
 - d. Sodium chloride

أسئلة الإجابات المفتوحة

19. الماء ضروري لتحضير الخرسانة، ولكنه في الوقت نفسه يمكن أن يكون ضارًا بها. اشرح هذه العبارة.
20. تخيل حدوث تسرب لحمض النيتريك المركّز في أحد معامل تحضير الحمض في بلدتك، وطلب منك تصميم نشرة إعلانية تقدّم فيها النصّح للناس حول أهم القضايا الصحية التي تهّم المواطنين. اذكر أهم النقاط التي يمكن أن تتحدث فيها للناس حول هذا الموضوع.
21. ناقش من خلال مجموعتك: هل أنت مع أو ضد قيام دول العالم بتصنيع أسلحة الدمار الشامل؟
22. ابحث في الإنترنت عن دور دولة قطر في حظر الأسلحة الكيميائية، واكتب تقريرًا بذلك، ثم اعرضه على زملائك في الصف، مع ربطه بموضوعات درستها في الوحدة.
23. كيف يمكن تصنيف البوليمرات بناءً على التركيب الكيميائي؟

10. أيّ المواد التالية يتفاعل معها أكسيد الكالسيوم لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم؟

- | | |
|-----------|-----------|
| a. H_2 | c. CO_2 |
| b. H_2O | d. O_2 |

11. ماذا تسمى الجزيئات الكبيرة التي تحتوي على وحدات بنائية متكررة؟

- | | |
|-------------|-------------------|
| a. مونيمرات | c. عديدة الببتيد |
| b. بوليمرات | d. عديدة الإثيلين |

12. ما الاسم الذي أطلق على أول بلاستيك صناعي؟

- | | |
|---------------|-------------|
| a. الباكالايت | c. البونستر |
| b. النايلون | d. سيلولويد |

13. ما العامل الحفّاز المستخدم في صناعة الأمونيا بطريقة هابر؟

- | |
|-------------------------|
| a. البلاتين |
| b. الحديد |
| c. الذهب |
| d. خامس أكسيد الفانديوم |

أسئلة الإجابات القصيرة

14. اشرح بشكل مبسط ما يحدث في المرحلة الثالثة من صناعة حمض النيتريك مع كتابة معادلة التفاعل.
15. ما المقصود بعملية البلمرة؟
16. كيف يمكن الكشف عمليًا عن غاز النشادر (الأمونيا)؟
17. اذكر بعض استخدامات الأمونيا وحمض النيتريك.
18. كيف يمكن استخدام الأمونيا بوصفها سمادًا للتربة؟

(١)

الأحماض الأمينية Amino acids أحماض عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.

الأحماض الدهنية Fatty acids أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة. وتحتوي معظم الأحماض الدهنية الطبيعية ما بين 12 و 24 ذرة كربون، ويمكن تمثيل تركيبها بالصيغة $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$.

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic acids مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل.

الاختزال Reduction اكتساب ذرات المادة للإلكترونات.

الإسترات Esters مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الإستر، وتدخل في صناعة العطور، والصيغة العامة لها RCOOR .

الأسمنت Cement مسحوق ناعم داكن اللون ولين، له خواص تماسكية وتلاصقية في وجود الماء.

الأكسدة Oxidation فقدان ذرة المادة للإلكترونات.

الألدهيدات Aldehydes مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO ؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين.

الألكانات Alkanes وهي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون المشبعة بالهيدروجين، ولها الصيغة العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

الألكانات الحلقية Cyclo alkanes عبارة عن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط.

الإلكترونات غير المتمركزة Delocalized electrons الإلكترونات التي تتوزع بانتظام بين ذرات الكربون في المركب العضوي في حالة وجود الروابط التساهمية الثنائية، بحيث تشترك جميع الذرات بهذه الإلكترونات، كما هو الحال في حلقة البنزين.

الألكينات Alkenes الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون.

الأميدات Amides مركبات عضوية تتصلب فيها مجموعة الكربونيل بذرة نيتروجين، وتتصلب ذرة النيتروجين بذرة هيدروجين أو شق هيدروكربوني أو أكثر، وتُعد من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية.

الأمينات Amines مركبات تحتوي على مجموعة الأمينو NH_2 في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة $R.NH_2$.

الأنود Anode القطب الذي يحدث عنده تفاعل الأكسدة، ويسمى المصعد ويحمل إشارة سالبة.

(ب)

البطاريات الأولية Primary batteries البطاريات التي تنتج طاقة كهربائية من تفاعل الأكسدة والاختزال، ولا يمكن إعادة شحنها.

البطاريات الثانوية Secondary batteries البطاريات التي تعتمد على تفاعل الأكسدة والاختزال العكسي، ويمكن إعادة شحنها.

بطاريات نيكل-كادميوم Nickel-cadmium batteries بطاريات ثانوية تتكون من النيكل عند الكاثود، والمسحوق الكادميوم عند الأنود، وهي قابلة للشحن.

البلمرة Polymerization تفاعل كيميائي تتحد فيه أعداد كبيرة من جزيئات صغيرة تسمى مونوميرات.

البلمرة بالإضافة Addition polymerization عملية إضافة مونوميرات من النوع نفسه، تمامًا كما في تفاعلات الإضافة.

البلمرة بالتكاثف Condensation Polymerization تحدث عندما تحتوي المونوميرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل، ويتحرر جزء صغير من الماء.

البوليمرات Polymers جزيئات عملاقة ذات كتل مولية عالية، تتكون من ترابط عدد كبير من الجزيئات الصغيرة.

(ت)

التحلل المائي Hydrolysis التفاعل مع الماء، ويحدث هذا عادة عندما تتفاعل الاسترات مع الماء أو محلول حمض مخفف مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl.

التصبن Saponification تميّه الجليسيريد الثلاثي مع وجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلاّت (الصابون)، والجليسرول.

تفاعل الأكسدة والاختزال Redox reaction التفاعل الذي تنتقل فيه الإلكترونات من ذرة إلى أخرى، وهما عمليتان متلازمتان.

تفاعل التكاثف Condensation reaction تفاعل كيميائي يحدث فيه اتحاد بين جزيئين بحيث يكون الناتج جزيء أكبر، وذلك بشكل مترافق مع فقدان جزيء أصغر، وغالبًا ما يكون الجزيء المفقود من تفاعل التكاثف هو الماء، ولكن هناك جزيئات صغيرة أخرى تنتج عن تفاعلات التكاثف مثل كلوريد الهيدروجين أو الميثانول.

تفاعلات الاستبدال Substitution reactions التفاعلات التي تحل فيها ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب.

تفاعلات الحذف Elimination reactions هي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون، وغالبًا ما تكون الذرات المحذوفة جزيئات مستقرة، مثل H_2O ، H_2 ، أو HCl .

تفاعلات حذف الهيدروجين Elimination reactions of hydrogen التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الألكان.

تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic reactions وهي التفاعلات التي يصاحبها انطلاق (انبعاث) كمية من الحرارة.

تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic reactions وهي التفاعلات التي يصاحبها امتصاص كمية من الحرارة من الوسط الخارجي.

التقطير التجزيئي Fractional distillation عملية فيزيائية تتضمن تبخير النفط عند درجة الغليان، ثم فصل المشتقات أو المكونات المختلفة في أثناء تكثفها عند درجات حرارة متباينة.

التكسير الحفزي Catalytic cracking العملية التي يتم فيها تحويل المكونات الثقيلة للنفط إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية. وتحدث عملية التكسير الحفزي عند غياب الأكسجين، ووجود عامل حفّاز.

تلقائي Spontaneous تفاعل تتم فيه عملية الأكسدة والاختزال دون حاجة لوجود مصدر خارجي للطاقة عندما تكون قيمة جهد الخلية موجبة.

(ج)

جهد الاختزال Reduction potential مدى قابلية المادة لاكتساب الإلكترونات.

جهد الخلية القياسي Standard cell potential الفرق بين جهد الاختزال القياسي لنصف خلية الاختزال (الكاثود) مطروحاً منه جهد الاختزال القياسي لنصف خلية التأكسد (الأنود).

الجير الحي Quick lime أكسيد الكالسيوم CaO الذي ينتج من تسخين الحجر الجيري.

الجير المطفأ Slaked lime هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 الذي ينتج عند إضافة الماء إلى الجير الحي.

(خ)

الخرسانة Concrete خليط غير متجانس من الحصى والأسمنت والرمل والماء.

الخلايا الجلفانية Galvanic cells خلايا تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية؛ نتيجة لحدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال المنفصلين.

الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical cells خلايا تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، أو العكس، نتيجة لحدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال.

خلايا وقود الهيدروجين Hydrogen fuel cell خلايا كهروكيميائية، تنتج الطاقة الكهربائية من التفاعل الكيميائي باستخدام الهيدروجين والأكسجين؛ بحيث تحدث عملية أكسدة الهيدروجين، وعملية اختزال للأكسجين.

خلية التحليل الكهربائي Electrolytic cell خلية كهروكيميائية يحدث فيها التحليل الكهربائي.

الخلية الجافة Dry cell خلية جلفانية يكون فيها المحلول الموصل للتيار عبارة عن عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وأكسيد المنجنيز IV وكلوريد الأمونيوم وكمية قليلة من الماء داخل حاوية من الخارصين التي تمثل الأنود في الخلية.

خلية الوقود Fuel cell خلية جلفانية، تنتج طاقة كهربائية عند تأكسد الوقود.

(د)

الدهون Fats جزيئات عضوية كبيرة غير قطبية، وغير قابلة للذوبان في الماء. وتؤدي وظيفتين رئيسيتين في المخلوقات الحية؛ تخزين الطاقة بشكل فعال، وتكون معظم تركيب الأغشية الخلوية، كما أنها تختلف عن البروتينات والكربوهيدرات في أنها ليست بوليمرات ذات وحدات بناء أساسية متكررة.

الدوران الضوئي Optical rotation التأثير الناتج عن إمرار الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي، بحيث يدور مستوى الاستقطاب إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L.

دورة الجير Lime cycle المراحل التي يمر بها الحجر الجيري في أثناء تحوله من الجير الحي إلى الجير المطفأ وبالعكس.

(س)

السلسلة الرئيسية Main chain أطول سلسلة كربونية متصلة، ومستمرة يتم اعتمادها عند تسمية الألكانات المتفرعة.

السلسلة المتماثلة Homologous chain سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة المتماثلة. ولهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة كما في الألكانات.

(ص)

الصخور المخزنة للنفط Reservoir rocks الصخور الرسوبية التي تحتوي بين مساماتها على المخزونات البترولية.

الصيغ المكثفة Condensed formula طريقة لكتابة صيغ المركبات العضوية بحيث لا تظهر تفرعات ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون، وتحذف الخطوط التي تمثل الروابط بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

(ط)

طريقة التلامس Contact process الطريقة التي يتم فيها إنتاج حمض الكبريتيك.

طريقة أوستفالد Ostwald process الطريقة التي يتم فيها أكسدة الأمونيا إلى حمض النيتريك، في وجود عامل مساعد.

طريقة عدد التأكسد Oxidation number method مجموع الزيادة في عدد التأكسد مساوياً لمجموع الانخفاض في أعداد التأكسد للذرات المشتركة في التفاعل.

طريقة هابر - بوش Haber - Bosch process الطريقة الرئيسة لإنتاج الأمونيا مباشرة من الهيدروجين والنيتروجين.

(ع)

العامل المختزل Reduction agent المادة التي يحدث لها عملية أكسدة، أي تفقد إلكترونات.

العامل المؤكسد Oxidation agent المادة التي يحدث لها عملية اختزال، أي تكتسب إلكترونات.

عدد التأكسد Oxidation number الشحنة الكهربائية التي تظهر على ذرة العنصر نتيجة فقدان أو اكتساب الإلكترونات خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

(ق)

القطب Electrode قطعة فلزية توصل بالإلكترونات من محلول نصف الخلية وإليه، ومغموسة في محلول يحتوي على أيونات.

قطب الهيدروجين القياسي Standard hydrogen electrode قطب يتكون من شريحة صغيرة من البلاتين مغموسة في محلول حمض الهيدروكلوريك الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين.

القنطرة الملحية Salt bridge ممر لنقل الأيونات من جهة لأخرى في الخلايا الكهروكيميائية.

القوة الدافعة الكهربائية Electromotive force القوة المسؤولة عن دفع الإلكترونات للحركة، وتنشأ عن وجود فرق في الجهد الكهربائي بين القطبين، وتعرف بجهد الخلية.

(ك)

الكاثود Cathode القطب الذي يحدث عنده تفاعل الاختزال، ويسمى المهبط ويحمل إشار موجبة.

الكاره للماء Hydrophobic الجزء من المركب العضوي الذي لا يجذب إلى الماء.

الكحول الأولي 1° Primary alcohol الكحول الذي ترتبط فيه ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH، والتي تسمى الكاربينول بمجموعة ألكيل واحدة فقط.

الكحول الثالثي 3° Tertiary alcohol الكحول الذي ترتبط فيه ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH بثلاث مجموعات ألكيل، قد تكون متماثلة أو مختلفة.

الكحول الثانوي 2° Secondary alcohols الكحول الذي ترتبط فيه ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH بمجموعتي ألكيل، قد يكونا متماثلتين أو مختلفتين.

- الكحولات Alcohols** المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل OH محل ذرة هيدروجين.
- الكيتونات Ketones** مركبات عضوية ترتبط فيها مجموعة الكربونيل مع الكربون في وسط السلسلة (وسطية) بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة (طرفية).
- الكيرالية Chirality** الخاصية التي يوجد فيها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى.
- الكيمياء العضوية Organic chemistry** أحد فروع علم الكيمياء الذي يبحث في بنية وخصائص، وتفاعلات المركبات والمواد العضوية، أي المواد التي تحتوي على عنصر الكربون.

(م)

- المتشكلات Isomers** عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية، أي تختلف في ترتيب الذرات في جزيئاتها.
- المتشكلات البنائية Structural isomers** مركبات عضوية لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف.
- المتشكلات الضوئية Optical isomers** متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة، والموجودة على ذرة الكربون نفسها، ولها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية.
- المتشكلات الفراغية Stereoisomers** مركبات عضوية ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).
- المتشكلات الهندسية Geometrical isomers** المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية.
- مجموعة الكربونيل Carbonyl group** المجموعة الوظيفية التي ترتبط فيها ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون، وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكيتونات.
- المجموعة الوظيفية Functional group** هي الجزء الفعّال في المركب العضوي، الذي تجري عليه معظم التفاعلات الكيميائية، ويحدد الكثير من الخواص الفيزيائية للمركب.
- المحب للماء Hydrophilic** الجزء من المركب العضوي الذي ينجذب للماء.
- المركبات الأروماتية (العطرية) Aromatic compounds** المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءاً من بنائها.

المركبات الأليفاتية Aliphatic compounds عبارة عن الهيدروكربونات ذات السلاسل المفتوحة، مثل الألكانات، والألكينات والألكاينات. وكلمة أليفاتي (Aliphatic) يونانية الأصل، وتعني الدهن.

المطر الحمضي Acid rain خليط من بخار الماء الموجود في الجو مع أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين.

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical equation هي معادلة تتضمن الصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحرارة التفاعل.

المونومرات Monomers جزيئات صغيرة تعمل كوحدات بنائية عند تكوين الجزيئات العملاقة من البوليمرات.

(ن)

النيتريلات Nitriles مركبات عضوية تحتوي المجموعة CN، وعادة ما تعرف هذه المجموعة باسم السيانيد.

(هـ)

هاليدات الأسيل Acyl halides مركبات كيميائية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية عن طريق استبدال مجموعة هيدروكسيل OH- بمجموعة هاليد. وتحتوي هاليدات الأسيل على مجموعة COX- كمجموعة وظيفية، والتي تتألف من مجموعة كربونيل، مرتبطة برابطة تساهمية أحادية مع ذرة هالوجين. ويمكن كتابة الصيغة العامة لهاليدات الأسيل بالشكل RCOX.

هاليدات الألكيل Alkyl halides وتسمى أيضًا الألكانات الهالوجينية Haloalkanes، وهي عبارة عن ألكانات تحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتوجد الهالوجينات الأربع الأولى - الفلور والكلور والبروم واليود - في العديد من المركبات العضوية.

الهلعنة Halogenation حالة الألكانات عندما تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين.

الهيدروكربون الحلقي Cyclo hydrocarbon المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية. ويستخدم المقطع حلقي (Cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي.

الهيدروكربون المشبع Saturated hydrocarbon الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط.

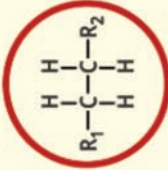
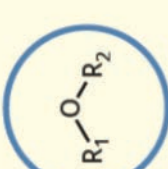
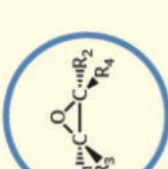
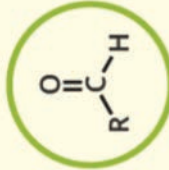
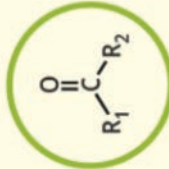
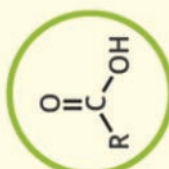
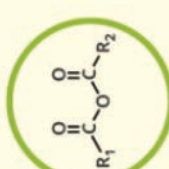
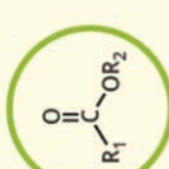
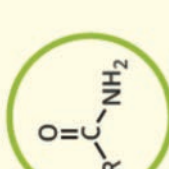
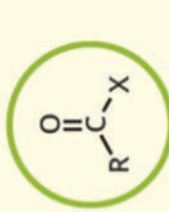
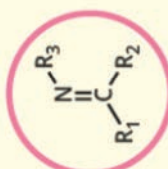
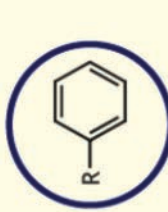
الهيدروكربون غير المشبع Unsaturated hydrocarbon الهيدروكربون الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل.

الهيدروكربونات Hydrocarbons المركبات العضوية التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط، وتعد أبسط المركبات العضوية.

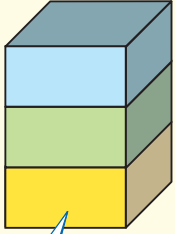
رموز الأمن والسلامة في المختبر

			
قفازات واقية Hand protection	نظارة واقية Eye safety	سطح ساخن Thermal safety	مواد قابلة للانفجار Explosive
			
خطر الكهرباء Electrical hazard	مواد مهيجة Harmful / Irritant	ملوثات حيوية Biological hazards	مواد قابلة للاشتعال Flammable
			
إسعافات أولية First aid	غاسلة عيون Eye wash station	طفاية حريق Fire extinguisher	مواد مشعة Radioactive safety
			
أجسام حادة Sharp objects safety	مواد سامة Poison safety	مواد مؤكسدة Oxidizer	مواد آكلة Corrosive
			
أشعة ليزر Laser beam	معطف مختبر Lab. coat	مخاطر بيئية Ecological hazards	مواد مسرطنة Carcinogenic

ملخص المجموعات الوظيفية في المركبات العضوية وأسماؤها

HYDROCARBONS	SIMPLE OXYGEN HETEROATOMICS	HALOGEN HETEROATOMICS	CARBONYL COMPOUNDS	NITROGEN-BASED	SULFUR-BASED	AROMATIC
 ALKANE Naming: -ane e.g. ethane	 ALKENE Naming: -ene e.g. ethene	 ALKYNE Naming: -yne e.g. ethyne	 ALCOHOL Naming: -ol e.g. ethanol	 ETHER Naming: -oxy -ane e.g. methoxyethane	 EPOXIDE Naming: -ene oxide e.g. ethene oxide	 HALOALKANE Naming: halo- e.g. chloroethane
 ALDEHYDE Naming: -al e.g. ethanal	 KETONE Naming: -one e.g. propanone	 CARBOXYLIC ACID Naming: -oic acid e.g. ethanoic acid	 ACID ANHYDRIDE Naming: -oic anhydride e.g. ethanoic anhydride	 ESTER Naming: -yl -oate e.g. ethyl ethanoate	 AMIDE Naming: -amide e.g. ethanamide	 ACYL HALIDE Naming: -oyl halide e.g. ethanoyl chloride
 AMINE Naming: -amine e.g. ethanamine	 NITRILE Naming: -nitrile e.g. ethanenitrile	 IMINE Naming: -imine e.g. ethanimine	 ISOCYANATE Naming: -yl isocyanate e.g. ethyl isocyanate	 AZO COMPOUND Naming: -azo- e.g. azoethane	 THIOL Naming: -thiol e.g. methanethiol	 ARENE Naming: -yl benzene e.g. ethyl benzene

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزاً أو شبه فلز أو لافلز.

10			11	12	13	14	15	16	17	18
Nickel 28 Ni 58.693			Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Aluminum 13 Al 26.982	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
Palladium 46 Pd 106.42			Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Gallium 31 Ga 69.723	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
Platinum 78 Pt 195.078			Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Indium 49 In 114.818	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Argon 18 Ar 39.948
Darmstadtium 110 Ds (269)			Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn (277)	Thallium 81 Tl 204.383	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Krypton 36 Kr 83.798
Americium 95 Am (243)			Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Lead 82 Pb 207.2	Antimony 51 Sb 121.760	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Xenon 54 Xe 131.293
Europium 63 Eu 151.964			Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Nihonium 113 Nh (278)	Flerovium 114 Fl (289)	Moscovium 115 Mc (288)	Livermorium 116 Lv (298)	Tennessine 117 Ts (293)	Radon 86 Rn (222)
Oganesson 118 Og (294)										

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

جداول مرجعية

جداول مرجعية

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



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

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

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

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

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

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

التصويبات

[illegible]

الكيمياء

أعدّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة

حازم محمد الخطيب

د. مصطفى حسن مصطفى

التحرير اللغوي

أحمد رمضان علي

محمد مصطفى الكشك

تصميم الغلاف

أحمد بن محمد الحبشي

إعداد الصور

أنس بن عبدالعزيز محمد الفراج

متعب بن عبدالعزيز محمد الفراج

منصور بن محمد عبدالله الفينسان

Original Title

Glencoe Science

CHEMISTRY

MATTER CHANGE

By

Thandi Buthelezi, PhD

Cheryl Wistrom, PhD

Laurel Dingrando

Nicholas Hainen

Dinah Zike

العبيكان
Obékan

مراجعة وتنقيح: لجان وفرق وطنية

الطبعة التجريبية للعام الأكاديمي 1437 هـ - 2016 م

www.edu.gov.qa

www.qatscience.net