



الكيمياء

الصف الحادي عشر

تأسيسي

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 • حُمَاتِنَا 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 وأبناؤها.

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.

الرؤوس التسعة : ترمز إلى أن دولة قطر هي

العضو التاسع في الإمارات

المتصالحة من دول الخليج العربية.



علم دولة قطر

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.

وتستشرف 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 للأسهام في بناء مجتمعهم وتقدمه، 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 تدار 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.

http://www.gsdp.gov.qa/portal/page/portal/GSDP_AR

الأمانة العامة للتخطيط التنموي

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 اهتماماً خاصاً 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 يتضمن 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 سابقاً.

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 3

10..... الكيمياء الحرارية

12..... 3-1 تغيرات الطاقة

22..... 3-2 التغير في المحتوى الحراري

32..... 3-3 طاقة الرابطة

42..... تقويم الوحدة

46..... اختبار مقنن

الوحدة 4

48..... الهيدروكربونات

50..... 4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

58..... 4-2 الألكانات والألكينات

74..... 4-3 مشتكلات الهيدروكربونات

80..... 4-4 النفط

90..... تقويم الوحدة

94..... اختبار مقنن

الوحدة 5

96..... مشتقات الهيدروكربونات وتفاعلاتها

98..... 5-1 الألكانات الهالوجينية

104..... 5-2 الكحولات والأمينات

114..... 5-3 مركبات الكربونيل

128..... تقويم الوحدة

132..... اختبار مقنن

134..... المصطلحات

139..... جداول مرجعية



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 رئيسية** تدعم الفكرة العامة.

الكيمياء الحرارية

Thermochemistry

3

رقم الوحدة: 11FC.3

الفكرة العامة تتضمن التفاعلات الكيميائية عادة الحرارة أو تطلقها.

3-1 تغيرات الطاقة
Energy changes
الفكرة الرئيسية الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من صورة إلى أخرى.

3-2 التغير في المحتوى الحراري
Enthalpy change
الفكرة الرئيسية المحتوى الحراري للمادة ينتج عن مجموع طاقة الإلكترونات في المدارات وطاقة الروابط الكيميائية بالإضافة إلى طاقة التجاذب بين الذرات.

3-3 طاقة الرابطة
Bond energy
الفكرة الرئيسية كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين ذرتين تساوي كمية الطاقة الناتجة من تكوين الرابطة بينهما.

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

كيف تعمل كمادة باردة؟
تستعمل الكبريتات الباردة الكيميائية لتخفيف الألم الناتج عن الإصابات، إذ تحتوي الكبريتات على مركبين منفصلين؛ عند اتحادهما معاً يحدث امتصاص للحرارة، مما المركب الذي يكون أفضل كمادة باردة كيميائية؟

خطوات العمل

- اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
- أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
- استعمل محلولاً مبرداً لثلث 15 ml من الماء المقطر إلى كل أنبوب من أنابيب الاختبار الثلاثة.
- استعمل مقياس درجة حرارة غير زئبقي لقياس درجة حرارة الماء المقطر، ثم سجل درجة الحرارة الأولية للماء في جدول البيانات.
- استعمل الميزان لقياس 1.0 g من نترات البوتاسيوم وKNO₃ وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1. تخففر: أبعاد جميع المواد الكيميائية المستعملة في هذه التجربة عن مصادر الحرارة.
- حرك الخليط جيداً، وسجل درجة حرارة المحلول.
- أعد الخطوات 4 و 5 مستعملاً كلوريد الكالسيوم CaCl₂ ونترات الأمونيوم NH₄NO₃ بدلاً من استخدام نترات البوتاسيوم وKNO₃.

تحليل النتائج

- حلل واستنتج أي المواد الكيميائية الثلاث المستعملة في التجربة تعد الأفضل لعمل كمادة كيميائية باردة؟
 - صفا استملاً أفضل لإحدى المادتين الأخريين المستعملتين في التجربة.
- استقصاء: ابحث عن تعديل يمكنك أن تعمله في خطوات العمل بحيث يزيد التغير في درجة الحرارة.

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.

3-1

تغيرات الطاقة

Energy changes

الفكرة الرئيسية قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائماً.
الربط مع الحياة حل راقبت يوماً العربة الأفعوانية وهي تنتقل صعوداً ونزولاً على سكة؟ وهل جربت ركوبها؟ إن طاقة العربة تتغير في كل مرة تصعد فيها أو تنزل.

المتن **الديناميكا الحرارية Thermo Dynamics** تراقب التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث في بيتنا وفي الكون عمومًا بتغيرات في الطاقة، والأمثلة على ذلك كثيرة، فمن نأكل للحصول على الطاقة ونحرق الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة الكهربائية، ولتشغيل المصانع ووسائل المواصلات ولتدفئة المنازل. ولكي نقوم بتبريد كأس من الماء نضع فيه مكعبات من الثلج، ونستخدم الطاقة الكهربائية لتشغيل الماء إلى هيدروجين وأكسجين، انظر الشكل 3-1.
فعد تكوين الماء من عنصريه ينتج طاقة حرارية وسغل، ولا شك أننا نذكر أن السغل ينتج عندما تؤثر القوة على جسم ما وتحركه مسافة ما.
بدأت دراسة الكيمياء الحرارية في القرن الثامن عشر الميلادي في أثناء الثورة الصناعية من أجل زيادة كفاءة وفعالية الآلة البخارية التي يُؤرخ بها هذه الثورة. ونتيجة هذه الدراسات عُرفت ووُضعت قوانين علمية وعلاقات رياضية مبنية على التجارب والظواهر البيئية، وطبقت على الآلات والأدوات الصناعية وأسهمت في كل مجالات التقدم العلمي والصناعي، فلا غرو أن فرع الديناميكا الحرارية هو من الفروع الهامة ليس فقط في علم الكيمياء بل بكافة فروع العلوم الطبيعية والعلوم الهندسية.
ويعزّف **الطاقة Energy** بأنها القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وتوجد عمومًا في صورة طاقة وضع أو طاقة حركة. وتسمى الطاقة التي تعتمد على تركيب جسم ما أو

معايير الأداء الرئيسية
17.1 – 17.2 – 17.3

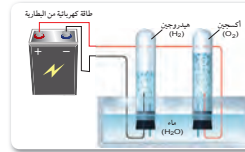
معايير البحث والاستقصاء العلمي
11F.18 – 11F.21 – 11F.34

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:
• يفسّر بين التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة لها.
• يعبّر التغير في المحتوى الحراري للاداء، وطاقة التنشيط.
• يرسم منحنيات سير التفاعل.
• يحدد تأثير العامل المساعد على طاقة التنشيط.

مراجعة المفردات
الطاقة المخزنة في مادة نتيجة تركيبها.

المفردات الجديدة
• الطاقة
• Energy



الشكل 3-1 تحتاج إلى الطاقة الكهربائية لتشغيل جهاز كهروكيميائي لتفكيك جزيئات الماء إلى عنصريه الهيدروجين والأكسجين.

12

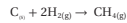
الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًا إلى حل مسائل تدريبية في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.

مهارات القراءة

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

مثال 3-6

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية عند تكوّن (CH_4) عن عناصره الأولية في الظروف القياسية، ينطلق 4.675 kJ. فاحسب حرارة التكوين القياسية للميثان.



تحليل المسألة

لديك معادلة والمطلوب أن تحسب التغير في المحتوى الحراري. يمكن استعمال العلاقة الرياضية:

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{products}) - \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{reactants})$$

المطلوب

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = ? \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(H_2) = 0.0 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(C) = 0.0 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(CH_4) = -75 \text{ kJ}$$

حساب المطلوب

استعمل العلاقة الرياضية:

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{products}) - \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{reactants})$$

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = [\Delta H_f^{\circ}(CH_4)] - [\Delta H_f^{\circ}(C) + (2)\Delta H_f^{\circ}(H_2)]$$

عوض عن المواد الناتجة بـ CH_4 وعن المواد المتفاعلة بـ H_2 و C واضرب H_2 في 2

$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = [(-75 \text{ kJ}) - [(0.0 \text{ kJ}) + (2)(0.0 \text{ kJ})]]$$

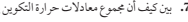
$$\Delta H_{rxn}^{\circ} = -75 \text{ kJ/mol}$$

تقويم الإجابة

القيمة التي تم حسابها هي القيمة المطلوبة في الجدول 3-2 نفسها.

مسائل تدريبية

7. بين كيف أن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات الآتية، دون البحث عن قيم ΔH واستعمالها في الحل.



8. تخفّض. استعن بالجدول 3-2 لكتابة تفاعل تكوين كل من المركبات الآتية من عناصرها الأولية، مع كتابة ΔH لكل منها.



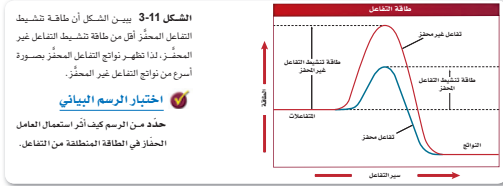
27

9b

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

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



التقويم 3-1

- الخلاصة**
1. التحول الطاقة من شكل إلى آخر ولكنها تبقى محفوظة.
 2. تهدف الكيمياء الحرارية إلى تقدير كميات الطاقة المنطلقة أو المتصدة من التفاعلات الكيميائية.
 3. الكون هو النظام مع المحيط.
 4. تبن المعادلة الكيميائية الحرارية التغير في المستوى الحراري.
- يبدأ التفاعل بحد أدنى من الطاقة تسمى طاقة التنشيط.
- أدرس الشكل التالي والذي يمثل العلاقة بين الطاقة وسير التفاعل، ثم أجب عما يليه:
- المخطط النشط**
-
- a. ما الرمز الذي يمثل التغير في المحتوى الحراري ΔH للتفاعل التالي؟
 $A + B \rightarrow M + N$
- b. ما الرمز الذي يمثله طاقة التنشيط للتفاعل التالي؟
 $M + N \rightarrow A + B$

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

21

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

دليل مراجعة الوحدة 3

المفاهيم الرئيسية

المفاهيم الرئيسية	المفردات
• تتحول الطاقة من شكل إلى آخر ولكنها تبقى محفوظة. • تهدف الكيمياء الحرارية إلى تقدير كميات الطاقة المنطلقة أو المتصدة من التفاعلات الكيميائية. • الكون هو النظام مع المحيط. • تبن المعادلة الكيميائية الحرارية التغير في المستوى الحراري. • يبدأ التفاعل بحد أدنى من الطاقة تسمى طاقة التنشيط.	• الطاقة • قانون حفظ الطاقة • الطاقة • قانون حفظ الطاقة • المحتوى الحراري • حرارة التفاعل • المركب النشط • طاقة التنشيط • العوامل المحفزة • المعادلة الكيميائية الحرارية

3-2 التغيير في المحتوى الحراري

المفاهيم الرئيسية	المفردات
• يستخدم المسعر لقياس كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام مغلق. • تختلف الحرارة النوعية للمواد بسبب اختلاف تراص الذرات. • تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل. • عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية فإن حرارة التعادل تساوي قيمة ثابتة. • يحدث تفاعل الاحتراق عندما تتفاعل المواد الهيدروكربونية مع الأكسجين.	• المسعر • السعة الحرارية النوعية • حرارة التكوين القياسية • حرارة التعادل • حرارة الاحتراق

رقم الوحدة: 11FC.3

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية عادة الحرارة أو تُطلقها.

3-1 تغيرات الطاقة

Energy changes

الفكرة الرئيسية الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من صورة إلى أخرى.

3-2 التغير في المحتوى الحراري

Enthalpy change

الفكرة الرئيسية المحتوى الحراري للسادة ينتج عن مجموع طاقة الإلكترونات في المدارات وطاقة الروابط الكيميائية بالإضافة إلى طاقة التجاذب بين الذرات.

3-3 طاقة الرابطة

Bond energy

الفكرة الرئيسية كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين ذرتين، تساوي كمية الطاقة الناتجة من تكوين الرابطة بينهما.



نشاطات تمهيدية

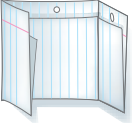
التغير في المحتوى
الحراري صمم المطوية
الآتية لتنظيم دراستك عن
المحتوى الحراري.

المطويات

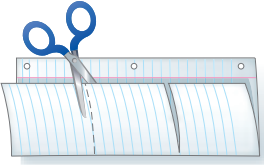
منظمات الأفكار



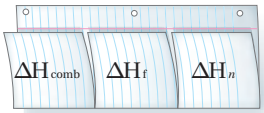
الخطوة 1 اطو
الورقة طويلاً من
منتصفها على أن
تكون الحافة الخلفية
أطول من الأمامية
2cm تقريباً.



الخطوة 2 اطو
الورقة مرة أخرى
مكوّناً ثلاثة أجزاء.



الخطوة 3 افتح
المطوية وقصّ على
خطّي الطي للجزء
الأمامي لتشكّل ثلاثة
أشرطة.



الخطوة 4 عنون الأشرطة كما يأتي:

ΔH_{comb} , ΔH_f , ΔH_n

المطويات استعمل هذه المطوية في الدرسين
3-1، 3-2، 3-3، ولخص - في أثناء قراءتك هذه
الوحدة - معنى كل مصطلح.

تنفيذ التجربة الاستهلاكية ارجع إلى
كراسة التجارب العملية.

تجربة

استهلاكية

تجربة استهلاكية

كيف تعمل كمادة باردة؟



تستعمل الكمّادات الباردة
الكيميائية لتخفيف الألم
الناتج عن الإصابة؛ إذ
تحتوي المادة على مركبين
منفصلين؛ عند اتحادهما معاً

يحدث امتصاص للحرارة. ما المركب الذي يكون أفضل كمادة
باردة كيميائية؟



خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل
بدء التجربة.
2. أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
3. استعمل مخبراً مدرجاً لنقل 15 mL من الماء المقطر إلى كل أنبوب
من أنابيب الاختبار الثلاثة.
4. استعمل مقياس درجة حرارة غير زئبقي لقياس درجة حرارة
الماء المقطر، ثم سجل درجة الحرارة الأولية للماء في جدول
البيانات.
5. استعمل الميزان لقياس 1.0 g من نترات البوتاسيوم KNO_3
وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1. تحذير: أبعد جميع المواد
الكيميائية المستعملة في هذه التجربة عن مصادر الحرارة.
6. حرك الخليط جيداً، وسجل درجة حرارة المحلول.
7. أعد الخطوتين 4 و 5 مستعملاً كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ،
ونترات الأمونيوم NH_4NO_3 بدلاً من استخدام نترات
البوتاسيوم KNO_3 .

تحليل النتائج

1. **حلل واستنتج** أيّ المواد الكيميائية الثلاث المستعملة في
التجربة تعدّ الأفضل لعمل كمادة كيميائية باردة؟
2. **صف** استعمالاً أفضل لإحدى المادتين الأخرين المستعملتين
في التجربة.

استقصاء ابحث عن تعديل يمكنك أن تعمله في خطوات العمل
بحيث يزيد التغير في درجة الحرارة.

تغيرات الطاقة

Energy changes

ففي هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

17.1-17.2-17.3

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11F.1.8 - 11F.2.1 - 11F.3.4

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يفرّق بين التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة لها.
- يعرف التغير في المحتوى الحراري للمادة، وطاقة التنشيط.
- يرسم منحنيات سير التفاعل.
- يحدّد تأثير العامل المساعد على طاقة التنشيط.

مراجعة المفردات

طاقة الوضع: الطاقة المخزنة في مادة نتيجة تركيبها.

المفردات الجديدة

- الطاقة
- Energy

الفكرة الرئيسية قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة

دائمًا.

الربط مع الحياة هل راقبت يومًا العربة الأفعوانية وهي تنتقل صعودًا ونزولًا على سكتها؟ وهل جربت ركوبها؟ إن طاقة العربة تتغير في كل مرة تصعد فيها أو تهبط.

الديناميكا الحرارية Thermo Dynamics

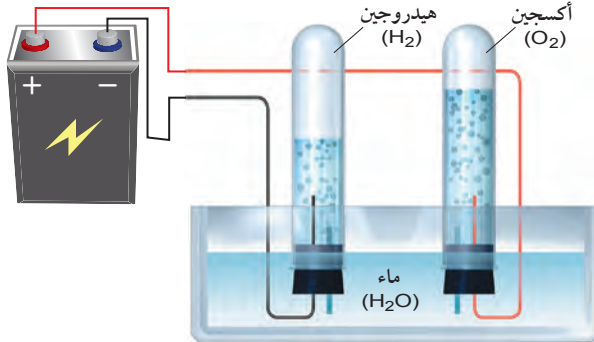
تترافق التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث في بيئتنا وفي الكون عمومًا بتغيرات في الطاقة، والأمثلة على ذلك كثيرة، فنحن نأكل للحصول على الطاقة، ونحرق الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة الكهربائية، ولتشغيل المصانع ووسائل المواصلات ولتدفئة المنازل. ولكي نقوم بتبريد كأس من الماء نضع فيه مكعبات من الثلج، ونستخدم الطاقة الكهربائية لتفكيك الماء إلى هيدروجين وأكسجين، انظر الشكل 3-1.

فعند تكوين الماء من عنصريه ينتج طاقة حرارية وشغل، ولا شك أننا نتذكر أن الشغل ينتج عندما تؤثر القوة على جسم ما وتحركه مسافة ما.

بدأت دراسة الكيمياء الحرارية في القرن الثامن عشر الميلادي في أثناء الثورة الصناعية من أجل زيادة كفاءة وفعالية الآلة البخارية التي يُؤرخ بها لهذه الثورة. ونتيجة لهذه الدراسات عُرفت ووُضعت قوانين علمية وعلاقات رياضية مبنية على التجارب والظواهر البيئية، وطُبقت على الآلات والأدوات الصناعية وأسهمت في كل مجالات التقدم العلمي والصناعي، فلا غرو أن فرع الديناميكا الحرارية هو من الفروع الهامة ليس فقط في علم الكيمياء بل بكافة فروع العلوم الطبيعية والعلوم الهندسية.

وتعرّف الطاقة Energy بأنها القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وتوجد عمومًا في صورة طاقة وضع أو طاقة حركة. وتسمى الطاقة التي تعتمد على تركيب جسم ما أو

طاقة كهربائية من البطارية



الشكل 3-1 نحتاج إلى الطاقة الكهربائية

لتفكيك جزيئات الماء إلى عنصري الهيدروجين والأكسجين.

الشكل 2-3

a . تكون طاقة الوضع للمترجل عالية في أعلى المسار بسبب موضعه.

b . تتحول طاقة الوضع للمترجل إلى طاقة حركة.

قارن فيم تختلف طاقة الوضع للمترجل عند نقطة البدء عنها عند خط النهاية؟



موضعه طاقة الوضع. ففي الشكل 2a-3 يكون للمترجل عند نقطة البداية في أعلى المسار أكبر طاقة وضع ولا يكون له طاقة حركة، وما إن يبدأ في الحركة حتى تتحول طاقة وضعه إلى طاقة حركة على طول المسار حتى خط النهاية، كما هو مبين في الشكل 2b-3. وتنتج طاقة الحركة عن حركة الأجسام، ويمكنك ملاحظتها في حركة الأجسام والناس من حولك.

وتحتوي الأنظمة الكيميائية على طاقة حركة وطاقة وضع.

وقد عرفت من قبل أن طاقة الحركة للمادة ترتبط مباشرة مع الحركة الدائمة العشوائية لجسيماتها، وتتناسب مع درجة الحرارة. فعندما ترتفع درجة الحرارة تزداد حركة الجسيمات.

المفردات الجديدة

• قانون حفظ الطاقة

• Law of conservation of energy

قانون حفظ الطاقة Law of conservation of energy ينص

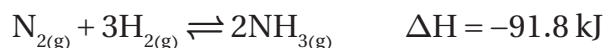
قانون حفظ الطاقة Law of conservation of energy على أنه في أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها لا تستحدث ولا تفنى. ويعرف هذا أيضاً بالقانون الأول في الديناميكا الحرارية.

✓ **ماذا قرأت؟ اذكر نص قانون حفظ الطاقة.**

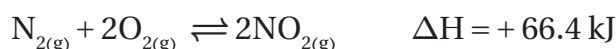
إن إعادة تنظيم الذرات في التفاعلات الكيميائية يحدث فيها تكسير الروابط الكيميائية في جزيئات المواد المتفاعلة التي تمتص كمية من الطاقة عند تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة في جزيئات المواد الناتجة؛ حيث تتحرر كمية من الطاقة عند تكوين روابط. إن كمية الطاقة الممتصة عند تكسير الروابط أو المنطلقة عند تكوين روابط جديدة تعتمد على نوع الروابط بين الذرات، فمثلاً تكون طاقات الروابط بين H-H و Cl-Cl و Cl-H مختلفة بعضها عن بعض. لذا فإن طاقة جزيئات المواد الناتجة يمكن أن تكون أكبر أو أصغر من طاقة جزيئات المواد المتفاعلة، وهكذا فإن التغيرات الكيميائية يرافقها تغيرات في الطاقة خلال عمليات تكسير الروابط وتكوينها، ومحصلة تغيرات الطاقة الناتجة عن تكسير الروابط الكيميائية وتكوينها تعرف بحرارة التفاعل.

وتُقسم التفاعلات الكيميائية إلى قسمين هما:

تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic Reactions: وهي التفاعلات التي يصاحبها انطلاق (انبعاث) كمية من الحرارة، ومنها اتحاد غازي الهيدروجين H_2 مع النيتروجين N_2 لتكوين غاز النشادر، وفقاً للمعادلة التالية:



تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic Reactions: وهي التفاعلات التي يصاحبها امتصاص كمية من الحرارة من الوسط الخارجي، ومنها اتحاد غازي الأكسجين O_2 مع النيتروجين N_2 لتكوين ثاني أكسيد النيتروجين، وفقاً للمعادلة التالية:



تهدف الكيمياء الحرارية إلى تقدير كميات الطاقة المنطلقة أو الممتصة على شكل حرارة في العمليات المختلفة، وكذلك إلى ابتكار طرق مناسبة لحساب هذه التغيرات الحرارية دون اللجوء إلى التجارب المخبرية؛ وذلك من أجل أخذ الاحتياطات اللازمة لإزالة هذه الحرارة في حالة التفاعل الطارد للحرارة، أو تزويده بالحرارة اللازمة في حالة التفاعل الماص للحرارة. ويوضح الجدول 3-1 مزيداً من الأمثلة على التفاعلات الماصة والطاردة للحرارة.

📌 **ماذا قرأت؟ لضمان استمرار التفاعل، يجب معرفة مقدار الحرارة، وما إذا كان التفاعل ماصاً للحرارة أو طارداً لها. لماذا؟**

المفردات الجديدة

- تفاعلات طاردة للحرارة
- Exothermic Reactions
- تفاعلات ماصة للحرارة
- Endothermic Reactions

المفردات

أصل الكلمة

"الكيمياء الحرارية Thermo Dynamics"

مأخوذة من اللغة الإغريقية وهي مشتقة من كلمة *thermo* وتعني حرارة (*Heat*) و *dynamis* وتعني قوة (*power*).

الجدول 3-1	أمثلة على التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة
$\Delta H(kJ)^*$	التفاعل
-890.4	$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$
-566.0	$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$
+182.6	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$
+66.4	$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$
-383.6	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$
-571.6	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
-91.8	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
+14.78	$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
-55.8	$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

الشكل 3-3 الطاقة الحرارية اللازمة
لذوبان نيترات الأمونيا في كيس الكمادات
الباردة تأتي من البيئة المحيطة.
استنتج مكيف تعمل الكمادات الباردة
على تخفيض درجة حرارة عضو مصاب
في الجسم؟



تعد الكمادات الباردة التي توضع على مكان الألم مثلاً على العمليات الفيزيائية الماصة للحرارة، كما هو موضح في الشكل 3-3.
يوجد داخل هذه الكمادات ماء تنغمر فيه حافطة تحوي مادة نيترات الأمونيوم، وعند تهشم هذه الحافطة تذوب نيترات الأمونيوم في الماء، مما يؤدي إلى امتصاص حرارة من البيئة المحيطة (الهواء أو جلد الشخص المصاب) بعد وضع الكمادة على مكان الإصابة.

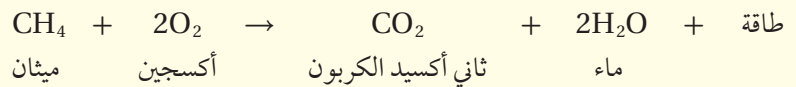
الطاقة في المعادلة الكيميائية energy in chemical equation

تكتب كلمة (طاقة) في المعادلة الكيميائية مع المتفاعلات أو النواتج. فإذا كتبت كلمة طاقة مع المواد المتفاعلة دل ذلك على أنها مكوّن ضروري في حدوث التفاعل؛ فنحن نحتاج إلى الطاقة الكهربائية على سبيل المثال لكسر جزيئات الماء إلى هيدروجين وأكسجين. لذا من المهم أن نعرف أن الطاقة ضرورية لحدوث هذا التفاعل.

كما تُكتب في المعادلات الكيميائية الطاردة للحرارة كلمة (طاقة) مع النواتج؛ لتدل على تحرر الطاقة. وتضاف كلمة (طاقة) مثلاً في التفاعل الذي يحدث بين الأكسجين والميثان عند اشتعال لهب الموقد، كما هو موضح في الشكل 3-4.



الشكل 3-4 تستخدم الطاقة الناتجة عن
التفاعل الكيميائي في طهي الطعام.
حدد ما إذا كانت الطاقة من المتفاعلات
أو تدخل ضمن نواتج في هذا التفاعل.



الطاقة الكيميائية والكون

Chemical energy and the universe

كما درست سابقاً في الصف العاشر من الكيمياء الحرارية؛ هنالك ثلاثة أنواع من الأنظمة، هي:

النظام المفتوح Open System وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي يسمح بتبادل الطاقة والمادة بينه وبين المحيط. مثال على ذلك إناء يحوي على سائل حيث

أن الحرارة يمكن أن تنتقل من النظام وإليه بسهولة، وكذلك بالإمكان أن يتبادل ما بداخله من مادة بينه وبين المحيط والشكل 3-5 يمثل الشكل التخطيطي لهذا النوع من الأنظمة.

النظام المغلق Closed system وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي يسمح بتبادل الطاقة بينه وبين المحيط ولكن لا يسمح بتبادل المادة ومثال على ذلك إناء مغلق يحتوي على سائل؛ حيث يسمح هذا النوع من الأنظمة بتبادل الطاقة ولكنه مغلق بحيث لا يمكن نقل المادة إلى المحيط ولا يمكن أن نضيف له مادة من المحيط الشكل 3-6 يمثل الشكل التخطيطي لهذا النوع من الأنظمة.

النظام المعزول Isolated system وهو ذلك النوع من الأنظمة الذي لا يسمح بتبادل الطاقة كما لا يسمح بتبادل المادة بينه وبين المحيط مثال على ذلك قنينة الثرموس المغلقة حيث يكون الحاجز ما بين محتويات القنينة والمحيط ثابت الحرارة adiabatic كما في الشكل 3-7.

تنتقل الحرارة بين الأنظمة المختلفة أو بين النظام والمحيط عن طريق الاتصال أو الإشعاع. وتسبب الحرارة زيادة الحركة العشوائية لجزيئات النظام أو المحيط عند انتقالها إلى النظام أو المحيط.

المحتوى الحراري وتغيراته Enthalpy and enthalpy changes

تحدث معظم التغيرات الكيميائية والفيزيائية تحت ظروف ضغط ثابت هو الضغط الجوي. ويعبر الكيميائيون عن كمية الحرارة التي تمتص أو تنبعث بواسطة عمليات عند الضغط الثابت بالمحتوى الحراري أو الإنثالبي؛ حيث إن المحتوى الحراري للتفاعل يساوي الفرق بين المحتوى الحراري لنواتج المحتوى الحراري للمتفاعلات. ويمكن تعريف **المحتوى الحراري Enthalpy** على أنه: الطاقة المختزنة في مول من المادة، ويرمز له بالرمز H ، وهو خاصية مميزة للمادة، فكل مادة لها كمية محددة من المحتوى الحراري. ويعتمد مقدار المحتوى الحراري للمادة على كمية المادة، فمولان من المادة فيها كمية من المحتوى الحراري ضعف ما يحتويه مول واحد من المادة. ويكون التغير في المحتوى الحراري ΔH عند ضغط ثابت يساوي الفرق بين المحتوى الحراري للنواتج والمحتوى الحراري للمتفاعلات؛ أي أن:

$$\Delta H = H_f - H_i$$

ويسمى التغير في المحتوى الحراري **حرارة التفاعل Heat of reaction** ويرمز لها بالرمز ΔH ، الذي يمثل الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الموجودة في نهاية التفاعل rxn (المواد الناتجة) H_f والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في بداية التفاعل (المواد المتفاعلة) H_i ، أي أن:

$$\Delta H = H_f - H_i$$



الشكل 3-5 في النظام المفتوح، يتم تبادل الطاقة والمادة مع المحيط.



الشكل 3-6 في النظام المغلق، يتم التبادل في الطاقة فقط مع المحيط ولا يتم تبادل المادة.



الشكل 3-7 في النظام المعزول، لا يسمح بتبادل المادة أو الطاقة مع المحيط.

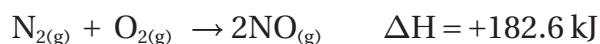
المفردات الجديدة

- المحتوى الحراري Enthalpy
- حرارة التفاعل Heat of reaction
- المعادلة الكيميائية الحرارية
- Thermochemical equation

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical equation

عرفت سابقاً أن المعادلة الكيميائية هي تمثيل للتفاعل الكيميائي بواسطة مجموعة من الرموز والصيغ الكيميائية التي تعبر عن المواد الداخلة في التفاعل والمواد الخارجة منه، والإلكترونات التي تُكتسب أو تُفقد من ذرات العناصر المتفاعلة. وتبين المعادلة الكيميائية التغيرات التي تطرأ على المواد المتفاعلة وظروف التفاعل، كما تبين حاجة التفاعل إلى حرارة أو ضغط أو عوامل مساعدة. ولكن، بَمَ تختلف المعادلة الكيميائية الحرارية عن المعادلة الكيميائية العادية؟ المعادلة الكيميائية الحرارية **Thermochemical equation** هي معادلة كيميائية موزونة يتم فيها تحديد التغير في المحتوى الحراري ΔH مُقاساً بوحدة الكيلو جول kJ.

يوضح في المعادلة الكيميائية الحرارية الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة والتغيرات الحرارية المصاحبة لها، بحسب المعادلة التالية:

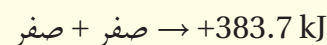


ومن أساسيات كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية، أن تكون موزونة لتحقيق قانون حفظ الكتلة، وكتابة الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج وذلك لأن المحتوى الحراري للمادة يختلف باختلاف حالتها الفيزيائية. وتوضع قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH في نهاية المعادلة وتقاس بالكيلو جول kJ. وعند حساب المحتوى الحراري للمركبات يجب الأخذ بعين الاعتبار أن المحتوى الحراري للعنصر في حالته المفردة يساوي صفر. نعين كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين المركب من عناصره.

حساب الطاقة في التفاعل الكيميائي: عند تفاعل مول من الكربون مع مول من الأكسجين يتكون مول واحد من ثاني أكسيد الكربون وتنطلق حرارة مقدارها 383.7 kJ. كما هو موضح في المعادلة الكيميائية التالية:



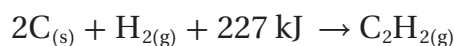
طاقة الطرف الأيمن → طاقة الطرف الأيسر



فيكون المحتوى الحراري لثاني أكسيد الكربون = -393.7 kJ وتكتب معادلة التفاعل الحراري كما يلي:



ماذا قرأت؟ هل التفاعل التالي، ماص أم طارد للحرارة؟ اكتب المعادلة الحرارية كما هو متفق عليه من قبل العلماء.



مختبر حل المشكلات

اعمل رسوماً بيانية واستعملها

كيف ترسم منحنى التسخين للماء؟

تتجاذب جزيئات الماء بشدة بعضها نحو بعض؛ لأنها قطبية، وتكوّن روابط هيدروجينية فيما بينها. وتفسّر قطبية الماء حرارته النوعية العالية، وحرارة الانصهار والتبخير العاليتين نسبياً.

التحليل

استعمل بيانات الجدول لرسم منحنى التسخين لعينة من الماء كتلتها 180 g عند تسخينها بمعدل ثابت من -20°C إلى 120°C . ثم سجّل الوقت الذي يحتاج إليه الماء ليمرّ في كل قطاع من الرسم البياني.

التفكير الناقد

- حلل** كلاً من الأجزاء الخمسة في الرسم، والتي تتميز بتغير حاد في ميل المنحنى. وبيّن كيف يغيّر امتصاص الحرارة طاقتي الوضع والحركة لجزيئات الماء.
- استنتج** كيف يبدو شكل منحنى التسخين للإيثانول. ينصهر الإيثانول عند -114°C ويغلي عند 78°C . ارسم منحنى تسخين الإيثانول في

مدى درجات الحرارة من -120°C إلى 90°C .
ما العوامل التي تحدد طول الأجزاء التي تثبت فيها درجة الحرارة (الخطوط الأفقية)، وميل المنحنى بين الأجزاء التي تتغير فيها درجة الحرارة؟

بيانات الزمن ودرجة حرارة الماء			
الزمن min	درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	الزمن min	درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$
0.0	-20	13.0	100
1.0	0	14.0	100
2.0	0	15.0	100
3.0	9	16.0	100
4.0	26	17.0	100
5.0	42	18.0	100
6.0	58	19.0	100
7.0	71	20.0	100
8.0	83	21.0	100
9.0	92	22.0	100
10.0	98	23.0	100
11.0	100	24.0	100
12.0	100	25.0	120

طاقة التنشيط - Activation energy

يلزم أن تصادم جزيئات المواد المتفاعلة بعضها ببعض قبل أن يبدأ التفاعل، لأن تكوين روابط كيميائية جديدة يتطلب أن تكون الذرات قريبة بعضها من بعض. بل ينبغي أيضاً أن يكون التصادم بين الجزيئات قوياً بدرجة كافية وبطاقة محددة وإلا فلن يحدث التفاعل.

لتكوين روابط جديدة في النواتج يجب كسر الروابط الكيميائية في المتفاعلات. ولما كان تكسير الروابط الكيميائية يحتاج إلى طاقة محددة، فإنه يجب توافر قدر معين (حد أدنى) من الطاقة حتى يبدأ أي تفاعل كيميائي، ويُسمى الحد الأدنى من الطاقة لبدء التفاعل طاقة التنشيط Activation energy التفاعل.

وتعرف **طاقة التنشيط Activation energy** بأنها الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي وهي تساوي الفرق في الطاقة بين المتراكب المنشط وبين المواد المتفاعلة. ويرمز لطاقة التنشيط بالرمز E_a ، وتقاس kJ/mol

المفردات الجديدة

• طاقة التنشيط

• Activation energy



الشكل 3-8 يحتاج معظم أنواع الوقود إلى طاقة لكي يشتعل، وشعلة الألعاب الأولمبية تُزود الوقود في الموقد بالطاقة اللازمة لإشعاله.

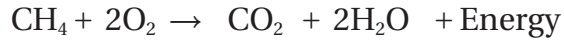
المفردات الجديدة

• المتراكب المنشط

• Activated complex

✓ **ماذا قرأت؟** ما المصطلح الذي يُعبّر عن الحد الأدنى من الطاقة التي تلزم لبدء التفاعل؟

ماذا عن التفاعلات الطاردة للطاقة؟ هل هناك طاقة تنشط لهذه التفاعلات أيضاً؟ نعم، على الرغم من أنّ هذه التفاعلات تحرّر طاقة إلا أنّها تحتاج أيضاً إلى طاقة لتبدأ. ويعد احتراق الجازولين مثلاً على التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة لتبدأ؛ فإذا انسكب بعض الوقود من غير قصد عند تعبئة خزان الوقود يتبخر هذا الوقود في وقت قصير، ولكنه لا يشتعل. ترى ما السبب في ذلك؟ السبب هو أنّ الوقود يحتاج إلى طاقة لكي يبدأ الاحتراق. ولهذا نجد في محطات الوقود لوحات تمنع التدخين، وتلزم السائق بإطفاء محرك السيارة، وعدم استعمال أجهزة الجوال. ومن الأمثلة على ذلك أيضاً الشعلة الأولمبية المستخدمة في كل دورة من دورات الألعاب الأولمبية، انظر الشكل 3-8؛ إذ يحتوي الموقد الخاص بالألعاب الأولمبية على موادّ شديدة الاشتعال لا تنطفئ بفعل الرياح الشديدة أو الأمطار، ومع ذلك فإن هذه المواد لا تشتعل من تلقاء نفسها. وعندما يتفاعل غاز الميثان مع الأكسجين كما في المعادلة الموضحة أدناه:



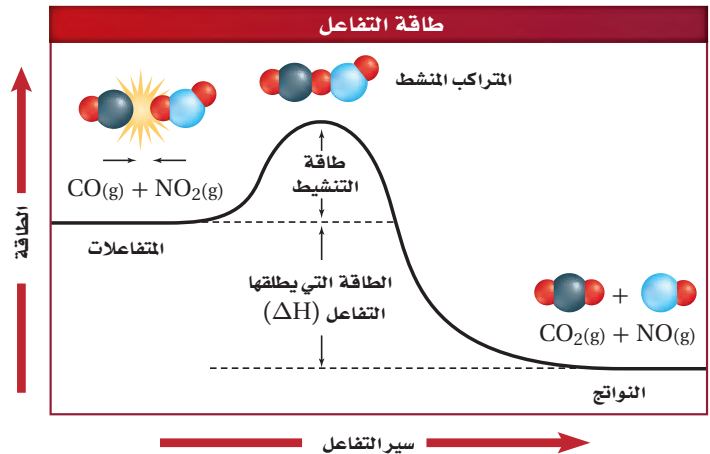
تتكون جسيمات ذات أعمار قصيرة في مرحلة انتقالية غير مستقرة تسمى **المتراكب المنشط** **Activated complex** يحدث خلالها تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة، فتكون المتراكب المنشط يؤدي إلى تكوين المواد الناتجة، أما تكسر المتراكب المنشط فيؤدي لتكوين المواد المتفاعلة. وهذه الطاقة اللازمة لتكوين المتراكب المنشط تسمى طاقة التنشيط.

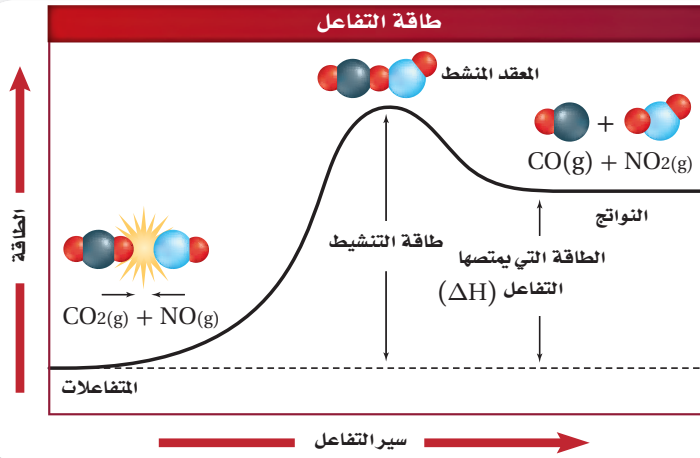
ففي التفاعلات الطاردة للحرارة تصطدم الجزيئات التي لها طاقة كافية لتكوّن المتراكب المنشط وتطلق طاقة، وتكون طاقة المواد الناتجة لهذا التفاعل أقل من طاقة المواد المتفاعلة. ويتم تحرير طاقة وبالتالي تكون ΔH للتفاعل سالبة، كما هو موضح في الشكل 3-9.

الشكل 3-9 عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة تصطدم الجزيئات التي لها طاقة كافية فتكوّن المتراكب المنشط وتطلق طاقة، وتكوّن نواتج ذات محتوى طاقة أقل من المواد المتفاعلة.

اختبار الرسم البياني

فسّر كيف يمكنك أن تعرف من خلال الرسم ما إذا كان التفاعل طارداً للحرارة.





الشكل 3-10 تكون طاقة جزيئات المواد المتفاعلة في التفاعل العكسي الماص للحرارة أقل من طاقة النواتج. ولكي يحدث التفاعل يجب أن تمتص المواد المتفاعلة طاقة لتغلب على طاقة التنشيط وتكون نواتج ذات طاقة عالية.

اختبار الرسم البياني **قارن** بين طاقتي التنشيط للتفاعلين: الأمامي والعكسي.

بينما في التفاعلات الماصة للحرارة كما في تفاعل تفكيك جزيئات الماء إلى عنصريه الأكسجين والهيدروجين كما هو موضح في التفاعل التالي:



تكون طاقة جزيئات المواد المتفاعلة في التفاعل العكسي الماص للطاقة أقل من طاقة المواد الناتجة، ولكي يحدث هذا التفاعل يتم امتصاص طاقة من المواد المتفاعلة لكي تغلب على طاقة التنشيط، وبالتالي تتكون مواد ناتجة ذات طاقة عالية فتكون ΔH موجبة. انظر الشكل 3-10.

العوامل الحفازة وطاقة التنشيط Catalysts and activation energy

energy تعرف العوامل الحفازة **Catalysts** بأنها مواد تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تُستهلك أو تتغير في نهاية التفاعل.

والعوامل الحفازة ذات أهمية كبيرة في الكيمياء وعلم الأحياء، فهي قادرة على تغيير معدل التفاعل من خلال تسريعه أو إبطائه دون أن تُستهلك، أو يحدث بها تغير كيميائي. والعوامل التي تسرع من التفاعلات الحيوية في جسم الإنسان تعرف باسم الأنزيمات، التي تشط التفاعلات الحيوية. العوامل الحفازة قادرة على أن تزيد سرعة التفاعل الكيميائي عن طريق خفض أو تنشيط طاقة التفاعل دون أن يحدث بها تغير كيميائي دائم.

العامل الحفاز في الحقيقة لا يقلل طاقة تنشيط التفاعل بشكل مباشر، ولكنه يعمل على توفير طريق بديل ليسلكه التفاعل يكون أقل في استهلاكه للطاقة، لذا فوظيفة العلماء في هذا المجال إيجاد هذا الطريق الأسهل للتفاعل، انظر الشكل 3-11.

يتكون خلال هذه التفاعلات ما يسمى بالمتراكب المنشط، الذي يتكون من تفاعل المادة الحفازة مع المواد المتفاعلة، فتتفاعل هذه المواد مع بعضها البعض أو مع مواد التفاعل لتنتج المركبات النهائية المطلوبة من التفاعل. وتستهلك هذه العملية طاقة أقل من تلك التي يستهلكها التفاعل بدون المواد الحفازة. وفي نهاية هذا التفاعل تخرج المواد الحفازة من التفاعل كما دخلت إليه.

المفردات الجديدة

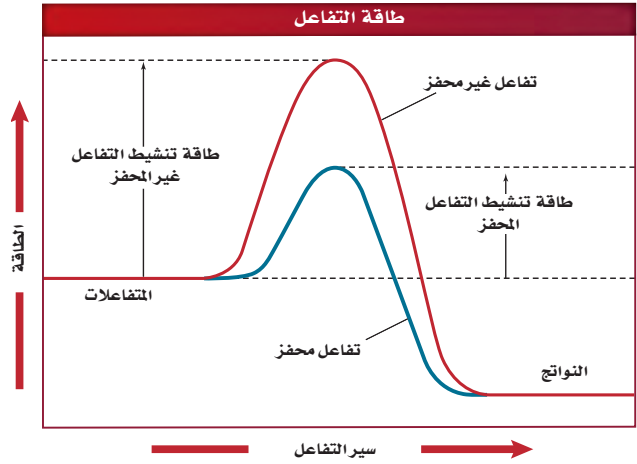
• العوامل الحفازة

• Catalysts

الشكل 3-11 يبين الشكل أن طاقة تنشيط التفاعل المحفّز أقل من طاقة تنشيط التفاعل غير المحفّز، لذا تظهر نواتج التفاعل المحفّز بصورة أسرع من نواتج التفاعل غير المحفّز.

اختبار الرسم البياني

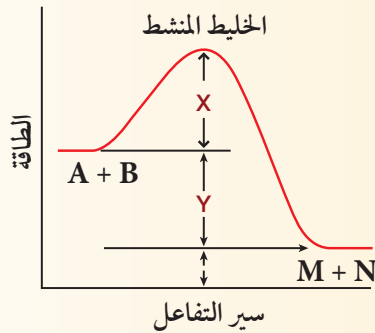
حدّد من الرسم كيف أثر استعمال العامل الحفّاز في الطاقة المنطلقة من التفاعل.



التقويم 3-1

الخلاصة

1. الفكرة الرئيسية ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟
2. ما الأنواع الثلاثة للأنظمة؟ وكيف يمكن التمييز بينهم؟
3. حدد أي التفاعلات التالية طارد للحرارة وأيها ماص للحرارة؟
 - a. $\text{CO}_{2(s)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$
 - b. $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)}$
 - c. $\text{Br}_{2(l)} \rightarrow \text{Br}_{2(s)}$
4. ادرس الشكل التالي والذي يمثل العلاقة بين الطاقة وسير التفاعل، ثم أجب عما يليه:
 - تتحول الطاقة من شكل إلى آخر ولكنها تبقى محفوظة.
 - تهدف الكيمياء الحرارية إلى تقدير كميات الطاقة المنطلقة أو الممتصة من التفاعلات الكيميائية.
 - الكون هو النظام مع المحيط.
 - تبين المعادلة الكيميائية الحرارية التغير في المستوى الحراري.
 - يبدأ التفاعل بحد أدنى من الطاقة تسمى طاقة التنشيط.



- a. ما الرمز الذي يمثله التغير في المحتوى الحراري ΔH للتفاعل التالي؟

$$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{M} + \text{N}$$
- b. ما الرمز الذي تمثله طاقة التنشيط للتفاعل التالي؟

$$\text{M} + \text{N} \rightarrow \text{A} + \text{B}$$

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يطبق قانون حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.

• يوضح المقصود بحرارة التكوين القياسية.

• يحسب حرارة التفاعل $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ مستعملًا المعادلات الكيميائية الحرارية.

• يحسب حرارة التفاعل باستعمال بيانات حرارة التكوين القياسية.

التأصل: ظاهرة وجود شكل أو أكثر لعنصر، ويكون لهذه الأشكال تراكيب بنائية وخواص مختلفة عندما يكونون في الحالة الفيزيائية نفسها.

التغير في المحتوى الحراري

Enthalpy Change

الفكرة الرئيسية المحتوى الحراري للمادة ينتج عن مجموع طاقة الإلكترونات في المدارات وطاقة الروابط الكيميائية بالإضافة إلى طاقة التجاذب بين الذرات.

الربط مع الحياة هل جربت يومًا إشعال كمية من الفحم باستخدام عود ثقاب مشتعل واحد؟ ينتج بعد فترة من اشتعال الفحم كمية كبيرة من الحرارة تكفي لشواء كمية كبيرة من اللحوم. ولكن من أين جاءت هذه الكمية من الحرارة؟ وهل يمكن حساب المحتوى الحراري للفحم؟

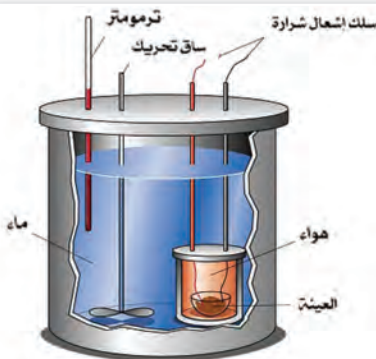
المسعر Calorimeter

يحرص الكثير منا على قراءة المعلومات المدونة على المنتجات الغذائية المختلفة لمعرفة القيمة الحرارية للأطعمة قبل تناولها، فكيف يحصل اختصاصيو الأغذية على القيمة الحرارية لهذه الأطعمة؟ يستخدم اختصاصيو الأغذية جهازًا خاصًا لمعرفة القيمة الحرارية لهذه الأغذية، يسمى **المسعر Calorimeter** وهو جهاز معزول حراريًا يستخدم في المختبرات الكيميائية لقياس كمية الحرارة الناتجة أو الممتصة من التفاعلات الكيميائية أو التغيرات الفيزيائية؛ يعتمد مبدأ عمل المسعر على قانون حفظ الطاقة في نظام مغلق ومعزول كليًا عن المحيط الخارجي، بحيث لا تدخل حرارة من الخارج إلى النظام ولا تخرج منه حرارة إلى الوسط المحيط. انظر الشكل 12-3.

يقوم المسعر بحساب التغير في الطاقة الحرارية للمادة المسخنة في المسعر وذلك من خلال الزيادة الحاصلة في درجة حرارة الماء في المسعر وكمية الماء والحرارة النوعية للماء. وتقاس الحرارة بوحدة الجول Joule.

يقيس المسعر كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام معزول به كتلة معلومة m من الماء مثلاً. وبمعرفة كمية الماء والحرارة النوعية c للماء وقياس التغير في درجة الحرارة ΔT الحادثة من التفاعل يمكن حساب كمية الحرارة q المفقودة أو المكتسبة من التفاعل بالمعادلة العامة التالية:

$$q = m \cdot C \cdot \Delta T$$



الشكل 12-3 يستخدم

المسعر لقياس كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام معزول.

المفردات

أصل الكلمة

"المسعر Calorimeter"

يسمى المسعر بالإنجليزية *Calorimeter* وهي تعني باللاتينية قياس الحرارة، أما التسمية العربية فمشتقة من السعرة الحرارية التي تقابل *Calorie* في عام 1892م ابتكره العالم الألماني هوجو يونكرز.

المفردات الجديدة

- السعة الحرارية النوعية Specific heat

وبذلك يمكن تعريف الحرارة النوعية C على أنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1g من المادة درجة سيليزية واحدة 1°C .

الحرارة النوعية Specific heat تختلف المواد فيما بينها في اختزان الحرارة فبعض أنواع الغذاء تبقى ساخنة أكثر من غيرها، والطاقة الحرارية التي نحتاجها لرفع درجة حرارة مادة معينة درجة واحدة فقط تختلف أيضاً باختلاف المادة؛ فعند رفع درجة حرارة 1Kg من الماء 1°C فقط بواسطة موقد يحتاج إلى 15 min بينما رفع درجة حرارة 1Kg من الحديد 1°C فقط بنفس الموقد يحتاج إلى أقل من 1 min، ويرجع السبب في ذلك إلى أن للمادة خاصية تسمى السعة الحرارية النوعية C التي تسبب تغير درجة حرارتها بكميات مختلفة عندما تمتص كمية الحرارة نفسها أو تخسرها. ويمكن تعريف السعة الحرارية النوعية **Specific heat** للمادة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1Kg من مادة ما درجة حرارة واحدة 1°C .

✓ **ماذا قرأت؟ يتطلب الماء وقتاً أطول من اليابسة ليبرد أو ليسخن. لماذا؟**

مثال 3.1

حساب الحرارة النوعية احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة قطعة من النحاس كتلتها 20 g، سُخِّنت من درجة 20°C إلى 100°C ، مع العلم أن الحرارة النوعية للنحاس $400 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

1 تحليل المسألة

لديك معطيات السؤال من كتلة النحاس والتغير في درجة الحرارة والحرارة النوعية للنحاس. استخدم معادلة كمية الحرارة لمعرفة كمية الحرارة المكتسبة.

المعطيات

الحرارة النوعية للنحاس $400 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

كتلة النحاس $m = 20\text{g}/1000 = 0.02\text{kg}$

التغير في درجة الحرارة $\Delta T = 20^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C}$

2 حساب المطلوب

اكتب قانون كمية الحرارة

عوّض في المعادلة بالقيم المعطاة

$$q = m \times c \times \Delta T$$

$$q = 0.02 \times 400 \times 80$$

$$q = 827 \text{ J}$$

3 تقويم الإجابة

الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

مسائل تدريبية

5. احسب كمية الحرارة التي تفقدها قطعة حديد كتلتها 120 g عندما تبرد من 80°C إلى 20°C علماً بأن حرارتها النوعية $460 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

6. احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 500 mL ماء نقي من درجة 10°C إلى 90°C ، علماً بأن الحرارة النوعية له $4185 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

حرارة التكوين القياسية ΔH_f°

Standard enthalpy (heat) of formation ΔH_f°

عرفت سابقاً أنّ قيم المحتوى الحراري H تختلف من تفاعل كيميائي لآخر؛ لذلك كان من الصعب على العلماء تسجيل جميع هذه القيم، فبدؤوا بتسجيل التغيرات التي تحدث في المحتوى الحراري ΔH للتفاعلات التي تكون فيها العناصر في الحالة القياسية فقط، أي أن يكون العنصر في حالته المستقرة؛ فالأكسجين O_2 الأكثر استقراراً عند الظروف القياسية، وبالتالي فإنّ:

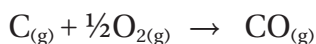
$$\Delta H_f^\circ \Delta H_f, (O_2) = 0^\circ \Delta H_f, (O) \neq 0^\circ (O_3) \neq 0$$

وكذلك الكربون الذي يوجد في الطبيعة على شكلين هما الألماس والجرافيت، ولكن نجد أن الجرافيت هو الأكثر استقراراً في الظروف القياسية، أي أن:

$$\Delta H_f^\circ \text{ (Graphite)} = 0 \text{ و } \Delta H_f^\circ \text{ (Diamond)} \neq 0$$

ونقصد بالظروف القياسية، أي أن يحدث التفاعل عند ضغط جوي 1 atm ودرجة حرارة $25^\circ C$.

عند كتابة معادلة التكوين لأي مادة يجب نأخذ بعين الاعتبار أن يكون الناتج مول واحد فقط من المادة المراد إيجاد حرارة التكوين لها. وأن تكون العناصر المكوّنة للمواد المتفاعلة في حالاتها القياسية. فلا يمكن استخدام التفاعل التالي لحساب حرارة التكوين لأول أكسيد الكربون CO؛ لأنّ الكربون في حالته الطبيعية يكون في حالة صلبة وليست غازية.



يوضح الجدول 2-3 في الصفحة التالية حرارة التكوين القياسية ΔH_f° لبعض العناصر والأيونات والمركبات. من خلال الجدول 2-3 لاحظ أن حرارة تكوين العناصر النقية، تساوي صفراً، ومنها: $Hg_{(l)}$, $Cl_{2(g)}$, $Na_{(s)}$, $Fe_{(s)}$, $N_{2(g)}$, $Cu_{(s)}$. ولاحظ أيضاً أن إشارة حرارة التكوين تكون سالبة في معظمها، وهذا يعني أن تكوين المركب من عناصره الأولية في الغالب يكون طارد للحرارة.

ولاحظ أيضاً أن المركبات التي يصاحب تكوينها طرد للحرارة تكون أكثر استقراراً من المركبات التي تتكون من خلال تفاعلات ماصة للحرارة؛ لأن المحتوى الحراري للمركب الناتج أقل من مجموع المحتويات الحرارية للعناصر الداخلة في تركيبه.

ويمكن تعريف حرارة التكوين القياسية **Standard enthalpy of formation** بأنها حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكون مول واحد من مادة ما من عناصرها الأولية وهي في حالتها القياسية، تقاس بوحدة kJ/mol .

ماذا قرأت؟ المركبات التي تتكون من خلال تفاعلات طاردة للحرارة تكون أكثر استقراراً من المركبات التي تتكون من خلال تفاعلات ماصة للحرارة. فسّر ذلك.

المفردات الجديدة

• حرارة التكوين القياسية

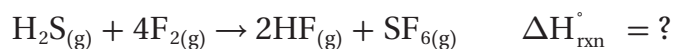
• Standard enthalpy of formation

الجدول 2-3 حرارة التكوين القياسية ΔH_f° للعناصر والأيونات والمركبات			
Formula	ΔH (kJ/mol)	Formula	ΔH (kJ/mol)
H ⁺ (aq)	0	HF(g)	-273
H(g)	218.0	HCO ₃ ⁻ (aq)	-691.1
H ₂ (g)	0	CH ₄ (g)	-74.9
Na ⁺ (g)	609.8	C ₂ H ₄ (g)	52.5
Na ⁺ (aq)	-293.7	C ₂ H ₆ (g)	-84.7
Na(g)	107.8	C ₃ H ₈ (g)	-103.5
Na(s)	0	HCHO	-116
NaCl(s)	-411.1	CH ₃ OH(L)	-238.6
CaO(s)	-635.1	HCN(g)	135
Ca ²⁺ (aq)	543.0	CCl ₄ (g)	-96.0
Ca(s)	0	CCl ₄ (L)	-139
C(graphite)	0	Si(s)	0
C(diamond)	1.9	SiO ₂ (s)	-910.9
CO(g)	-110.5	SiF ₄ (g)	-1548
CO ₂ (g)	-393.5	Pb(s)	0
N(g)	473	PbO(s)	-219
N ₂ (g)	0	PbS(s)	-98.3
NH ₃ (g)	-45.9	Cl ⁺ (aq)	-167.5
NH ₄ ⁺ (aq)	-132.8	Cl(g)	121.0
O(g)	249.2	Cl ₂ (g)	0
O ₂ (g)	0	HCl(g)	-92.3
H ₂ O(g)	-241.8	Br ₂ (L)	0
H ₂ O(l)	-285.8	I ⁺ (g)	-194.7
S(g)	279	I ⁺ (aq)	-55.9
S ₂ (g)	129	I ₂ (s)	0

استعمال حرارة التكوين القياسية

Using standard enthalpy of formation

تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية. افترض أنك أردت أن تحسب $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ لتفاعل ينتج سادس فلوريد الكبريت، وهو غاز مستقر، غير نشط، له تطبيقات مهمة.



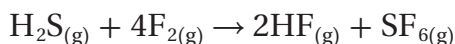
يمكن تلخيص خطوات حساب حرارة التكوين القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ بالصيغة أدناه:

معادلة التجميع

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = \sum \Delta H_{\text{f}}^\circ (\text{products}) - \sum \Delta H_{\text{f}}^\circ (\text{reactants})$$

$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ تمثل حرارة التفاعل القياسية، و $\sum$ تمثل مجموع الحدود.

انظر كيف تطبق هذه الصيغة على تفاعل كبريتيد الهيدروجين مع الفلور.



$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = [(2)\Delta H_f^\circ(\text{HF}) + \Delta H_f^\circ(\text{SF}_6)] - [\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{S}) + (4)\Delta H_f^\circ(\text{F}_2)]$$

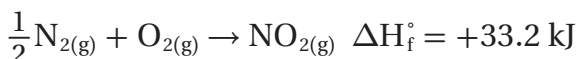
$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = [(2)(-273 \text{ kJ}) + (-1220 \text{ kJ})] - [-21 \text{ kJ} + (4)(0.0 \text{ kJ})]$$

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = -1745 \text{ kJ}$$

* مصدر حرارة التكوين Standard heat of formation source

تعتمد حرارة التكوين القياسية على الفرضية الآتية: العناصر في حالاتها القياسية يكون لها ΔH_f° تساوي 0.0 kJ/mol . فإذا أخذنا الصفر نقطة بداية أمكننا أن ننظم تدريجاً لقيم حرارة التكوين للمركبات، والتي تم إيجادها عملياً. يمكنك التفكير في الصفر على هذا التدرج بما يشبه الصفر المئوي 0.0°C الذي حُدد درجة لتجمد الماء. وهكذا كل مادة أدفأ من الماء المتجمد تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر. وكل المواد التي تكون أبرد من الماء المتجمد يكون لها درجة حرارة أقل من الصفر.

إيجاد حرارة التكوين بالتجارب المختبرية تم قياس حرارة تكوين كثير من المركبات في المختبر، ومنها على سبيل المثال تفاعل تكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين الموضح بالمعادلة:

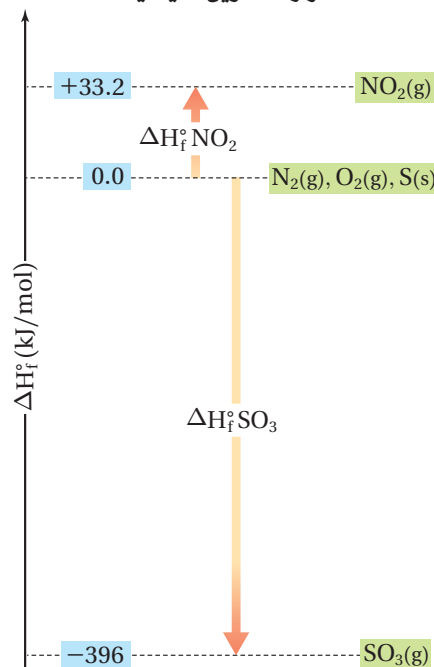


النيتروجين والأكسجين في الحالة القياسية غازان ثنائيي الذرة، لذا تكون حرارة التكوين لكل منهما صفراً. وعند تفاعل النيتروجين مع الأكسجين لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين وجد عملياً أن ΔH يساوي $+33.2 \text{ kJ}$ ، كما هو موضح في الشكل 3-13.

عندما يتفاعل N_2 مع O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة. وتكون قيم ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S تساوي (0.0 kJ) .

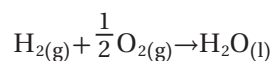
لذا فإن ΔH_f° لـ NO_2 تساوي 33.2 kJ/mol . أما عند تفاعل S مع O_2 لتكوين مول واحد من SO_3 فينتقل 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH_f° لـ SO_3 تساوي -369 kJ/mol .

حرارة التكوين القياسية



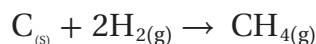
الشكل 3-13 المحتوى الحراري للنواتج NO_2 أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات بمقدار $+33.2 \text{ kJ}$ ، وهذا يعني أن $+33.2 \text{ kJ}$ من الطاقة قد امتصت في هذا التفاعل الماص للحرارة.

توقع صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.



$$\Delta H_f^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$$

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية عند تكوّن (CH₄) عن عناصره الأولية في الظروف القياسية، ينطلق 4.675 kJ. فاحسب حرارة التكوين القياسية للميثان.



1 تحليل المسألة

لديك معادلة والمطلوب أن تحسب التغير في المحتوى الحراري. يمكن استعمال العلاقة الرياضية:

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{products}) - \Delta H_f^{\circ}(\text{reactants})$$

المطلوب

المعطيات

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = ? \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(\text{H}_2) = 0.0 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(\text{C}) = 0.0 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ}$$

2 حساب المطلوب

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{products}) - \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{reactants})$$

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = [\Delta H_f^{\circ}(\text{CH}_4)] - [\Delta H_f^{\circ}(\text{C}) + (2)\Delta H_f^{\circ}(\text{H}_2)]$$

استعمل العلاقة الرياضية:

عوض عن المواد الناتجة بـ CH₄، وعن

المواد المتفاعلة بـ C، H₂، واضرب H₂

في 2

عوض بقيم حرارة التكوين في المعادلة

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = [(-75 \text{ kJ}) - [(0.0 \text{ kJ}) + (2)(0.0 \text{ kJ})]]$$

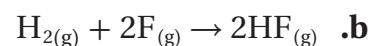
$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = -75 \text{ kJ/mol}$$

3 تقويم الإجابة

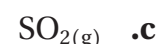
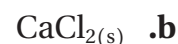
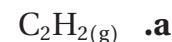
القيمة التي تم حسابها هي القيمة المعطاة في الجدول 3-2 نفسها.

مسائل تدريبية

7. بين كيف أن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات الآتية، دون البحث عن قيم ΔH واستعمالها في الحل.



8. تخفّض. استعن بالجدول 3-2 لكتابة تفاعل تكوين كل من المركبات الآتية من عناصرها الأولية، مع كتابة ΔH لكل منها.

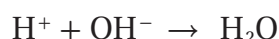


المفردات الجديدة

• حرارة التعادل

• Enthalpy of neutralization

حرارة التعادل Enthalpy of neutralization التعادل هو تفاعل الأحماض والقواعد مع بعضها البعض بكميات متكافئة. ولما كان تفاعل التعادل هو عبارة عن التفاعل التالي:



فيمكن تعريف **حرارة التعادل Enthalpy of neutralization** بأنها كمية الحرارة الناتجة عند تكوين مول واحد من الماء عند تعادل حمض مع قاعدة وبشرط أن تكون المحاليل مخففة.

ويشترط أن تكون المحاليل مخففة حتى تكون الحرارة الناتجة في أثناء إضافة الحمض إلى القاعدة، نتيجة لعملية التعادل فقط وليس نتيجة التخفيف أيضاً. وجد العلماء أنه عندما يتعادل حمض قوي مع قاعدة قوية في الظروف القياسية، فإن حرارة التعادل القياسية ΔH° تساوي قيمة ثابتة وهي 57.3 kJ/mol .

علمت سابقاً أنه يمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة q من التفاعل من خلال معرفة كتلة المحلول m ، والسعة الحرارية النوعية للمحلول c ، وكذلك التغير في درجة الحرارة ΔT في أثناء التفاعل، وذلك من خلال العلاقة الرياضية التالية:

$$q = m c \Delta T$$

ويمكن حساب حرارة التعادل القياسية من خلال قسمة كمية الحرارة المنطلقة على عدد مولات المادة الناتجة من التفاعل. وذلك باستعمال العلاقة الرياضية التالية:

$$\Delta H = - \frac{q}{n}$$

مثال 3-3

حساب حرارة التعادل عند إضافة 100 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl تركيزه 0.5M إلى 100 mL من هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.5M في مسعر عند ضغط ثابت، وكانت درجة حرارة المزيج الابتدائية تساوي 24.5°C والنهائية تساوي 24.9°C . فاحسب حرارة التعادل على افتراض أن الكثافة والحرارة النوعية للمحلول تساوي الكثافة والحرارة النوعية للماء.

1 تحليل المسألة

عرفت من معطيات السؤال كتلة المحلول، والتغير في درجة الحرارة والحرارة النوعية للمحلول. استخدم معادلة الكثافة لمعرفة كثافة المحلول ثم احسب كمية الحرارة المكتسبة من التفاعل.

المعطيات

المطلوب

كتلة المحلول = ؟

كمية الحرارة المكتسبة $J = ?$

الحرارة النوعية للمحلول $c = 4.184 \text{ J/Kg}^\circ \text{C}$

كثافة المحلول $d =$ كثافة الماء 1 g/mol

حجم المحلول $V = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ Kg}$

التغير في درجة الحرارة $\Delta T = 24.5^\circ \text{C} - 24.9^\circ \text{C} = 0.4^\circ \text{C}$

2 حساب المطلوب

احسب كتلة المحلول

احسب حرارة التفاعل

$$m = d \cdot v$$

$$m = 1 \times 200 = 200 \text{ g}$$

$$q = m \times c \times \Delta T$$

$$q = 0.2 \times 4184 \times 0.4$$

$$q = 335 \text{ J}$$

3 تقويم الإجابة

الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

المفردات الجديدة

• حرارة الاحتراق

• Combustion heat

تفاعل الاحتراق Combustion reaction تفاعلات الاحتراق تأخذ حيناً كبيرة من التفاعلات الكيميائية. فالاحتراق يحدث عادة عندما تتفاعل المواد الهيدروكربونية مع الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. وانتاج حرارة كبيرة تسمى حرارة الاحتراق.

حرارة الاحتراق Combustion heat هي كمية الحرارة المنطلقة على شكل طاقة عند احتراق 1 mol من المادة بشكل تام في وجود كمية وافرة من الأكسجين عند الظروف القياسية، وتقاس حرارة الاحتراق عادة باستخدام المسعر. ويوضح الجدول 3-3 حرارة الاحتراق لبعض المواد.

فتفاعلات الاحتراق تتطلب بالضرورة وجود جزيء الأكسجين، وهي في الغالب تفاعلات طاردة للحرارة، فاحتراق الخشب على سبيل المثال، لا يتم إلا بوجود الأكسجين، وبالتالي تنطلق كمية كبيرة من الحرارة. يحتوي الخشب على الكربون والهيدروجين والأكسجين، فهو مادة عضوية، وعند احتراق المادة

التغير الحراري المولاري للاحتراق لبعض المواد		الجدول 3-3
المواد	الصيغة الكيميائية	الاحتراق ΔH
Carbon (graphite)	C	- 394
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	- 1367
Glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆	- 2800
Hydrogen	H ₂	- 286
Methane	CH ₄	- 891
Methanol	CH ₃ OH	- 726
Propane	C ₃ H ₈	- 2219

العضوية ينتج ثاني أكسيد الكربون والماء. كما هو موضح في تفاعل احتراق الميثانول التالي:



✓ **ماذا قرأت؟ اكتب معادلة احتراق غاز الميثان؟**

تفاعلات الاحتراق التام وغير التام

Complete and incomplete combustion

الاحتراق، كغيره من التفاعلات الكيميائية، لا يستهلك المواد الداخلة في التفاعل دائماً بشكل تام 100%. فهي معرضة أحياناً لوجود مواد تحد من سرعة التفاعل أو إتمامه. لذلك، هناك نوعان من الاحتراق هما:

الاحتراق التام Complete combustion وتسمى أيضاً "الاحتراق النظيف"، فالاحتراق النظيف هو أكسدة الهيدروكربونات لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء فقط. ومن الأمثلة على الاحتراق النظيف احتراق الشمعة كما في الشكل 3-14.

الاحتراق غير التام Incomplete combustion وتسمى أيضاً "الاحتراق المتسخ"، يحدث الاحتراق غير التام أو غير الكامل من خلال أكسدة المواد الهيدروكربونية التي تنتج أول أكسيد الكربون و/أو مادة الكربون السوداء (السخام)، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون. ومثال على الاحتراق غير الكامل حرق الفحم وحرق الأشجار في الغابة كما هو موضح في الشكل 3-15. وغالباً ما ينتج عن حرق الوقود الأحفوري غير المكتمل مواد غير مفيدة.

✓ **ماذا قرأت؟ ما الفرق بين الاحتراق التام والاحتراق غير التام؟**



الشكل 3-14 احتراق مادة الشمع مثال

على الاحتراق التام النظيف ويتصاعد بخار الماء وثاني أكسيد الكربون.

فسر لا يعد احتراق فتيل الشمعة احتراقاً نظيفاً



الشكل 3-15 احتراق الأشجار مثال على

الإحتراق غير التام حيث يصدر عنها أول وثاني أكسيد الكربون.

التقويم 3-2

الخلاصة

- يستخدم المسعر لقياس كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام معزول.
- تختلف الحرارة النوعية للمواد بسبب اختلاف تراص الذرات.
- تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل.
- عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية فإن حرارة التعادل تساوي قيمة ثابتة.
- يحدث تفاعل الاحتراق عندما تتفاعل المواد الهيدروكربونية مع الأكسجين.

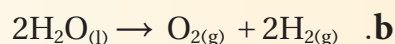
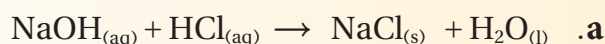
9. **الفكرة الرئيسية** **وضح** المقصود بالتغير في المحتوى الحراري؟

10. **وضح** المقصود بحرارة الاحتراق.

11. **فسّر**. تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بزيادة درجة الحرارة.

12. **فسّر** العلاقة بين استقرار المركب وحرارة تكوينه.

13. **احسب** حرارة التكوين القياسية للتفاعلات الآتية:



علمًا بأن حرارة التكوين القياسية للمركبات التالية هي:

$$\Delta H_F \text{NaOH}(aq) = -469.6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_F \text{HCl}(g) = -92.3 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_F \text{NaCl}(s) = -411.12 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_F \text{H}_2\text{O}(l) = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يوضح العلاقة بين طاقة الرابطة وطولها.

مراجعة المفردات

الطاقة: القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة. وتكون الطاقة في صورة طاقة وضع أو طاقة حركة.

المفردات الجديدة

• طاقة الرابطة

• Bond energy

طاقة الرابطة Bond Energy

الفكرة الرئيسية كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين ذرتين، تساوي كمية الطاقة الناتجة من تكوين الرابطة بينهما.

الربط مع الحياة هل حاولت يوماً كسر مسطرة خشبية بطول 30 cm وأخرى بطول 5 cm؟ من السهل كسر المسطرة الخشبية الطويلة، ولكن يصعب كسر الصغيرة. هل تساءلت يوماً: أيهما أسهل؛ كسر مسطرة واحدة، أم كسر أكثر من مسطرة مجمعة؟ كلما زاد عدد المساطر الخشبية أصبح من الصعب كسرها. وكذلك بالنسبة لطول الرابطة؛ فكلما كانت الرابطة أطول كان كسرها أسهل، وكلما كان عددها أكبر ستحتاج إلى طاقة أكبر لكسرها.

طاقة الرابطة Bond energy

في جميع الروابط الكيميائية، مثل الرابطة التساهمية بين الهيدروجين والأكسجين، تكون كمية الطاقة اللازمة لكسرها تساوي كمية الطاقة المنطلقة عند تكوّن هذه الرابطة، هذه القيمة تدعى طاقة الرابطة. ويمكن تعريف **طاقة الرابطة Bond energy** على أنها مقياس لقوة الرابطة الكيميائية، ويرمز لها بالرمز E، والتي تعني أيضاً المحتوى الحراري للرابطة. فطاقة الرابطة بين C-H في جزيء الميثان CH₄ هي التغير في المحتوى الحراري الحادث عند تكسر جزيء واحد من الميثان إلى ذرة كربون واحدة وأربع ذرات هيدروجين. وهناك فرق بين طاقة الرابطة (E) وبين طاقة تفكك الرابطة.

طاقة الرابطة الكيميائية Chemical bond energy

عندما يتم مشاركة الإلكترونات أو انتقالها بين ذرات العناصر لتكوين الرابطة الكيميائية يتم تخزين كمية من الطاقة في الرابطة الكيميائية. فالرابطة الأقوى هي التي تمتلك الطاقة الأكبر وتحتاج طاقة أكبر لكسرها. ويمكن توضيح حرارة التفاعل الكيميائي بدلالة طاقة الرابطة. فبعض الروابط يتم كسرها في أثناء التفاعل، وتتكون روابط جديدة في المواد الناتجة، ويصاحب ذلك امتصاص أو انبعاث طاقة؛ فإذا كانت الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة أقل من الطاقة اللازمة لتكوين المواد الناتجة كان التفاعل طارداً للطاقة على شكل حرارة ترفع درجة حرارة وعاء التفاعل، وتكون إشارة قيمة حرارة التفاعل سالبة في هذه الحالة، أما إذا كانت الطاقة اللازمة لتكوين المواد الناتجة أقل من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة كان التفاعل ماصاً للطاقة، ويتم امتصاص هذه الطاقة من المحيط، ويصاحب ذلك تبريد وعاء التفاعل، وتكون إشارة قيمة حرارة التفاعل موجبة في هذه الحالة.

يعدّ طول الرابطة مقياساً للمسافة بين أنوية الذرات المشاركة في الرابطة، وتكون الرابطة الأحادية أطول من الثنائية، والثنائية أطول من الثلاثية. وتوجد علاقة عكسية بين طاقة

الجدول 3-4					طول الرابطة بوحدة (Pm) وطاقة الرابطة بوحدة (kJ/mol)
نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة	نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة
H-H	74	436	H-C	109	413
C-C	154	348	H-N	101	391
N-N	145	170	H-O	96	366
C-I	214	216	H-F	92	568
F-F	142	158	H-Cl	127	432
Cl-Cl	199	243	H-Br	141	366
Br-Br	228	193	H-I	161	298
I-I	267	151	C=C	134	614
C-C	154	348	C≡C	120	839
C-N	147	308	O-O	148	145
C-O	143	360	O=O	121	498
C-S	182	272	N-N	145	170
C-F	135	488	N≡N	110	945
C-Cl	177	330			
C-Br	194	288			

الرابطة وطولها؛ فالرابطة الثلاثية لها أكبر طاقة رابطة من الثنائية، والثنائية لها طاقة رابطة أكبر من الأحادية. ويبيّن الجدول 3-4 طاقات وأطوال بعض الروابط.

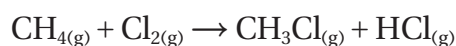
حساب حرارة التفاعل بدلالة طاقة الرابطة

Calculating enthalpy change in terms of bond energy

في أي تفاعل كيميائي يحدث تحطم روابط وتكوين روابط جديدة، ولتحطيم الروابط تلزم طاقة (عملية ماصة للحرارة)، وعند تكوين الروابط تنتج طاقة (عملية طاردة للحرارة)، إذن يمكن كتابة حرارة التفاعل في هذه الحالة على الصورة التالية:

حرارة التفاعل = حرارة كسر الروابط في المواد الناتجة - حرارة تشكّل الروابط في المواد المتفاعلة.

فعند تفاعل غاز الكلور مع غاز الميثان بحسب المعادلة الكيميائية التالية:



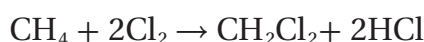
نجد أن رابطة من نوع C-H تحطمت وطاقته 413 kJ/mol -، بينما تحطمت

رابطة من نوع Cl - Cl طاقتها -242 kJ/mol ، وتشكّلت رابطة من نوع C - Cl طاقتها -328 kJ/mol ، كما تشكلت رابطة من نوع H - Cl طاقتها -431 kJ/mol .

$$\text{فتكون طاقة حرارة التفاعل} = (-328) + (-431) - (-413) + (-242) = -104 \text{ kJ/mol}$$

مثال 3.4

حساب حرارة التفاعل ΔH احسب حرارة التفاعل مستخدماً طاقة الروابط كما في الجدول 3-4 للتفاعل الآتي:



1 تحليل المسألة

لديك معادلة كيميائية، وطاقة الروابط من خلال الجدول (3-4).

المعطيات

المعادلة الكيميائية أعلاه

المطلوب

$$\Delta H = ?$$

2 حساب المطلوب

أحسب طاقة تكوين الروابط

$$\Delta H_{\text{rxn}} = \sum \text{BE}_{\text{broken}} - \sum \text{BE}_{\text{formed}}$$

$$\Delta H_{\text{rxn}} = 4(\text{C-H}) + 2(\text{Cl-Cl}) - 2(\text{C-H}) + 2(\text{Cl-Cl}) + 2(\text{H-Cl})$$

$$= 4(109) + 2(199) - 2(109) + 2(199) + 2(127)$$

$$= (436 + 398) - (218 + 398 + 254)$$

$$= -36 \text{ kJ (طارد للحرارة)}$$

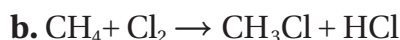
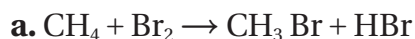
أحسب طاقة ΔH

3 تقويم الإجابة

تم استخدام القيم الصحيحة لطاقة الروابط، والعمليات الحسابية صحيحة.

مسائل تدريبية

14. احسب حرارة التفاعلات الآتية بدلالة طاقة الروابط، مستخدماً الجدول 3-4:



يتم حساب حرارة التفاعل (ΔH_{rxn}) باستخدام العلاقة الآتية:
 حرارة التفاعل (ΔH_{rxn}) = مجموع طاقة الروابط التي تكسرت - مجموع طاقة الروابط التي تكوّنت.

$$\Delta H_{\text{rxn}} = \sum BE_{\text{broken}} - \sum BE_{\text{formed}}$$

طاقة الرابطة مقياس لكمية الطاقة اللازمة لتحطيم مول واحد من الغازات المرتبطة تساهمياً، ووحدة SI المستخدمة لوصف طاقة الرابطة هي كيلوجول لكل مول من الروابط (kJ/mol).

ترتبط الذرات معاً لتشكيل المركبات؛ لأنها تحصل عندئذ على طاقة أقل مما لو كانت ذرات منفردة. ويتم إطلاق كمية من الطاقة عادة على شكل حرارة تعادل الفرق بين طاقات الذرات المترابطة وطاقات الذرات المنفصلة، وعندما تتحد الذرات لتكوين مركبات، تتحرر الطاقة، ويصبح للمركب طاقة إجمالية منخفضة.

وعندما يحدث تفاعل كيميائي، تتحطم روابط، وتتشكل روابط أخرى لتكوين جزيئات مختلفة. فعلى سبيل المثال، تتحطم روابط جزيئين من الماء لإنتاج الهيدروجين والأكسجين.

والروابط لا تتكسر أو تتشكل بشكل عفوي، ولكن يتطلب ذلك تغيير الطاقة. وتُعرف الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بطاقة الرابطة. وإذا كان هذا المفهوم يبدو بسيطاً، إلا أن طاقة الرابطة تؤدي دوراً مهماً في وصف بنية الجزيء وخصائصه. ويمكن استخدامها لتحديد تركيب لويس النقطي الأكثر ملاءمة عندما توجد عدة تراكيب لويس نقطية.

وعندما تكون الروابط قوية، تكون هناك طاقة رابطة مرتفعة؛ لأنه يتطلب وجود المزيد من الطاقة لكسرها. وهذا يرتبط برتبة الرابطة - عدد الروابط بين زوج من الذرات - وطولها. فعندما تكون رتبة الرابطة أكبر، يصبح طول الرابطة أقصر، وهذا يعني طاقة رابطة أكبر؛ بسبب زيادة التجاذب الكهربائي. ويمكن القول بشكل عام، إنه كلما كان طول الرابطة أقصر، تصبح طاقة الرابطة أكبر.

***متوسط طاقة الرابطة Average bond energy** على الرغم من أن لكل جزيء خصائص طاقة الرابطة المميزة لها، إلا أنه يمكن تعميم بعض هذه الخصائص على باقي الجزيئات. فعلى سبيل المثال، على الرغم من أن القيمة الدقيقة لطاقة الرابطة بين C-H تعتمد على جزيء معين، إلا أن جميع الروابط بين C-H لديها القيمة نفسها تقريباً لطاقة الرابطة؛ لأنها كلها روابط بين C-H. حيث يلزم ما يقرب من 100 kcal من الطاقة لكسر 1mol من الروابط بين C-H، لذلك فعندما نتحدث عن طاقة الرابطة بين C-H نقول إنها حوالي 100 kcal/mol، والرابطة بين C-C لديها طاقة رابطة حوالي 80 kcal/mol، في حين أن الرابطة بين C=C لديها طاقة نحو

145 kcal/mol. ويمكننا حساب طاقة الرابطة بشكل أكثر عمومية من خلال إيجاد متوسط طاقات الرابطة لروابط محددة في جزيئات مختلفة؛ للحصول على متوسط طاقة الرابطة.

ومتوسط طاقات الروابط هو مجموع متوسطات طاقات الروابط المتفككة. فعلى سبيل المثال، متوسط طاقة الرابطة بين O-H في H₂O هو 464 kJ/mol؛ ويرجع ذلك إلى حقيقة أن الرابطة بين H-OH تتطلب 498.7 kJ/mol لكي تنفصل، في حين أن الرابطة بين O-H يحتاج فصلها إلى 428 kJ/mol.

$$\frac{498.7 \text{ kJ/mol} + 428 \text{ kJ/mol}}{2} = 464 \text{ kJ/mol}$$

وعند الأخذ في الاعتبار المزيد من طاقات الرابطة لروابط في جزيئات مختلفة، يصبح متوسط طاقات الرابطة أكثر دقة. ودائماً تذكر أن:

• متوسط قيم الروابط لن تكون دقيقة مثل قيم طاقات تفكك الروابط لجزيئات محددة.

• الروابط الثنائية روابط ذات طاقة عالية مقارنة مع الروابط الأحادية، ولكن ليس بالضرورة أن تكون أعلى منها للضعف.

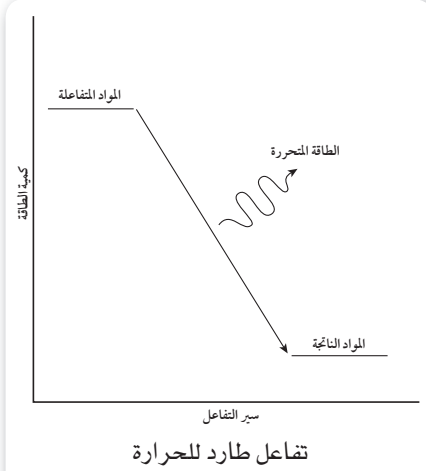
• الروابط الثلاثية روابط ذات طاقة عالية مقارنة مع الروابط الأحادية والروابط الثنائية، ولكن ليس بالضرورة أن تكون أعلى منها بثلاثة أضعاف.

*** كسر الروابط وتشكيلها Bond breakage and formation** عندما

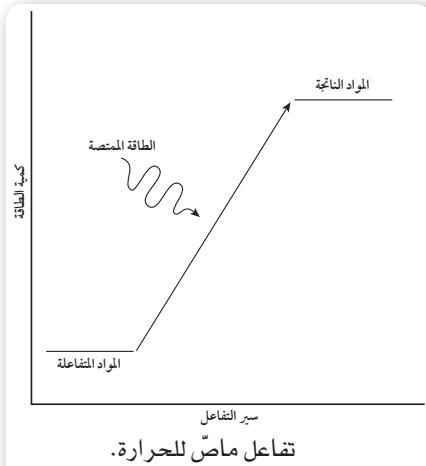
يحدث تفاعل كيميائي، تقوم الذرات في المواد المتفاعلة بإعادة ترتيب الروابط الكيميائية لتكوين المواد الناتجة، وهذا الترتيب الجديد للروابط لا يحتوي على القيمة الإجمالية للطاقة كما كانت في المواد المتفاعلة؛ لذلك، فعندما تحدث تفاعلات كيميائية، سيصاحب التفاعل دائماً تغير في الطاقة.

وفي بعض التفاعلات، تكون الطاقة في المواد الناتجة أقل من الطاقة في المواد المتفاعلة. وهكذا، في سياق التفاعل، تفقد المواد الطاقة إلى البيئة المحيطة. وتسمى هذه التفاعلات تفاعلات طاردة للحرارة، ويمكن تمثيلها بمخطط مستوى الطاقة كما هو مبين في الشكل 3-16. وفي معظم الحالات تعطى الطاقة في صورة حرارة، على الرغم من أن بعض التفاعلات تعطي الطاقة في صورة ضوء.

أما في التفاعلات الكيميائية التي يكون للمواد الناتجة طاقة أعلى من المواد المتفاعلة، فيجب على المواد المتفاعلة امتصاص الطاقة من البيئة المحيطة بها ليتم التفاعل. وتسمى هذه التفاعلات تفاعلات ماصة للحرارة، ويمكن تمثيلها بمخطط مستوى الطاقة المبين في الشكل 3-17.



الشكل 3-16 للحصول على تفاعل كيميائي طارد للحرارة، تعطى الطاقة من خلال تحويل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.



الشكل 3-17 للحصول على تفاعل كيميائي ماص للحرارة، يتم امتصاص الطاقة عند تحويل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.

التقويم 3-3

الخلاصة

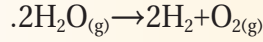
- عند تحطيم الروابط تلزم طاقة (عملية ماصة للحرارة)، وعند تكوين الروابط تنتج طاقة (عملية طاردة للحرارة).
- العلاقة بين طاقة الرابطة وطولها هي علاقة عكسية.
- لا تتم عملية تكسير الروابط بشكل عفوي بل يتطلب ذلك تغيير في الطاقة.
- في التفاعلات الطاردة للحرارة تعطى الطاقة في صورة حرارة، وتكون الطاقة في المواد الناتجة أقل من الطاقة في المواد المتفاعلة.
- في التفاعلات الماصة للحرارة تكون الطاقة في المواد الناتجة أعلى من الطاقة في المواد المتفاعلة.

15. الفكرة الرئيسية : ما المقصود بطاقة الرابطة؟

16. متى يتم تحرير الطاقة وامتصاصها؟

17. إذا كانت طاقة الرابطة بين H-Cl هي 431 kJ/mol. فما الطاقة الإجمالية للرابطة لـ 2 moles من حمض الهيدروكلوريك HCl؟

18. باستخدام طاقات الروابط الواردة في الجدول 3-4، احسب التغير في المحتوى الحراري لتحلل الماء من خلال المعادلة الكيميائية التالية:



19. هل يُعدّ التفاعل الوارد في السؤال السابق طارداً أم ماصاً للحرارة؟ فسّر إجابتك.

20. أيّ الروابط التالية لديها أعلى طاقة رابطة؟ وأيها لديها الأقل؟
H-F، H-I، H-O، H-H

كيف تعمل الأشياء؟

المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود

قد لا تزودنا محطات الوقود في المستقبل القريب بأنواع من الجازولين فقط، ولكنها ستضخّ أيضًا وقودًا يسمى E85. ويمكن استعمال هذا الوقود في المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود flexible fuel – vehicle أو (FFV). والفرق بين هذا النوع من المركبات والمركبات التقليدية أن المركبات التقليدية تستعمل الجازولين بنسبة 100% أو خليطًا يتكون من 10% إيثانول و90% بنزين، في حين تستعمل FFV أنواع الوقود التي تعمل بها المركبات التقليدية، كما تستعمل E85 الذي يحتوي على 85% كحول. ويتميز الوقود E85 بعدم اعتماده على الوقود الأحفوري بنسبة عالية.



1 **مصدر متجدد** E85 وقود 15% من حجمه جازولين و 85% إيثانول. والإيثانول C_2H_5OH وقود متجدد يمكن إنتاجه منزليًا.

2 **فائدة بيئية** يقلل احتراق E85 من إطلاق غازات الدفيئة (ومنهما ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين) مقارنة بالجازولين.

3 **متطلبات الاحتراق** محرك FFV الذي يحرق E85 يحتاج إلى خليط أغنى (وقود أكثر، هواء أقل) من حجم مماثل من الجازولين. أما حاقنات الوقود في FFV فيجب أن يكون لديها القدرة على حقن كمية وقود أكبر من 30%.

4 **منع التلوث** إن محتوى الإيثانول في E85 عالٍ لدرجة أنه يُتلف بعض المواد المستعملة في المركبات التقليدية. لذلك يصنع خزان وقود FFV من الفولاذ الذي لا يصدأ، كما تُصنع أنابيب الوقود من الفولاذ الذي لا يصدأ أو تكون مبطنة بمواد لا تتفاعل.

الكيمياء

الكتابة في

اكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل الاحتراق الكامل لكل من 1 mol من الأوكتان C_8H_{18} ، وهو أحد مكونات البنزين، و 1 mol من الإيثانول.

$(\Delta H_{\text{comb}} C_8H_{18} = -5471 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{comb}} C_2H_5OH = -1367 \text{ kJ/mol})$

أيها يُطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 mol من الوقود؟
أيها يُطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 Kg من الوقود؟

مختبر الكيمياء

قياس السُّعرات الحرارية

الخلفية النظرية يطلق حرقُ شريحة بطاطس الحرارة المختزنة في المواد الموجودة في الشريحة. استعمل المسعر لحساب الكمية التقريبية للطاقة الموجودة في شريحة بطاطس.

سؤال ما عدد السُّعرات في شريحة البطاطس؟

المواد والأدوات اللازمة

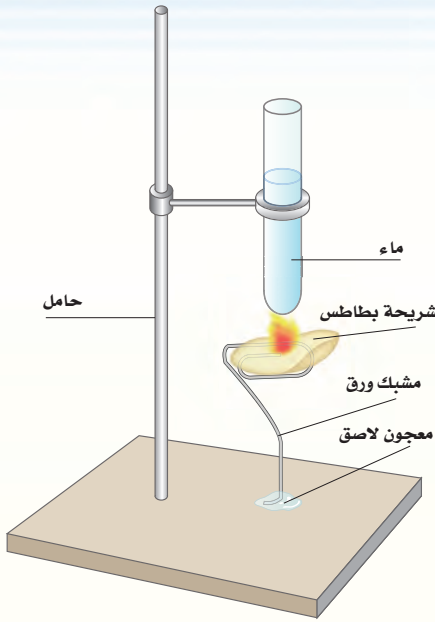
شريحة بطاطس / قطعة مكسرات	حامل معدني مع حلقة
أنبوب اختبار	أعواد ثقاب
مخبار مدرج سعته 100 mL	ساق تحريك زجاجية
مقياس حرارة غير زئبقي	ميزان

إجراءات السلامة

تحذير: لا تسخن أواني زجاجية مكسورة أو جزء منها مكسور، أو متصدعة. لا تأكل أي شيء يستعمل في المختبر.

خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. قس كتلة شريحة البطاطس، وسجلها في جدول بيانات.
3. ضع شريحة بطاطس مقلية جاهزة (أو قطعة مكسرات) على مشبك الورق.
4. قس كتلة أنبوب الاختبار الفارغ، وسجلها في جدول البيانات.
5. استعمل المخبر المدرج؛ لقياس 20 mL ماء، وصبّه في الأنبوب، ثم قس كتلة الأنبوب والماء معاً.
6. قس درجة الحرارة الأولية للماء، وسجلها.
7. ثبت مشبك الورق على القاعدة الفلزية للحامل ثم ثبت عليه قطعة البطاطس.
8. اترك مسافة (3-4 cm) بين قطعة البطاطس والأنبوب، مع ملاحظة تعديل الارتفاع في حال انخفاض مستوى اللهب.
9. حرك الماء في الكأس بلطف في أثناء احتراق الشريحة، وقيس أعلى درجة حرارة يصل إليها الماء، وسجلها.
10. قس درجة الحرارة في نهاية عملية الاحتراق.



11. التخلص من النفايات اتباع تعليمات المعلم للتخلص من المواد المستعملة في التجربة.

التحليل والاستنتاج

1. صنّف. هل التفاعل طارد للحرارة أو ماصّ لها؟ كيف عرفت ذلك؟
2. لاحظ واستنتج. صف المادة المتفاعلة ونواتج التفاعل الكيميائي. هل استُهلكت المادة المتفاعلة (شرائح البطاطس) كلياً؟ ما الدليل الذي يؤيد إجابتك؟
3. احسب كتلة الماء والتغير في درجة حرارته. استعمل المعادلة $q = c \times m \times \Delta T$ لحساب كمية الحرارة J، التي انتقلت إلى الماء من الشريحة المحترقة.
4. احسب. حوّل كمية الحرارة من جول/ شريحة إلى سعر/ شريحة.
5. احسب كتلة الحصة الواحدة بالجرام من المعلومات الموجودة على عبوة الشرائح، وحدد عدد السُّعرات الغذائية في الحصة الواحدة، ثم استعمل بياناتك لحساب عدد السُّعرات الغذائية الناتجة عن احتراق حصة واحدة.

الاستقصاء

توقع هل لشرائح البطاطس جميعها عدد السُّعرات نفسه؟ اعمل خطة لفحص أنواع مختلفة من الشرائح.

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية عادة الحرارة أو تطلقها.

3-1 تغيرات الطاقة

الفكرة الرئيسية

قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائماً.

المفردات

- الطاقة
- قانون حفظ الطاقة
- الطاقة
- قانون حفظ الطاقة
- المحتوى الحراري
- حرارة التفاعل
- المترابك المنشط
- طاقة التنشيط
- العوامل الحفازة
- المعادلة الكيميائية الحرارية
- Energy
- Law of conservation of energy
- Energy
- Law of energy of conservation
- Enthalpy
- Heat of reaction
- Activated complex
- Activation energy
- Catalysts
- Thermochemical equation

المفاهيم الرئيسية

- تتحول الطاقة من شكل إلى آخر ولكنها تبقى محفوظة.
- تهدف الكيمياء الحرارية إلى تقدير كميات الطاقة المنطلقة أو الممتصة من التفاعلات الكيميائية.
- الكون هو النظام مع المحيط.
- تبين المعادلة الكيميائية الحرارية التغير في المستوى الحراري.
- يبدأ التفاعل بحد أدنى من الطاقة تسمى طاقة التنشيط.

3-2 التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسية

يختلف المحتوى الحراري للمادة باختلاف حالتها الفيزيائية.

المفردات

- المسعر
- السعة الحرارية النوعية
- حرارة التكوين القياسية
- حرارة التعادل
- حرارة الاحتراق
- Calorimeter
- Specific heat
- Heat of formation
- The enthalpy of neutralization
- Enthalpy of combustion

المفاهيم الرئيسية

- يستخدم المسعر لقياس كمية الحرارة الناتجة من تفاعل كيميائي في نظام معزول.
- تختلف الحرارة النوعية للمواد بسبب اختلاف تراص الذرات.
- تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل.
- عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية فإن حرارة التعادل تساوي قيمة ثابتة.
- يحدث تفاعل الاحتراق عندما تتفاعل المواد الهيدروكربونية مع الأكسجين.

3-3 طاقة الرابطة

الفكرة الرئيسية

كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة بين ذرتين، تساوي كمية الطاقة الناتجة من تكوين الرابطة بينهما.

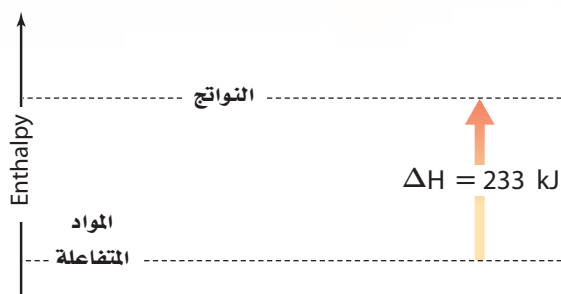
المفردات

• طاقة الرابطة

• Bond energy

المفاهيم الرئيسية

- عند تحطيم الروابط تلزم طاقة (عملية ماصة للحرارة)، وعند تكوين الروابط تنتج طاقة (عملية طاردة للحرارة).
- العلاقة بين طاقة الرابطة وطولها هي علاقة عكسية.
- لا تتم عملية تكسير الروابط بشكل عفوي بل يتطلب ذلك تغيير في الطاقة.
- في التفاعلات الطاردة للحرارة تعطى الطاقة في صورة حرارة، وتكون الطاقة في المواد الناتجة أقل من الطاقة في المواد المتفاعلة.
- في التفاعلات الماصة للحرارة تكون الطاقة في المواد الناتجة أعلى من الطاقة في المواد المتفاعلة.



الشكل 3-18

28. هل التفاعل المبين في الشكل 3-18 ماص أم طارد للحرارة؟ كيف عرفت ذلك؟

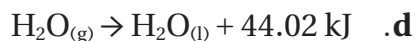
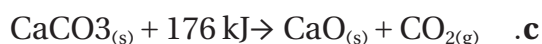
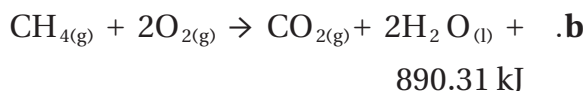
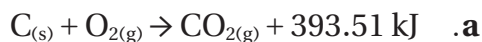
29. أعط مثالين على أنظمة كيميائية وعرف مفهوم الكون في هذين المثالين.

إتقان حل المسائل

30. سخّن 4.0 g من الزجاج فارتفعت درجة حرارته من 274°C إلى 314°C. وامتص طاقة حرارية مقدارها 32 J.

a. احسب الحرارة النوعية لهذا النوع من الزجاج.
b. كم يكتسب من الطاقة هذا النوع من الزجاج عند تسخينه من 314°C إلى 344°C؟

31. حدد لكل من المعادلات التالية قيمة ΔH ، ونوعية التفاعل ماصاً أم طارداً للحرارة.



32. يلزم 335 KJ لتفكك أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 إلى عناصره.

a. اكتب معادلة كيميائية حرارية موزونة لهذا التفاعل.
b. وضح سير هذا التفاعل برسم بياني كامل.

3-1

إتقان المفاهيم

21. يستخدم الرياضيون الكمادات الباردة لتخفيف الألم.

a. ما المواد الموجودة في الكمادة الباردة؟
b. ما آلية عمل الكمادة الباردة؟
c. هل التفاعل الحاصل في الكمادة الباردة ماص أم طارد للحرارة؟

22. اذكر المقصود بالمصطلحات الآتية:

a. الطاقة.
b. المحتوى الحراري.
c. التغير في المحتوى الحراري.
d. طاقة التنشيط
e. المتراكب المنشط

23. ما سبب ارتفاع درجة حرارة جسم السيارة المصنوع من الحديد صيفاً وشتاءً عن درجة حرارة الماء؟

24. ماذا تعني الإشارة السالبة للتغير في المحتوى الحراري ΔH ، وماذا تعني الإشارة الموجبة لها؟

25. قارن المحتوى الحراري للنواتج في نظام تفاعل معين بالمحتوى الحراري للمتفاعلات عندما يكون التفاعل:

a. ماصاً للحرارة.
b. طارداً للحرارة

26. أي مما يلي يتوافق مع معدل التفاعل الأسرع: تفاعل ذو طاقة تنشيط قليلة أم تفاعل ذو طاقة تنشيط كبيرة؟ برّر إجابتك.

27. إذا كانت قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل سالبة. فما الذي يمكن استنتاجه عن الطاقة الكامنة الكيميائية للنظام قبل التفاعل وبعده؟

3-3

إتقان المفاهيم

45. ما الدور الذي تؤديه طاقة الرابطة؟
 46. ما العلاقة بين رتبة الرابطة وطاقاتها؟
 47. ما الفرق بين التفاعل الطارد للحرارة والتفاعل الماص لها؟
 48. ارسم مخطط مستوى الطاقة للتفاعل الطارد للحرارة.

إتقان حل المسائل

49. احسب حرارة التفاعل مستخدماً طاقة الروابط الموجودة في الجدول 3-4 للتفاعلين التاليين:
 a. $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
 b. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 3\text{CO}_{2(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

مراجعة عامة

50. إذا أردت أن تحفظ الشاي ساخناً فإنك تضعه في ترمس. وضح لماذا قد تغسل الترمس بالماء الساخن قبل حفظ الشاي الساخن فيه؟
 51. فرق بين حرارة تكوين $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ و $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ، موضحاً لماذا يلزم تحديد الحالة الفيزيائية للماء في المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية:
 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ أو $\Delta H = ?$

3-2

إتقان المفاهيم

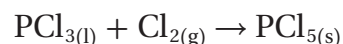
33. ما الأساس الذي يعتمد لتعريف حرارة التكوين وحرارة الاحتراق؟
 34. اكتب المعادلة المستخدمة لحساب قيم حرارة التفاعل من حرارة التكوين.
 35. ما العوامل المؤثرة في قيمة ΔH في نظام تفاعل؟
 36. ماذا تعني الإشارة السالبة للتغير في المحتوى الحراري ΔH ، وماذا تعني الإشارة الموجبة لها؟
 37. ما الذي تصفه حرارة التكوين القياسية لمركب معين؟
 38. ما الكمية التي تقاس بوحدة $\text{J/g}^\circ\text{C}$ ؟
 39. الحرارة النوعية للإيثانول هي $2.44 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. ماذا يعني ذلك؟

إتقان حل المسائل

40. احسب الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة عينة ألومنيوم كتلتها 55g من 22.40°C إلى 94.60°C علماً بأن الحرارة النوعية للألومنيوم $= 0.897 \text{ J/(g}^\circ\text{K)}$.
 41. احسب حرارة التفاعل لاحتراق غاز أول أكسيد النيتروجين NO لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 كما في المعادلة الكيميائية الحرارية التالية:
 $\text{NO}_{(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)}$
 42. احسب الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 180.0g من الماء من (10.0°C) إلى (40.0°C) ، علماً بأن الحرارة النوعية للماء $4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$.
 43. صف تطبيقات عملية تبين فيها كيف تتغير طاقة الوضع إلى طاقة حركية.
 44. السيارات كيف تتحول الطاقة في الجازولين؟ وما الطاقة الناتجة عن احتراقه في محرك السيارة؟

التفكير الناقد

52. طبقْ يُعدّ ثالث كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير مركبات الفوسفور العضوية. بين كيف يمكن استعمال المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:



53. توقع. أيّ المركبين (غاز الميثان CH_4 ، بخار الميثانول CH_3OH)، له حرارة احتراق أكبر؟ وضح إجابتك. (ملاحظة: اكتب وقارن المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين لتفاعل الاحتراق لكل منهما).

مسألة تحفيز

54. حُلّلت عينة من الغاز الطبيعي فوجد أنها تتكون من 88.4% ميثان CH_4 و 11.6% إيثان C_2H_6 . فإذا كانت حرارة الاحتراق القياسية للميثان هي -891 kJ/mol ، وينتج عن احتراقه غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وماء سائل H_2O ، فاكتب معادلة احتراق غاز الإيثان مكوناً ثاني أكسيد الكربون والماء، ثم احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستعملاً حرارة التكوين القياسية. ثم استعمل النتيجة وحرارة الاحتراق القياسية للميثان من الجدول 3-3، في حساب الطاقة المنطلقة عن احتراق 1 kg من الغاز الطبيعي.

مراجعة تراكمية

55. ما التركيز المولاري لمحلول تم تحضيره بإذابة 25.0 g من ثيوسيانات الصوديوم (NaSCN) في كمية كافية من الماء لعمل 500 mL من المحلول؟

56. عدّد ثلاث خصائص جامعة للمحاليل.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

57. **الوقود البديل** ابحث من خلال المصادر وشبكة الإنترنت كيف يمكن إنتاج الهيدروجين وشحنه واستعماله وقوداً للسيارات، ثم لخص فوائد وعوائق استعمال الهيدروجين وقوداً بديلاً في محركات الاحتراق الداخلي.

أسئلة المستندات

زيت الطبخ قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أربعة أنواع من زيوت الطبخ في مسعر لتحديد مدى وجود علاقة بين حرارة الاحتراق وعدد الروابط الثنائية في جزيء الزيت. حيث تحتوي زيوت الطبخ على سلاسل طويلة من ذرات الكربون التي ترتبط بروابط مفردة أو ثنائية، والسلسلة التي لا تحتوي على روابط ثنائية تسمى المشبعة، والزيوت التي تحتوي على رابطة ثنائية أو أكثر تسمى غير مشبعة، ويوضح الجدول 3-5 حرارة الاحتراق للزيوت الأربعة. وقد حسب الباحثون نسبة انحراف النتائج فوجدوها 0.6%، فاستنتجوا أنه لا يمكن تحري أي علاقة بين التشبع وحرارة الاحتراق بالطريقة المختبرية المستعملة.

الجدول 3-5 نتائج حرق الزيوت	
ΔH_{comb} kJ/g	نوع الزيت
40.81	زيت الصويا
41.45	زيت الكانولا
39.31	زيت الزيتون
40.98	زيت الزيتون البكر الممتاز

58. أي الزيوت أعطى أكبر كمية من الحرارة لكل وحدة كتلة عند احتراقه؟

59. ما مقدار الحرارة التي قد تنطلق عند حرق 0.554 kg من زيت الزيتون؟

60. افترض أنه عند حرق 12.2 g من زيت الصويا استعملت الطاقة الناتجة جميعها في تسخين 1.600 kg من الماء الذي درجة حرارته الأولية 20.0 °C، فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. فيما يتعلق بالتفاعل :



أي العبارات التالية صحيحة:

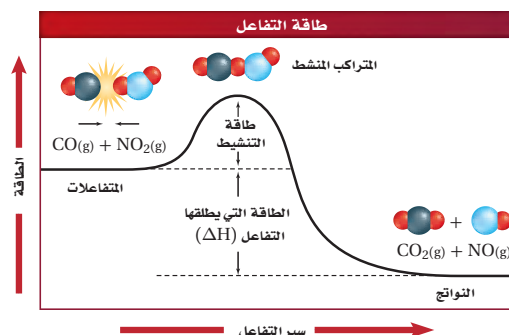
- a. التفاعل ماص للحرارة
- b. حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة احتراق $S_{(s)}$
- c. حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة التفاعل
- d. حرارة احتراق $S_{(s)}$ = حرارة التفاعل

2. كيف تقارن طاقة المعقد المنشط بطاقات المتفاعلات والنواتج ؟

- a. تكون أقل من كلتا الطائفتين
- b. تكون أقل من طاقة المتفاعلات وأكبر من طاقة النواتج
- c. تكون أقل من طاقة المتفاعلات وأكبر من طاقة النواتج
- d. تكون أكبر من كلتا الطائفتين

3. في الشكل التالي الذي يوضح تغير الطاقة مع سير التفاعل، يظهر المعقد المنشط في:

- a. يسار نهاية المنحنى
- b. يمين نهاية المنحنى
- c. أسفل المنحنى
- d. قمة المنحنى



4. ما المادة التي تغير سرعة التفاعل دون أن تستهلك أو تتغير؟

- a. المعقد النشط
- b. الحفاز
- c. المركب السيط
- d. المتفاعل

5. ما كتلة عينة من النحاس تمتص طاقة 53.9 J عندما تسخن من $274^{\circ}C$ إلى $314^{\circ}C$ ولها حرارة نوعية تساوي (0.385 J/gK) ؟

- a. 4.0g
- b. 3.5g
- c. 8.0g
- d. 0.04g

6. تكون إشارة قيمة حرارة التفاعل الماص للحرارة:

- a. موجبة أو سالبة
- b. معتمدة على طاقة الروابط في المواد المتفاعلة
- c. موجبة دائماً
- d. سالبة دائماً

7. لديك طاقة الرابطة للذرات التالية، احسب التغير في حرارة التفاعل بين مول واحد من غاز الهيدروجين، ومول واحد من غاز الكلور، لإنتاج HCl.

الرابطة	حرارة التفاعل kJ/mol
H-H	436
Cl-Cl	242
H-Cl	431

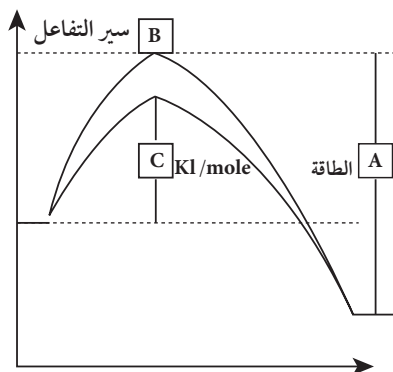
- a. -247 kJ/mol
- b. -184 kJ/mol
- c. +184 kJ/mol
- d. +247 kJ/mol

8. الحرارة النوعية للإيثانول $2.44 \text{ J/g}^{\circ}C$. ما الطاقة (kJ) اللازمة لتسخين 50 g من الإيثانول من درجة حرارة $20.0^{\circ}C$ إلى $68.0^{\circ}C$ ؟

- a. 10.7 kJ
- b. 8.30 kJ
- c. 2.44 kJ
- d. 5.86 kJ

اختبار مقنن

13. الرسم البياني يمثل سير التفاعل لتفكك فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:

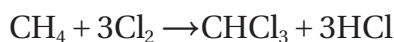


- على ماذا تدل الرموز A, B, C؟
- هل التفاعل في المسار 1 ماص أم طارد للحرارة؟
- أي المسارين 1 أم 2 يكون فيه التفاعل أسرع؟ ولماذا؟

14. اكتب إشارة ΔH لكل من تغيرات الحالة الفيزيائية الآتية:

- $C_2H_5OH_{(s)} \rightarrow C_2H_5OH_{(l)}$
- $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$
- $CH_3OH_{(l)} \rightarrow CH_3OH_{(g)}$
- $NH_{3(l)} \rightarrow NH_{3(s)}$

15. احسب حرارة التفاعل:



إذا علمت أن طاقات الروابط هي كما يلي:

- $C-H = 413 \text{ kJ/mol}$, $Cl_2 = 243 \text{ kJ/mol}$,
 $C-Cl = 397 \text{ kJ/mol}$, $H-Cl = 432 \text{ kJ/mol}$

أسئلة الإجابات المفتوحة

16. لماذا يتم تخزين الأسيتيلين في اسطوانات مملوءة بمحلول الأسيتون؟

17. ما أهمية المسعر المستخدم في تجارب الكيمياء الحرارية؟

18. اشرح كيف يساعد التعرّيق على تبريد جسمك؟

9. إذا سُخِّنت رقاقة ألومنيوم كتلتها 3.00 g في فرن، فارتفعت درجة حرارتها من $20.0^\circ C$ إلى $662.0^\circ C$ ، وامتصت 1728 J من الحرارة، فما الحرارة النوعية للألومنيوم؟

- $0.131 \text{ J/g}^\circ C$
- $0.870 \text{ J/g}^\circ C$
- $0.897 \text{ J/g}^\circ C$
- $2.61 \text{ J/g}^\circ C$

10. يسمى التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكون مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية:

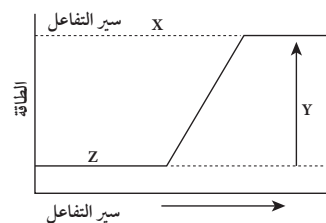
- حرارة الاحتراق
- حرارة التبخر المولارية
- حرارة الانصهار المولارية
- حرارة التكوين القياسية

11. أي مما يلي يمثل تغيراً طارداً للحرارة؟

- انصهار الجليد
- غليان الماء
- تبخّر الماء
- تكاثف بخار الماء

أسئلة الإجابات القصيرة

12. فيما يلي رسم لمنحنى تفاعل كيميائي حراري وعليه النقاط الثلاث X, Y, Z ادرسه وأجب عما يليه:



- ماذا تمثل كل من النقاط:
- توقع نوع التفاعل طارد / ماص للحرارة؟ برر إجابتك.
- ما إشارة المحتوى الحراري للتفاعل السابق؟

الهيدروكربونات Hydrocarbons

4

الوحدة 4

رقم الوحدة: 11FC.4

الفكرة العامة الهيدروكربونات هي مركبات عضوية، تختلف خصائصها باختلاف التركيب الكيميائي.

4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

Introduction to Hydrocarbons

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

4-2 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.

4-3 متشكلات الهيدروكربونات

Hydrocarbon Isomers

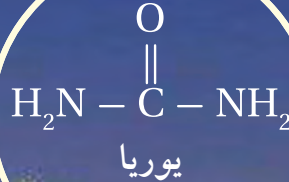
الفكرة الرئيسية لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في الصيغة البنائية مما يؤدي إلى اختلاف خصائصها.

4-4 النفط

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



يوريا فورمالدهيد



يوريا

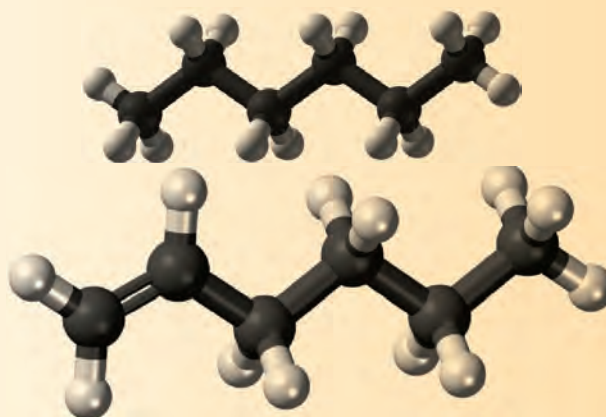
شركة قافكو هي إحدى الشركات التابعة لصناعات قطر، وتقوم بإنتاج وتسويق اليوريا (2.625 مليون طن سنوياً)، والأمونيا (1.848 مليون طن سنوياً)، واليوريا فورمالدهيد.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

التمييز بين الألكانات والألكينات في المختبر

كيف تميز بين الهيدروكربون المشبع (الألكان)، والهيدروكربون غير المشبع (الألكين)؟ تتضمن جزيئات الألكانات روابط تساهمية أحادية فقط، بينما تتضمن جزيئات الألكينات رابطة تساهمية ثنائية على الأقل، إضافة إلى الروابط التساهمية الأحادية.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع 2 mL من الهكسان C_6H_{14} في أنبوب اختبار، ثم ضع 2 mL من الهكسين C_6H_{12} في أنبوب اختبار آخر.
3. استخدم قطارة لإضافة بضع قطرات من محلول البروم Br_2 المذاب في محلول رباعي كلوريد الكربون CCl_4 إلى كل من الأنبوبين، ولاحظ التغير الحادث في كل أنبوب.
4. استخدم مجموعات النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لعمل نماذج بنائية للهكسان والهكسين قبل التفاعل وبعده.

تحليل النتائج

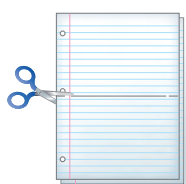
1. ما الملاحظات التي قمت بتسجيلها؟ فسّر هذه الملاحظات.
2. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
3. اكتب معادلة كيميائية تمثل إضافة الكلور Cl_2 إلى جزيء البروين $CH_3CH=CH_2$.

استقصاء كيف تتغير الصيغة الجزيئية للهيدروكربون في حالة وجود روابط ثنائية أو ثلاثية؟

المطويات

منظمات الأفكار

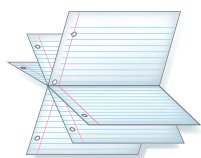
المركبات الهيدروكربونية
اعمل المطوية الآتية لتساعدك
على تنظيم المعلومات حول
المركبات الهيدروكربونية باتباع
الخطوات الآتية:



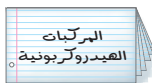
الخطوة 1 اثن ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معاً، واقطع خط الشئ بطول 3 cm.



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

1-4، 2-4، 3-4 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

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.

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.

- الكيمياء العضوية
- Organic chemistry

مقدمة إلى الهيدروكربونات

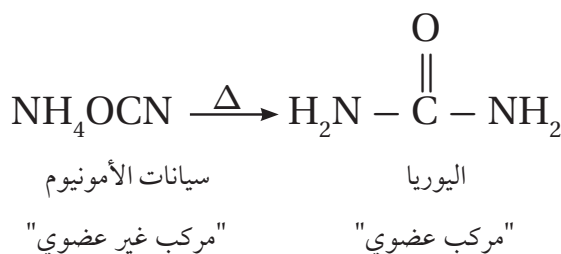
Introduction to Hydrocarbons

الفكرة الرئيسية الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري 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 الحيوية، والتي توجد في أجسام الكائنات الحية سواء كانت نباتية أو حيوانية، لتصنيع المركبات العضوية. وبقي هذا الاعتقاد سائدًا حتى تمكن العالم فريدريك فولر 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 والتشاكل والقابلية للبلل. 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⁻ والكربيدات C⁴⁻ والثيوسيانات SCN⁻.

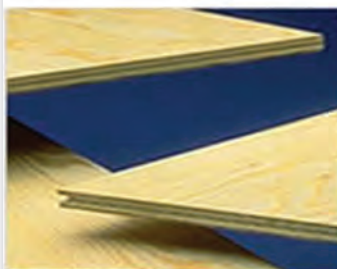
إن عدد المركبات العضوية المعروفة حتى الآن يزيد على ثلاثة ملايين مركب عضوي، وهذا العدد

مواد لاصقة

سجاد

مواد تجميل

مبيدات حشرية



دهانات

إطارات

ملابس

عبوات بلاستيكية

الشكل 1-4 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.

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 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 1-4 للاطلاع على بعض استخدامات المركبات العضوية.

ويعتبر البترول والغاز الطبيعي والفحم من اهم 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 تتشابه 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.

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

المفردات الجديدة

• المجموعة الوظيفية

• Functional group

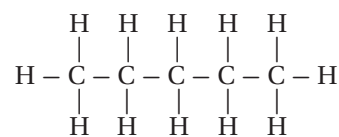
وتعتمد الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية على عاملين هما: عدد وترتيب ذرات الكربون في الجزيء، والمجموعات الوظيفية في الجزيء.

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

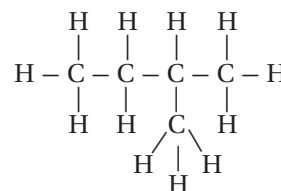
تحدد معظم الخصائص الفيزيائية الهامة بعدد ذرات الكربون في الجزيء؛ فكلما زاد عدد ذرات الكربون، زادت قوى التجاذب بين الجزيئات، وبالتالي تزداد درجات الانصهار والغليان واللزوجة. يستطيع الكربون تكوين سلاسل مستقيمة أو متفرعة، ويمكن أيضاً ترتيب ذرات الكربون على شكل حلقات تعرف بالمركبات الحلقية، انظر الشكل 2-4.

المجموعات الوظيفية في الجزيء The functional groups in the molecule

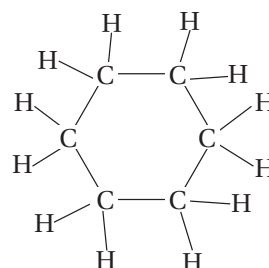
المجموعة الوظيفية The functional group هي أي ذرة محددة أو مجموعة من الذرات التي تكسب الجزيء بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية. ويوضح الجدول 1-4 بعض أهم المجموعات الوظيفية الموجودة في المركبات العضوية. **ماذا قرأت؟ حدد العلاقة بين عدد ذرات الكربون في المركب العضوي ودرجات انصهاره وغليانه. فسر إجابتك.**



سلسلة كربونية مستقيمة



سلسلة كربونية متفرعة

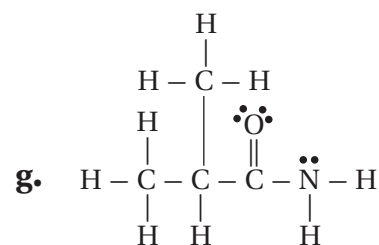
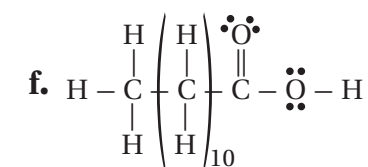
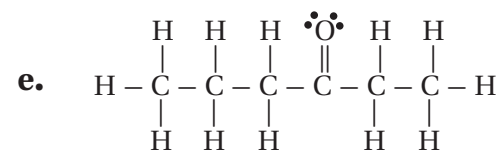
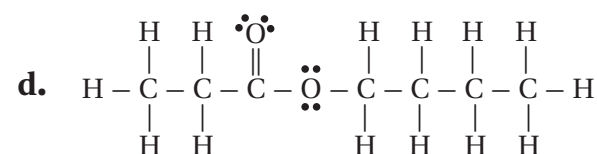
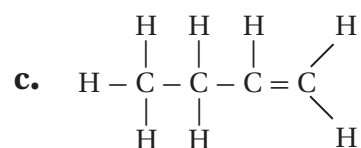
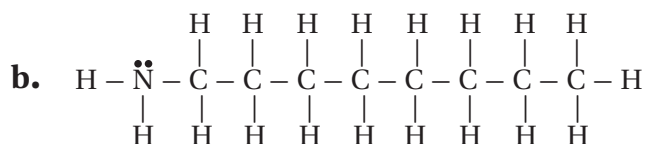
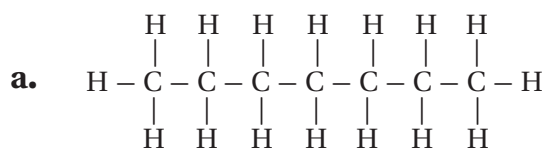


سلسلة كربونية حلقية

الشكل 2-4 أشكال السلاسل الكربونية.

المجموعات الوظيفية الشائعة			الجدول 1-4
المثال	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	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
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$	ألدهيد
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$	كيتون
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{O}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	حمض كربوكسيلي
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OCH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	إستر
CH_3NH_2	$\text{R}-\text{NH}_2$	$-\text{NH}_2$	أمين

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



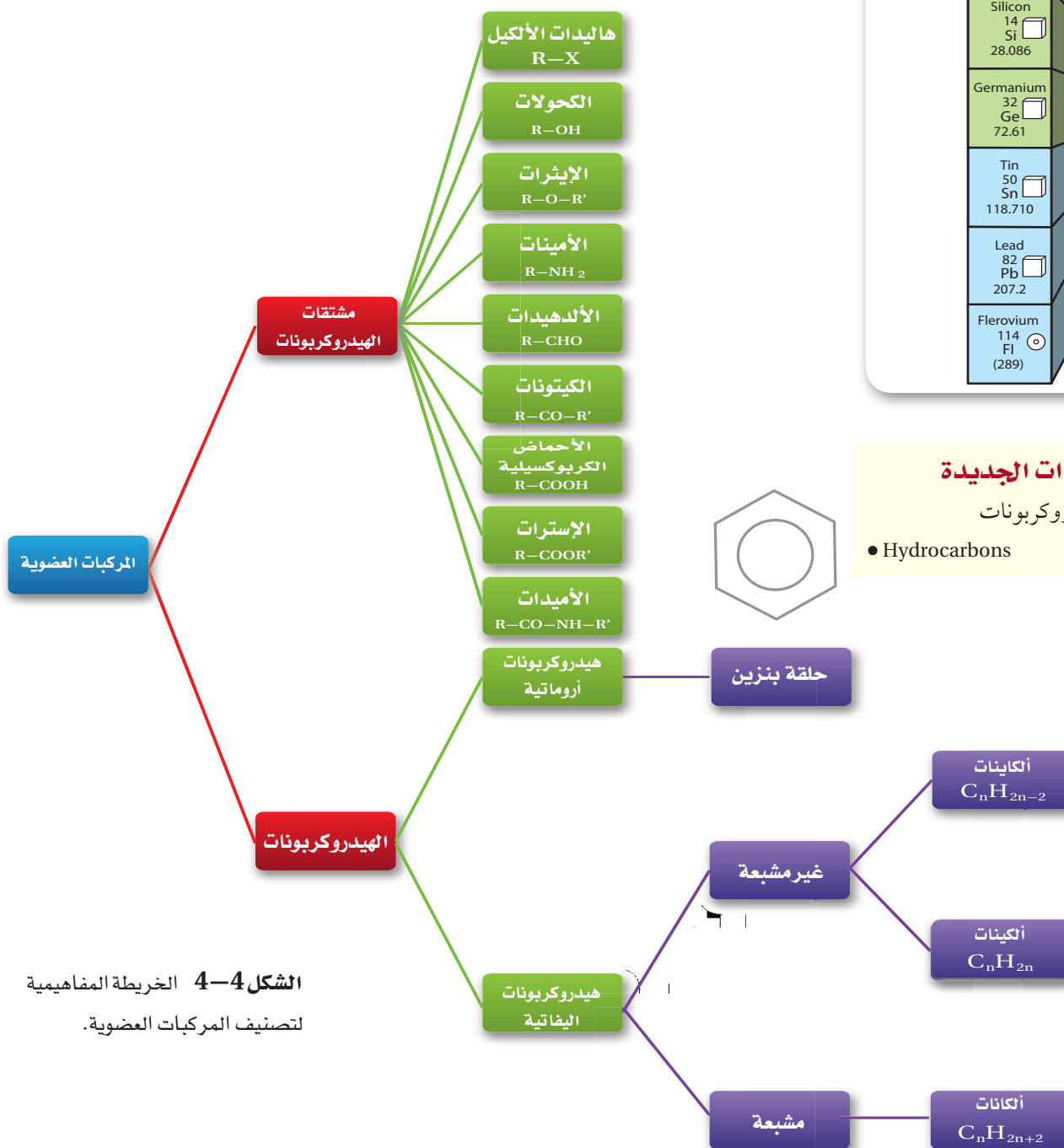
الهيدروكربونات Hydrocarbons

درست سابقاً أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في الشكل 3-4. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربون $1s^2 2s^2 2p^2$ أنه يشارك دائماً بالكربونات، 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 4-4. تُرى ما

الشكل 3-4 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)



الشكل 4-4 الخريطة المفاهيمية لتصنيف المركبات العضوية.

المفردات الجديدة

- الهيدروكربونات
- Hydrocarbons

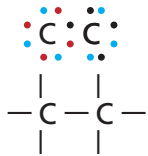


الشكل 5-4 الميثان - أبسط

هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

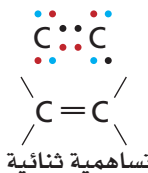
حدد بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصر الأخرى التي تتحد بسهولة مع الكربون.

زوج مشترك واحد



رابطة تساهمية أحادية

زوجان مشتركان



رابطة تساهمية ثنائية

ثلاثة أزواج مشتركة



رابطة تساهمية ثلاثية

••• إلكترونات ذرة الكربون

• إلكترون من ذرة أخرى

الشكل 7-4 تستطيع ذرة الكربون أن

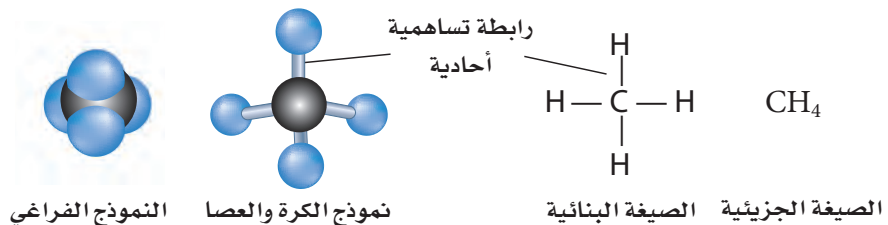
ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية

أو ثلاثية. وتوضّح أشكال لويس والصيغ

البنائية التالية طريقتين من طرائق الإشارة

إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

نماذج جزيء الميثان



الشكل 6-4 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH₄).

عدد المركبات المختلفة التي يمكن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عددًا قليلاً محتملاً يمكن تكوّنه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط. ويعد جزيء غاز الميثان CH₄ أبسط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين الشكل 5-4.

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

النماذج والهيدروكربونات يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. ويبين الشكل 6-4 أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثّل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشارك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في الشكل 6-4، في حين تُظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معًا بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

الروابط المضاعفة بين ذرات الكربون ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضًا بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في الشكل 7-4.

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 فسميت بالهيدروكربونات المشبعة. يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عامًا مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط بالهيدروكربون المشبع **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 4-8a. أما الرابطة الثلاثية فتتكون من رابطة واحدة قوية من نوع سيجما، ورابطتين ضعيفتين من نوع باي، الشكل 4-8b.

المفردات الجديدة

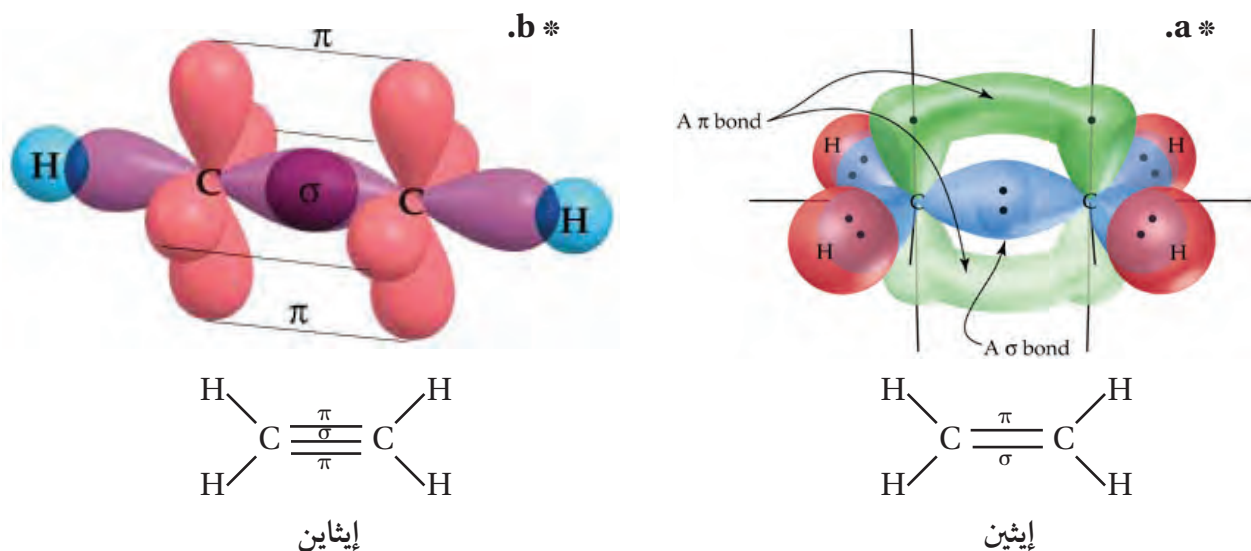
- الهيدروكربون المشبع
- Saturated hydrocarbon
- الهيدروكربون غير المشبع
- Unsaturated hydrocarbon

✓ **ماذا قرأت؟ فسر** 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 اختصارًا بالرمز IUPAC. وكان من الطبيعي أن تبدأ هذه اللجنة بتسمية المركبات العضوية في الاتحاد الدولي بوضع قواعد تسمية للهيدروكربونات المشبعة (الألكانات) (Saturated hydrocarbons) لأن ملايين المركبات العضوية الأخرى ليست سوى مشتقات منها، لذلك ستتعرف بشكل مبدئي على أسماء هذه المركبات، لأن فهم هذه الأسماء بعمق سيسهل فهم طرائق تسمية مركبات عضوية أخرى مشتقة من الألكانات.

الشكل 4-8 روابط σ ، و π في الهيدروكربونات غير المشبعة.



(CH ₄) الميثان	(CH ₃ OH) ميثانول	(HCHO) ميثانال	(HCOOH) حمض الميثانويك	(C ₂ H ₄ COOH) ميثانوات الإيثيل
(C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅) ثنائي إيثيل إيثر	(CH ₃ COCH ₂ CH ₃) بروبانون	(CH ₃ NH ₂) ميثيل أمين	(CH ₃ CONH ₂) إيثان أميد (أسيتاميد)	

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 4-2 قائمة بأسماء بعض المركبات العضوية المختلفة حسب النظام الدولي IUPAC.

التقويم 4-1

الخلاصة

2. **الفكرة الرئيسية** اذكر ثلاثة استخدامات للهيدروكربونات؟
3. اكتب اسم مركب عضوي، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
4. حدد المعلومات التي تركز 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؟

- 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.

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.

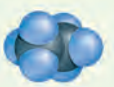
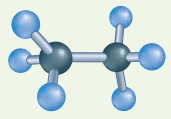
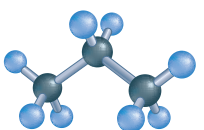
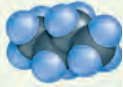
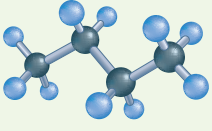
الربط مع الحياة هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت أحد مركبات الألكانات. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخدامًا، وكلاهما من الألكانات. بينما تُنتج النباتات الإيثان في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعرض للإيثان 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 3-4 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 3-4.

الألكانات البسيطة			الجدول 3-4
النموذج الفراغي	نموذج الكرة والعصا	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	الإيثان (C_2H_6)
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البروبان (C_3H_8)
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البيوتان (C_4H_{10})

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 أسماؤها 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 4-4 أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

ويبين الجدول 4-4 أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عما هي عليه في الجدول 3-4. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ المكثفة **Condensed formula**، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي الجدول 4-4 حذف 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 formula

أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة			الجدول 4-4
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 المتماثلة

• 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

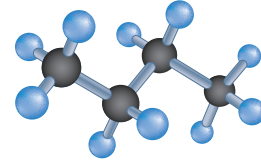
تُسمى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معًا بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في الشكل 4-9، فإذا عدت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كليهما لها الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_{10} ، فهل هما المادة نفسها؟

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 ألكانًا متفرعًا يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تمامًا. 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.

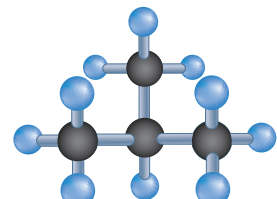
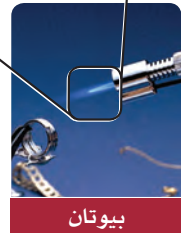
لقد عرفت سابقًا أن البيوتان يُستخدم في القداحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئيًا فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في الشكل 4-9. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلاً من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد 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



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



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



الشكل 4-9 تستخدم البيوتان وقودًا في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم في منتجات مثل جل الحلاقة.

مجموعات الألكيل المشتقة من الألكانات البسيطة				الجدول 4-5
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	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$

المفردات

أصل الكلمة

المفردات الأكاديمية

البديل (Substitute)

هو الشخص أو الشيء الذي يحل محل غيره.

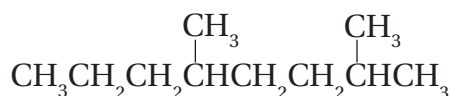
مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسة، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين الجدول 4-5 بعض مجموعات الألكيل.

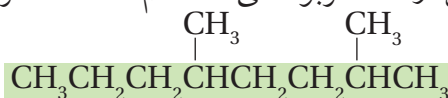
تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة Naming branched chain alkanes

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

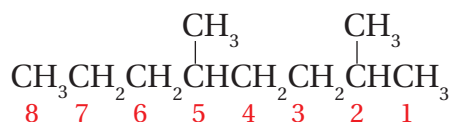
مثال: اكتب اسم الألكان التالي:



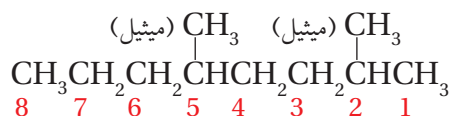
الخطوة 1. حدد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة، مستخدماً اسم الألكان الذي يحتوي على هذا العدد من ذرات الكربون على أنه اسم للسلسلة الرئيسة في الصيغة البنائية.



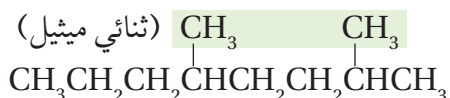
الخطوة 2. رُقم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة، مبتدئاً الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقع جميع المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.



الخطوة 3. سمّ كل مجموعة 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 بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.



الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسة نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي. انظر المثال 1-4.

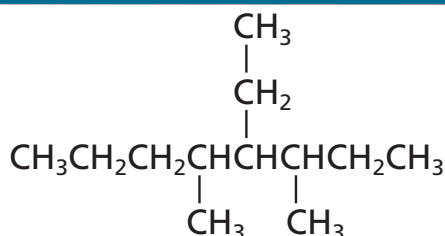
الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، مُستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغاً بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسة.



مثال 1-4

تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمّ الألكان المبيّن في الشكل أدناه.



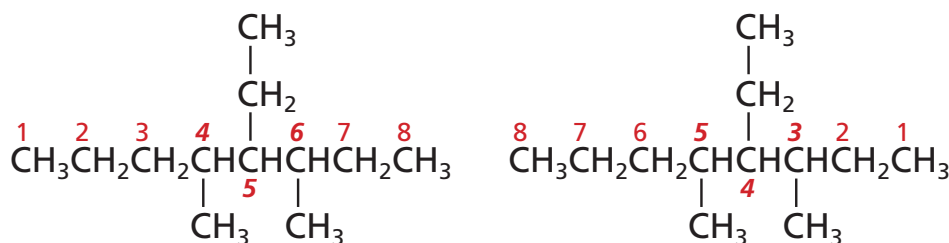
1 تحليل المسألة

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

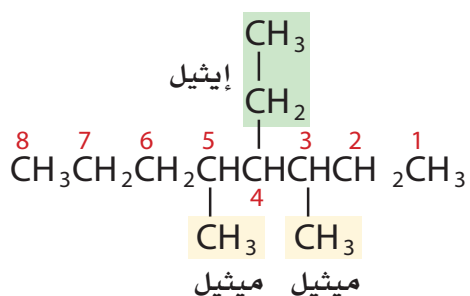
2 حساب المطلوب

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.

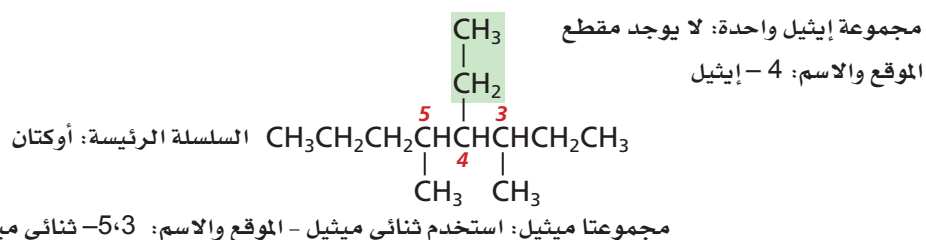
الخطوة 2. رَقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة. ورَقِّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو موضح أدناه مبتدئاً من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و5 و6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و4 و5. ولأن أرقام المواقع 3 و4 و5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



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



الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها فرعاً على السلسلة الرئيسة فاستخدم المقاطع (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، وابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وأحص عدددها. ثم حدّد المقطع الذي يظهر عدد المرات التي تظهر فيها كل مجموعة واستخدمها. وسوف يضاف في هذا المثال المقطع "ثنائي" إلى الاسم ميثيل؛ لأن هناك مجموعتي ميثيل. ولا يتطلب ذلك إضافة أي مقطع إلى مجموعة الإيثيل الوحيدة. يبيّن 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).

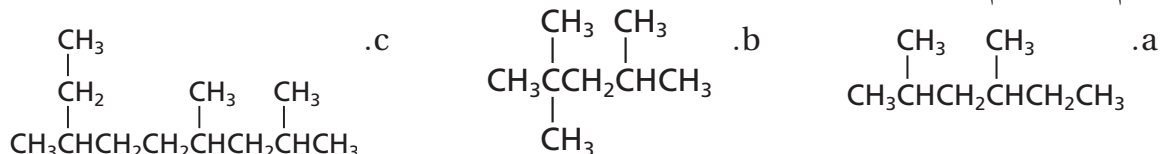
الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، وكتب اسم الشكل (المركب) مستخدماً الشرطات والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو التالي: 4-إيثيل - 3، 5 - ثنائي ميثيل أوكتان.

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

خصائص الألكانات Properties of alkanes

تعرف الألكانات أيضًا 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 وزيت 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 4-10.

الخصائص الفيزيائية Physical properties كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى الجدول 4-6، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم.

درجات الغليان عندما تُقارَن درجات الغليان والانصهار للميثان بما للماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافاً واضحاً وجوهرياً. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الغليان إلى أن قوى التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيفة مقارنة بقوى التجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، أما جزيئات الماء فقطبية.

المفردات

أصل الكلمة

البارافينات (Paraffines)

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



الشكل 4-10 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.

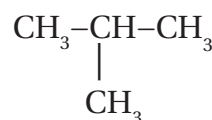
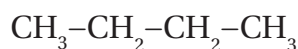


الشكل 11-4 البارافين من الهيدروكربونات السائلة، بينما الأسفلت من الهيدروكربونات الصلبة.

مقارنة الخصائص الفيزيائية للماء والميثان

الجدول 6-4		المادة والصيغة
الميثان CH_4	الماء H_2O	
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

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) تكون 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 11-4. وتزداد درجات غليان الألكانات بشكل عام بزيادة الكتلة الجزيئية لها، ويكون للألكانات ذات السلاسل المستقيمة درجات غليان أعلى 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.

الذوبانية Solubility تفسر قوى التجاذب بين جزيئات الألكانات عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات - مثل زيوت التشحيم أو الهكسان - في الماء ينفصل السائلان فورًا إلى طبقتين انظر الشكل 12-4. 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؟ فسّر لماذا تكون درجات غليان وانصهار الماء أكبر منها مقارنة مع الميثان، علمًا بأن الكتل الجزيئية لهما متقاربة؟



هكسان
ماء

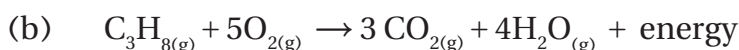
الشكل 12-4 لا تذوب الألكانات في الماء، لذلك نلاحظ عدم امتزاج الهكسان مع الماء.

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

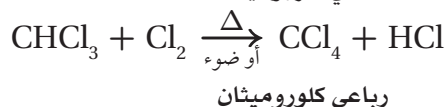
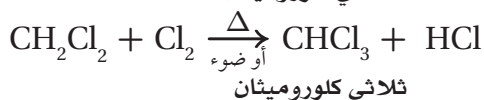
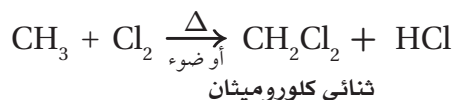
لا تعد الألكانات مواد عالية النشاط بشكل عام، إلا أنها تتفاعل تحت ظروف معينة.

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 أو تعريضه لضوء، يتكون كلوريد الميثيل CH_3Cl . ويمكن للتفاعل أن يستمر عند توفر كميات إضافية من الكلور كما هو موضح في المعادلات التالية:



تسمى الألكانات التي استبدلت فيها ذرة هيدروجين أو أكثر بذرة هالوجين، هاليدات الألكيل Alkyle halides، أو الألكانات الهالوجينية، وسوف يتم 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 طبيًا في العمليات الجراحية 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 مذيئاً لإزالة الكافيين من القهوة، ومزيلاً للدهان.

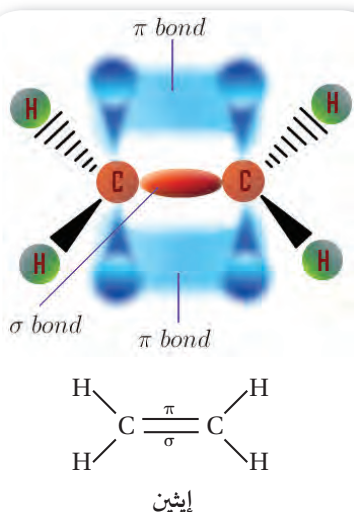
✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة التفاعل بين الإيثان والبروم.

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 ذرات الكربون **بالألكينات Alkenes**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرتي كربون على الأقل، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية - اثنان من كل ذرة كربون - تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين C_2H_4 .

تكوّن الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في الجدول 4-7 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 هيدروجين؛ ويسبب ذلك تكون رابطة تساهمية ثنائية بين ذرات الكربون أحدهما قوية تسمى رابطة سيجما (σ) والأخرى ضعيفة تسمى رابطة باي (π)، انظر الشكل 4-13.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغ الجزيئية للألكينات المحتوية على ست ذرات كربون وتسع ذرات كربون؟



الشكل 13-4 روابط (σ)، و (π) في الرابطة التساهمية الثنائية في الألكينات.*

المفردات الجديدة

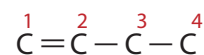
• الألكينات

• Alkenes

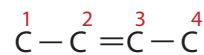
مقارنة الصيغ الكيميائية للألكينات				الجدول 4-7
2- بيوتين	1- بيوتين	بروبين	إيثين	الاسم
C_4H_8	C_4H_8	C_3H_6	C_2H_4	الصيغة الجزيئية
				الصيغة البنائية
$CH_3CH=CHCH_3$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_2=CH_2$	الصيغة البنائية المكثفة

ألكينات ذات سلاسل

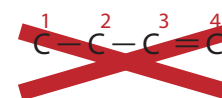
مستقيمة (غير متفرعة).



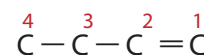
1 - بيوتين



2 - بيوتين



3 - بيوتين



1 - بيوتين

الشكل 4-14 عند تسمية أي من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة يجب ترقيمها باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

تسمية الألكينات Naming alkenes تُسمى الألكينات بالطريقة المتبعة في تسمية الألكانات نفسها تقريبًا. حيث تكتب أسماءها 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 C_3H_6 . وللايثين والبروين اسمان قديمان أكثر شيوعًا، هما الإيثيلين والبروبيلين.

يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في الشكل 4-14. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسية 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، 1-بيوتين. لذا من الضروري أن تدرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين مادتان مختلفتان، لكل منهما صفاته الخاصة. وتُسمى الألكينات الحلقية تقريبًا بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرتي الكربون المرتبطين بالرابطة الثنائية.

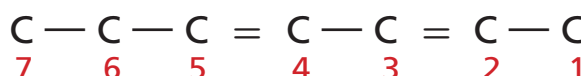
ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

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 الرئيسية في الألكينات دائمًا أطول سلسلة كربونية تتضمن الرابطة الثنائية، وثانيهما يبدأ الترقيم من عند ذرة الكربون الأقرب إلى الرابطة الثنائية - وليس التفرعات - كيفية ترقيم السلسلة، بحيث يبدأ الترقيم من الذرة الأقرب للرابطة الثنائية. لاحظ وجود سلسلتين من 4 - ذرات كربون في الجزيء المبين في الشكل 4-15a، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساسًا للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2-ميثيل بيوتين.

الشكل 4-15 تُرقم مواقع الروابط الثنائية في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة والمتفرعة.

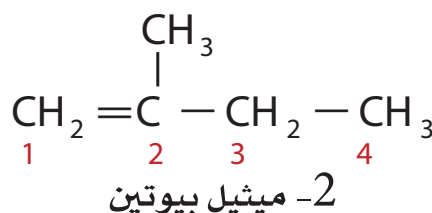


أو



4، 2 - هبتاديين

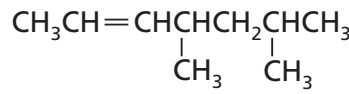
b. رابطتان ثنائيتان *



a. رابطة ثنائية واحدة

* تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام المقطع (داي، تري، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وترقم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في الشكل 15b-4؟ سيستخدم المقطع (هبتا)؛ لأن الجزيء يحتوي على سلسلة كربونية سباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم المقطع (ثنائي) قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هبتاديين. وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين مواقع الروابط الثنائية يصبح الاسم 4،2-هبتاديين.

مثال 3-4



تسمية الألكينات المتفرعة

سمّ الألكين المجاور.

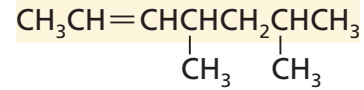
1 تحليل المسألة

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

2 حساب المطلوب

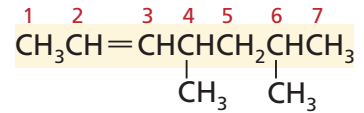
الخطوة 1. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغير الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسية هبتين



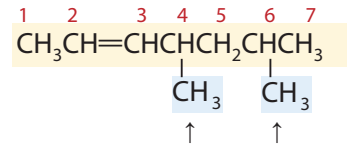
الخطوة 2. رقم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسية 2-هبتين



الخطوة 3. سمّ كل مجموعة بديلة.

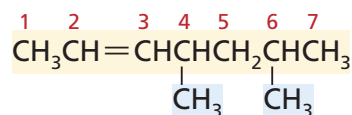
كلتا المجموعتين البديلتين مجموعتا ميثيل



مجموعتا ميثيل

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

السلسلة الرئيسة 2- هبتين



مجموعتا ميثيل على المواقع 4 و 6

المقطع هو 6,4- ثنائي ميثيل

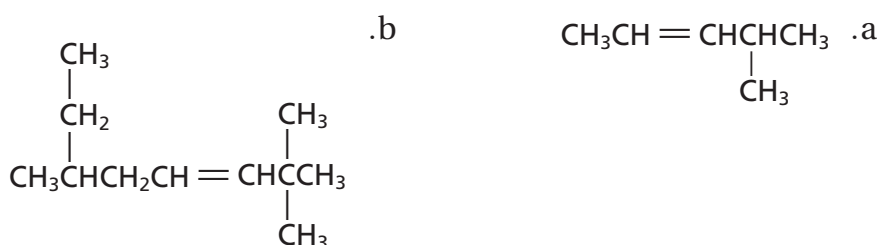
الخطوة 5. ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل المقطع كاملاً إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسة، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم: 6,4- ثنائي ميثيل-2-هبتين.

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

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



14. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للجزيء 3,1- بنتاديين.

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.

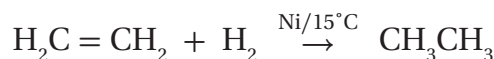
الذوبانية Solubility الألكينات أقل كثافة من الماء، وهي غير قابلة للذوبان في الماء بسبب خصائصها غير القطبية. وهي قابلة للذوبان فقط في المذيبات غير القطبية.

درجات الغليان Boiling points تكون درجة الغليان لكل ألكين مشابهة جدًا 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 تقريبًا للألكانات المقابلة لها.

الخصائص الكيميائية Chemical properties الألكينات أكثر نشاطًا من الألكانات؛ بسبب وجود الرابطة الثنائية التي تحتوي رابطة ضعيفة من نوع باي، مما يسهل كسرها والإضافة على ذرتي الكربون. انظر الشكل 16-4 الذي يوضح آلية حدوث تفاعل الإضافة.

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°C يختزل الألكين إلى ألكان.



إيثين

إيثان

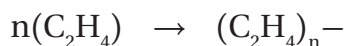
تفاعلات الإضافة للهالوجين Addition of Halogen يضاف الهالوجين بسهولة إلى الرابطة التساهمية الثنائية في الألكينات كما يلي:



إيثين

ثنائي كلوروإيثان

تفاعلات البلمرة Polymerization reactions عند تسخين الإيثين C_2H_4 تحت ضغط كبير بوجود عامل حفاز يرتبط عدد كبير من الجزيئات (المونومرات) لتكوين جزيء كبير (ضخم) يسمى بولي إيثين $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$ ، (أو البولي إيثيلين). ويسمى هذا النوع من التفاعل البلمرة بالإضافة.

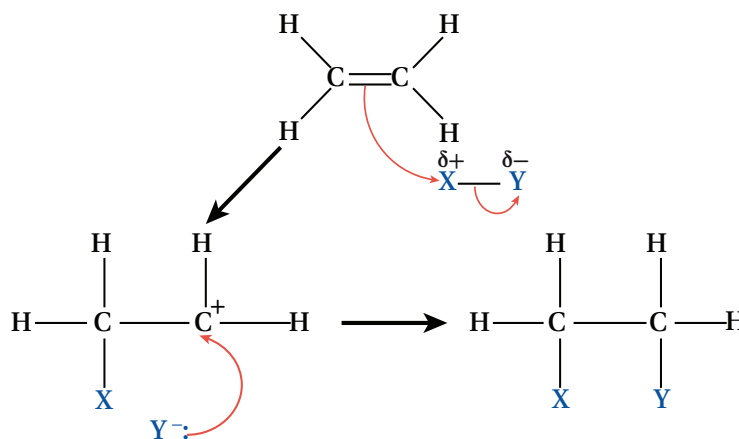


إيثين

بولي إيثين

الشكل 16-4 آلية حدوث

تفاعلات الإضافة في الألكينات.



تجربة

التقطير التجزيئي لعينة من النفط الخام

يكون لون النفط الخام أسود وكثيف ولا يستفاد منه، ويتم في مصافي النفط فصل مكوناته إلى مركبات متنوعة تسمى نواتج التقطير أو مشتقات النفط. ويمكن إجراء عملية تقطير تجزيئي لعينة من النفط الخام في المختبر لفهم ما يحدث داخل مصافي النفط.

ارشادات الأمن والسلامة



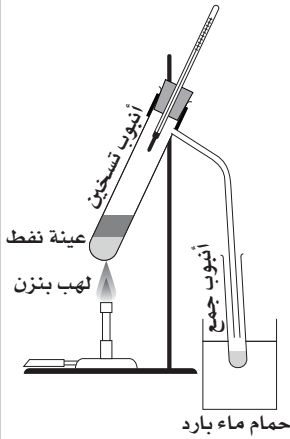
الخطوات

1. لاحظ لزوجة النفط الخام بسكبه من كأس إلى أخرى.
2. ركب الأدوات كما في الجهاز الموضح في الشكل، وتأكد من توفر 4 أنابيب اختبار نظيفة.
3. سخن النفط الخام بلطف في البداية إلى أن تصل إلى درجة حرارة $100^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ ، واجمع القطرات الناتجة في الأنبوب رقم 1.

4. استبدل الأنبوب رقم 1 بالأنبوب رقم 2. واستمر في التسخين وجمع السائل الناتج حتى تصل درجة الحرارة إلى درجة 115°C .

5. استبدل الأنبوب رقم 2 بالأنبوب رقم 3. واستمر في التسخين وجمع السائل الناتج حتى تصل درجة الحرارة إلى درجة 200°C .

6. استبدل الأنبوب رقم 3 بالأنبوب رقم 4. واستمر في التسخين وجمع السائل الناتج حتى تصل درجة الحرارة إلى درجة 250°C (تحتاج هذه الخطوة إلى تسخين أكثر).



التحليل

1. لماذا يوضع الأنبوب المستقبل في حمام من الماء البارد؟
2. كيف تتغير لزوجة المكونات الناتجة في الخطوات من 3 إلى 6؟

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 17-4 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 17-4 استخدام الإيثين في إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج.

فسّر لماذا يعدّ هذا نافعاً ومناسباً للمزارعين؟

التقويم 4-2

الخلاصة

تحتوي الألكانات على روابط 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.

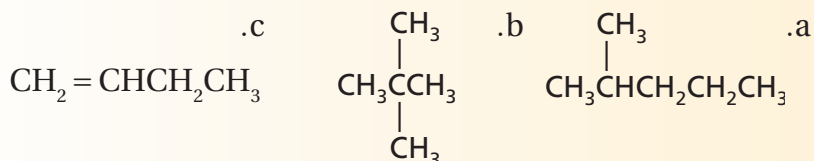
تتفاعل الألكانات بالاستبدال، ولا تتفاعل بالإضافة.

للألكينات استخدامات متعددة في الصناعات الكيميائية.

تعد الألكينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

15. **الفكرة الرئيسية** صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات والألكينات.

16. سمِّ الصيغ البنائية التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.



17. صف الخصائص العامة للألكانات.

18. وضح العلاقة بين الكتلة الجزيئية للألكان وجودته كوقود.

19. فسِّر لماذا تزداد درجات غليان الألكانات مع زيادة الكتل الجزيئية لها.

20. حدد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات عما تتصف به الألكانات.

21. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. 4،3 - ثنائي ميثيل هبتان b. 4-إيثيل-2-ميثيل هكسان

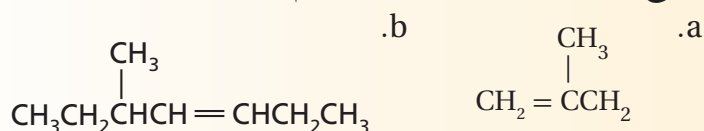
c. 2،2 - ثنائي ميثيل بيوتان

22. تفسِّر الصيغ البنائية لماذا يعد الاسم 3-بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب

بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك)

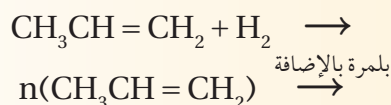
الصحيح للمركب 3-بيوتيل بنتان؟

23. سمِّ الصيغ البنائية أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.



24. اكتب الصيغة البنائية لـ 3،2 - ثنائي ميثيل -2-بيوتين.

25. أكمل المعادلتين الكيميائيتين التاليتين:



26. 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

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

الربط مع الحياة هل قابلت يوماً توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكلات شبيهة بالتوائم؛ إذ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

المتشكلات البنائية Structural isomers

تعتبر الكيمياء الفراغية التي تهدف إلى دراسة تركيب الجزيء في ثلاثة أبعاد مهمة جداً في فهم كيفية حدوث التفاعلات الكيميائية. تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في الشكل 4-19 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: ببتان، و 2-ميثيل ببتان، 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 الببتان الحلقي والببتان العادي ليسا متشككين؛ لاختلاف الصيغ الجزيئية لهما.

يوجد نوعان رئيسيان من المتشكلات هما المتشكلات الفراغية والمتشكلات البنائية، انظر المخطط في الشكل 4-18

ويبين الشكل 4-19 مركبات تعد أمثلة على المتشكلات البنائية Structural isomers. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف.

معايير الأداء الرئيسية

19.5 – 19.6

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11F.1.6 – 11F.1.8

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

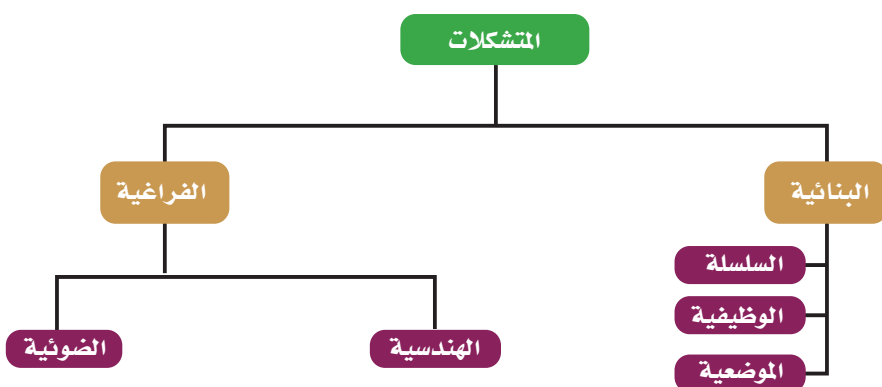
- يميز بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
- يميز أنواع المتشكلات البنائية بعضها عن بعض.
- يفرق بين المتشكلات الهندسية المتضادة والمتجاورة.
- يصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

مراجعة المفردات

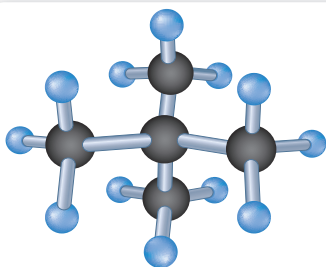
الصيغة البنائية الصيغة التي تمثل ترتيب الذرات في جزيء المركب.

المفردات الجديدة

- المتشكلات Isomers
- المتشكلات البنائية
- Structural isomers

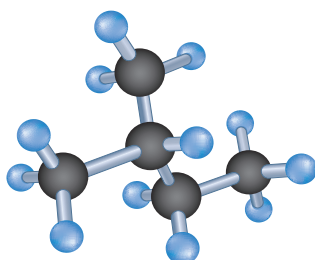


الشكل 4-18 المخطط المفاهيمي لمتشكلات الهيدروكربونات.



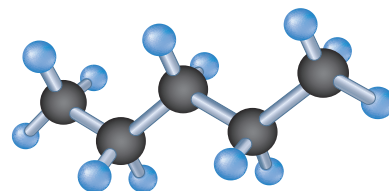
2,2-ثنائي ميثيل بروبان

درجة الغليان = 9°C



2-ميثيل بيوتان

درجة الغليان = 28°C



بنتان

درجة الغليان = 36°C

الشكل 19-4 إن

هذه المركبات المشتركة

في الصيغة الجزيئية

متشكلات بنائية. لاحظ

الاختلاف في درجات

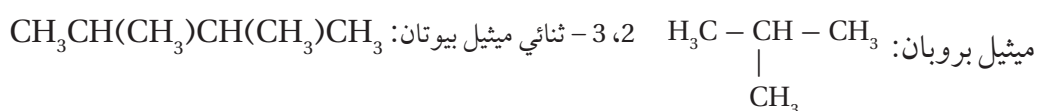
غليانها.

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".

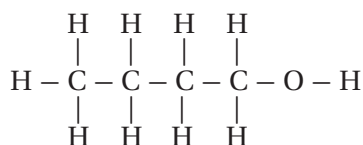
✓ **ماذا قرأت؟** كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات C_4H_{10} بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية C_7H_{16} . وهناك أكثر من 300,000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$. وتنقسم المتشكلات البنائية إلى عدة أقسام منها:

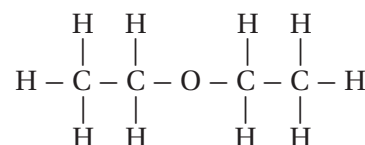
متشكلات السلسلة Chain isomers يوجد هذا النوع من المتشكلات في المركبات التي تتشابه في الصيغة الجزيئية، ولكنها تختلف في كيفية ارتباط ذرات الكربون ببعضها البعض، فهي إما أن تكون سلسلة مفتوحة أو سلسلة متفرعة مثل البيوتان، ومركب ميثيل بروبان فكلاهما له نفس الصيغة الجزيئية C_4H_{10} لكنهما يختلفان في ترتيب 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 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ يحتمل أن تكون لمركب ثنائي إيثيل إيثر (من الإيثرات) أو لمركب 1-بيوتانول (من الكحولات).

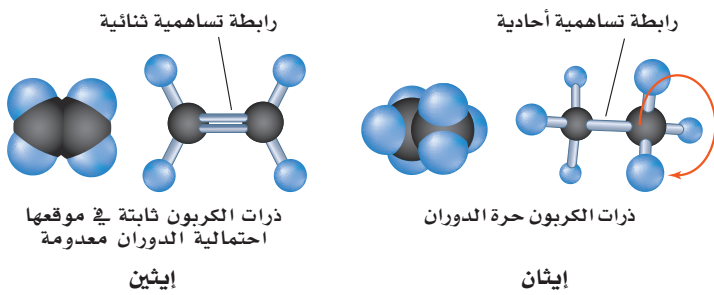


1-بيوتانول



ثنائي إيثيل إيثر

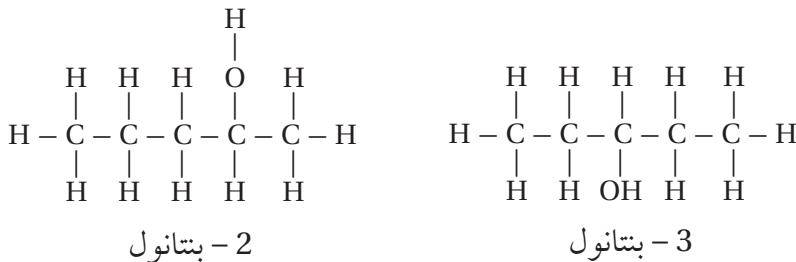
تعبر الصيغة البنائية الأولى عن نوع من الإيثرات، وتعبر الأخرى عن مركب كحولي وعليه فإنها يتشابهان في الصيغة الجزيئية لأنها يحتويان نفس العدد من الذرات، ولكنهما يختلفان في نوع المجموعة الوظيفية فأحدهما إيثر والآخر كحول.



الشكل 20-4 تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطه تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران.

فسر كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

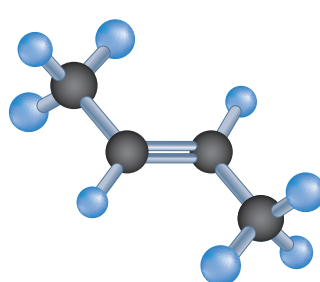
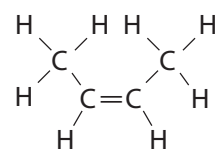
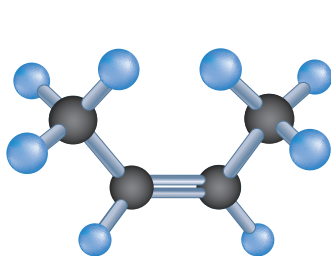
المتشكلات الموضعية Position isomers مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ونفس المجموعة الوظيفية لكنها تختلف في موقع المجموعة الوظيفية. فالصيغة $C_4H_{10}O$ تجمع كلاً من 2-بنتانول و 3-بنتانول، وهما من الكحولات لكن يختلفان في موقع المجموعة الوظيفية OH فنجدها على ذرة الكربون رقم 3 في 3-بنتانول، بينما نجدها على ذرة الكربون رقم 2 في 2-بنتانول. ويمكن تغيير موضع الرابطة الثنائية كما في 1-بيوتين، و 2-بيوتين.



المتشكلات الفراغية Stereoisomers

تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جداً في الروابط؛ فالمتشكلات الفراغية **Stereoisomers** متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وينشأ التشاكل الفراغي في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في الشكل 20-4. قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2-بيوتين في الشكل 21-4. 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

الشكل 21-4 يختلف هذان المتشكلاتان 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 22-5 إن انعكاس يديك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يديك اليسرى، وانعكاس يديك اليسرى يبدو تمامًا مثل يديك اليمنى.

المفردات الجديدة

- المتشكلات الهندسية
- Geometrical isomers

واقع الكيمياء في الحياة

الدهون غير المشبعة



المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات trans بدهون ترانس. وتحضر الكثير من الأطعمة المغلفة باستخدام دهون ترانس؛ 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.

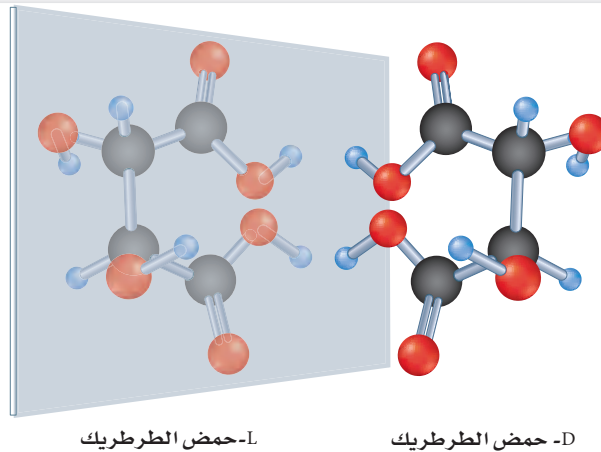
بالمقطع متضاد (trans). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (cis) تعني الجهة نفسها، و (trans) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب cis لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب trans. وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية بـ **المتشكلات الهندسية Geometrical isomers**. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات سيس و ترانس عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

الكيرالية Chirality

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 22-4، 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 الشكل 23-4. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D - حمض الطرطريك، و L - حمض



الشكل 23-4 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).

الطرطريك. ويرمز الحرفان D و L إلى البادئتين اللاتينيتين (dextro) وتعني جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمى الخاصية التي يوجد فيها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى **الكيرالية Chirality**. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في المخلوقات الحية - ومنها الحموض الأمينية المكوّنة للبروتينات - بهذه الكيرالية. وتستفيد الكائنات الحية عموماً من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

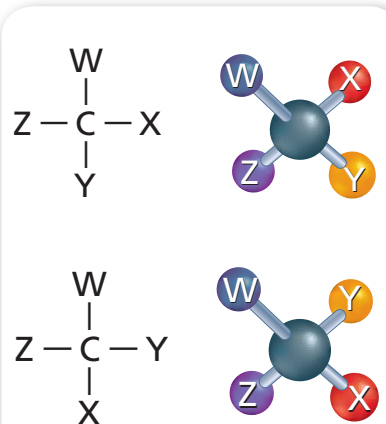
المتشكلات الضوئية Optical Isomers

أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن 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 4-24، 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.

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.

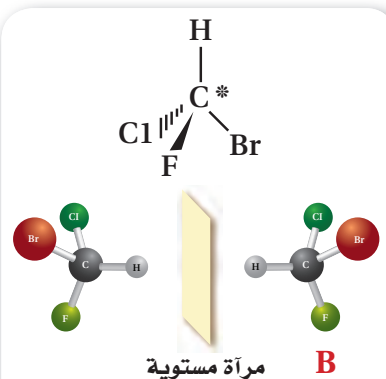
تتشرط صفة المركز الكيرالي في المركب العضوي وجود ذرة كربون ترتبط بأربع مجموعات مختلفة، ويتم توضيح المركز الكيرالي بوضع نجمة (*) كما يظهر في المركب CHBrClF. انظر الشكل 4-25.



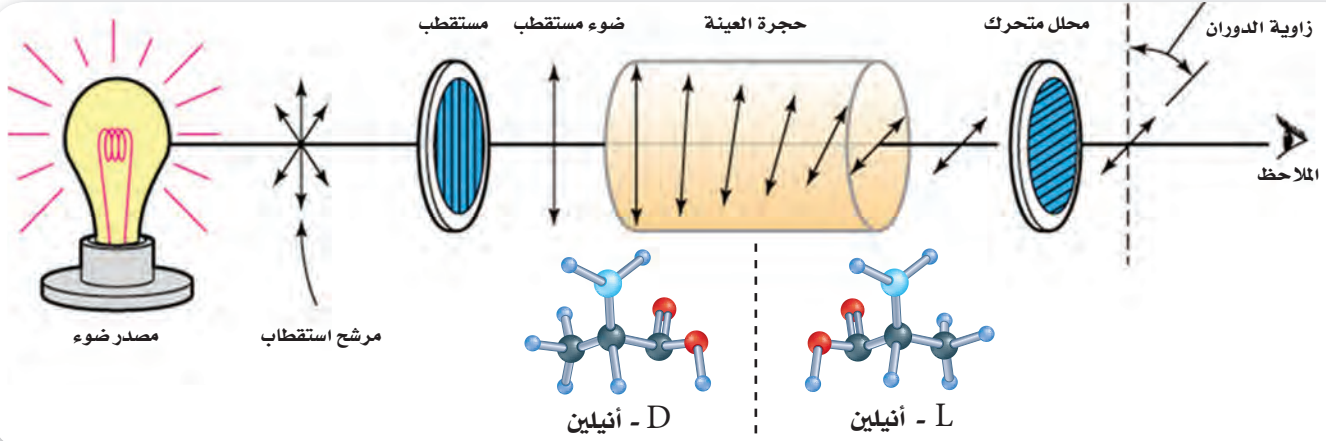
الشكل 4-24 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.

المفردات الجديدة

- الكيرالية
- Chirality
- المتشكلات الضوئية
- Optical isomers



الشكل 5-25 الصيغ ثلاثية الأبعاد التي توضح المركز الكيرالي في المركب العضوي.



الشكل 26-4 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.

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 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 محلّول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجًا التأثير المُسمى **الدوران الضوئي Optical rotation**. ويظهر هذا التأثير في الشكل 4-26. قد يكون L- مينثول أحد المتشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضًا. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرآة) D- مينثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L- مينثول نفسه.

المفردات الجديدة

• الدوران الضوئي

• Optical rotation

التقويم 3-4

الخلاصة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

27. **الفكرة الرئيسية** اكتب المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية C_6H_{14} جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.
28. **فسّر** الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
29. **ارسم** أشكال كل من 3- cis - هكسين و 3- trans - هكسين.
30. **استنتج** لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟
31. **قوّم** يُنتج تفاعل معين 80% 2- trans - بنتين و 20% 2- cis - بنتين. ارسم شكل هذين المتشكلين الهندسيين، وكوّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشكلين بهذه النسبة.
32. **اعمل نماذج** ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكلين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:
 $-H$; $-CH_3$; $-CH_2CH_3$; $-CH_2CH_2CH_3$

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يعدد النظريات التي تفسّر نشوء النفط.
- يستعرض الأدلة التي تدعم النظرية العضوية لتفسير نشوء النفط.
- يشرح عملية التقطير التجزيئي لمكونات النفط.
- يوضح المقصود بعملية التكسير الحفزي.

الوقود الأحفوري خليط من مواد هيدروكربونية يستخدم كمصدر للطاقة، ويشمل الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي.

النفط Petroleum

الفقرة 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 أهلك، لأن كافة أنواع السيارات والناقلات قد توقفت. وتخيل بأنك لا تجد مياهًا في منزلك 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.

الربط مع الجيولوجيا **الآبار الاستكشافية Exploratory wells** يتم حفر هذه الآبار للتأكد من وجود النفط في المناطق المؤمل وجوده فيها، ولتحديد أنسب الأماكن التي يُرجّح أن تكون حقولاً منتجة، وإعطاء معلومات دقيقة عن الواقع الحقيقي لعمق الطبقات الحاملة للنفط وخصائصها، وحساب كميات النفط المنتظر إنتاجها، وتقدير الاحتياطي المرجّح 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 4-27.

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،



الشكل 4-27 البئر الاستكشافي
ثقب عميق في باطن الأرض يصل إلى الطبقة الحاملة للبترول أو الغاز بغرض الحصول عليهما، ويتم ذلك بواسطة حفّار خاص لهذه الغاية.

واختلطت برمالها، وبراسب 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 والنيروجين 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 الهجرة 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.

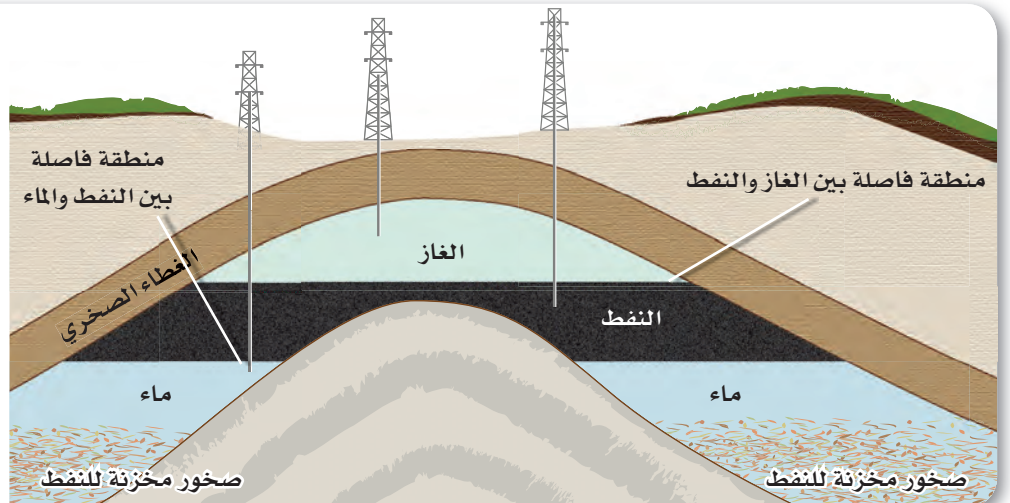
ولما كانت المواد العضوية المترسبة هي المصدر الأساسي الذي نشأ منه البترول، فإن صفاته الطبيعية وخصائصه الكيميائية تختلف باختلاف طبيعة الكائنات الحية، ومكونات الصخور الرسوبية الحاوية له. وفي تقدير المخزونات البترولية تعطى الأولوية لتحديد سمك واستمرار الصخور المخزنة للنفط **Reservoir rock**، ومسامية هذه الصخور ونفاذيتها، والضغط التي يتعرض لها النفط، انظر الشكل 28-4.

المفردات الجديدة

• الصخور المخزنة للنفط

• Reservoir rock

الشكل 28-4 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.

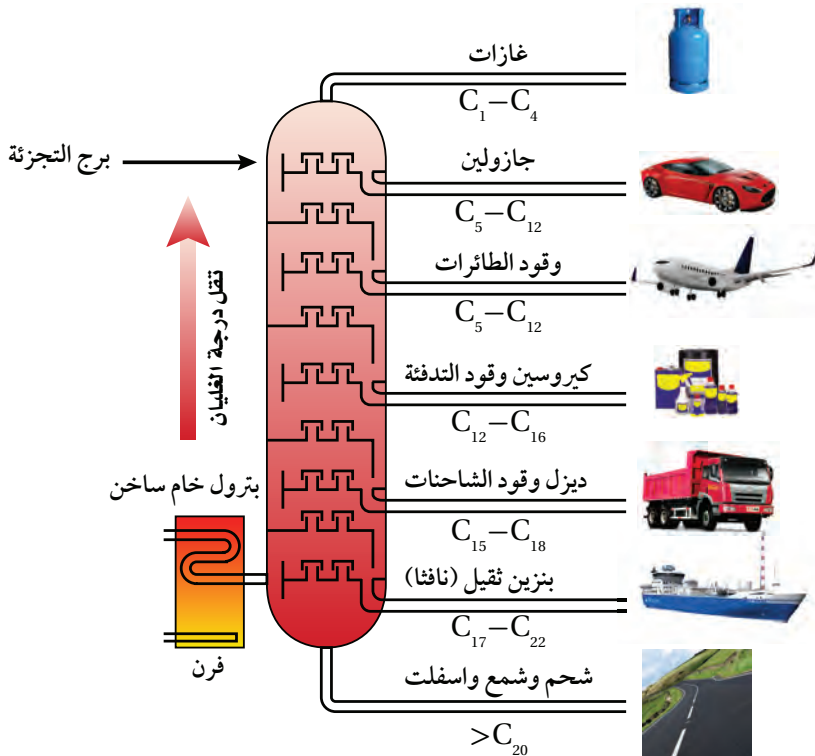
التقطير التجزيئي Fractional distillation يُعد النفط - على العكس من الغاز الطبيعي - خليطاً معقداً يحتوي على أكثر من ألف مركب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكونات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي 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 29-4.

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 الجديدة

- التقطير التجزيئي
- Fractional distillation



الشكل 29-4 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.

يقل عدد ذرات الكربون للسلسلة الهيدروكربونية

الشكل 30-4 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.

استنتاج ما نوع المواد المنبعثة من مصافي النفط التي يجب التحكم فيها لحماية البيئة؟



المضردات الجديدة

• التكسير الحفزي

• Catalytic cracking

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 تكتف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في الشكل 29-4.

يبين الشكل 29-4 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 أعلى واستخدامات أوسع، ويكون سعرها أكثر من المنتجات الأخرى. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفاً لديك؛ حيث إنك تستخدمها يومياً، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في الشكل 30-4 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، وأطلق 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.

✓ **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 29-4، يُعد الجازولين خليطاً من الهيدروكربونات السائلة (هبتان وآيزوأوكتان) بنسب مختلفة، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية من 5-12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عما استُخدم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فالיום يجري تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير 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

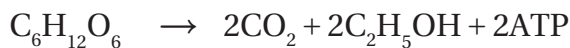
المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرعة) تمامًا، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوبًا بفرقة (knocking).

أنشئ نظام تصنيف الأوكتان (رقم الأوكتان)، أو منع الفرقة، للبنزين في أواخر العشرينيات، مما أدى إلى إدراج تصنيف الأوكتان على مضخات البنزين كما في الشكل 31-4. للبنزين 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 أيضًا. 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 استُخدم 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 كثيرًا.

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 كالتجديد 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 وثنائي أكسيد الكربون كناتج أساسية لعملية التخمير.



جلوكوز إيثانول طاقة



الشكل 31-4 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقة (antiknock) في الوقود. فالتصنيف الأوكتاني للبنزين السيارات المتوسط الدرجة 89، والتصنيف الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فتصنيفه الأوكتاني 110.



الشكل 32-4 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقة (antiknock) في الوقود. فالتصنيف الأوكتاني للبنزين السيارات المتوسط الدرجة 89، والتصنيف الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فتصنيفه الأوكتاني 110.

يعود استخدام الإيثانول كوقود للسيارات على نطاق تجاري إلى عام 1975م، عندما لجأت البرازيل إلى إنتاج هذا الوقود من السكر.

وتتعدد أسباب تزايد الاعتماد على وقود الإيثانول، فبعضها يعود إلى أسباب بيئية، نظرًا 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 32-4.

4-4 التقويم

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.

33. الفكرة الرئيسية

ما المقصود بالنفط؟

- 34. استعرض الأدلة التي تدعم النظرية العضوية لتفسير تكون النفط.
- 35. صف عملية التقطير التجزيئي.
- 36. وضح الهدف من نظام تصنيف الأوكتان (رقم الأوكتان).
- 37. وضح المقصود بعملية التكسير الحفزي.
- 38. فسر البيانات اعتمادًا على الشكل 23-4. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجة أي مكوّن نفطي عندما يُبرّد إلى درجة حرارة الغرفة؟
- 39. توقع التغير في درجات الغليان والانصهار لمكونات النفط مع التغير في عدد ذرات الكربون. فسر توقعك
- 40. اكتب معادلة كيميائية توضح فيها عملية إنتاج الإيثانول الحيوي من عملية تخمر المواد الكربوهيدراتية.

كيف تعمل الأشياء؟

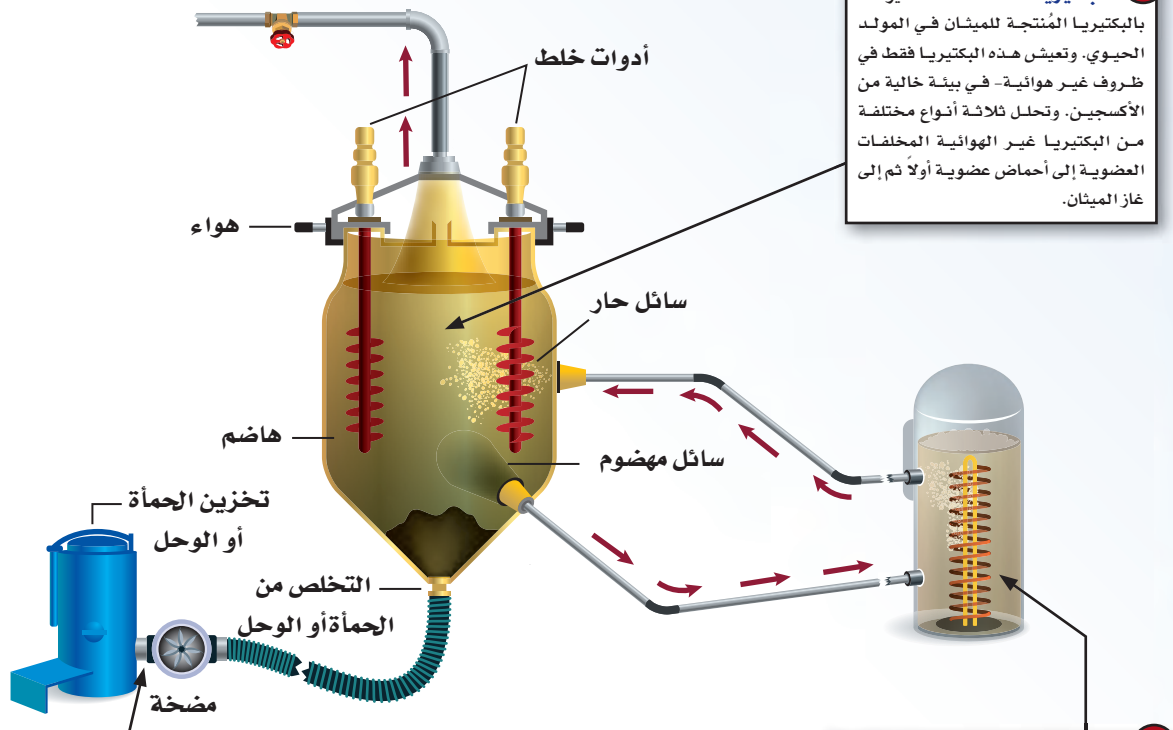
تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل المولد الحيوي للميثان Biogenerator

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** الغاز ويضغط، فإما أن يُستخدم فوراً أو يُخزن. ويمكن استعمال غاز الميثان لتدفئة المنازل أو توليد الكهرباء.

1 **البكتيريا تُخلط** فضلات الحيوانات بالبكتيريا المُنتجة للميثان في 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

ابحث اعمل كتيباً 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 لزمّت 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؟

التحليل والاستنتاج

1. نظّم نتائج تجربتك في جدول.
2. ناقش الاختلافات بين شعلة الاحتراق في كل من الألكان والألكين.

3. اكتب معادلات كيميائية موزونة لأيّ تفاعلات حدثت في الخطوتين 1 و 5.

4. أيهما أكثر نشاطاً: الألكان أم الألكين؟ فسّر باختصار.

5. قارن الخصائص الفيزيائية لكل من الألكان والألكين.

الاستقصاء

صمّم 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 (M H₂SO₄)
- محلول البروم (10mL من
- الهكسان الحلقي
- الهكسين الحلقي
- Br₂ في 90mL من ثنائي كلوروميثان (CH₂Cl₂).

إجراءات السلامة

تحذير: يسبّب البروم حروقاً للجلد، وهو ضارٌّ 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

4

الوحدة 4

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسية

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

المصردات

- 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.

4-2 الألكانات والألكينات

الفكرة الرئيسية

الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية. والألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة.

المصردات

- الألكانات • Alkanes
- السلسلة المتماثلة • Homologous series
- السلسلة الرئيسية • Main chain
- الهيدروكربون الحلقي • Cyclo hydrocarbon
- الألكانات الحلقية • Cyclo 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 حدّدت 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.

4-3 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

4-4 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

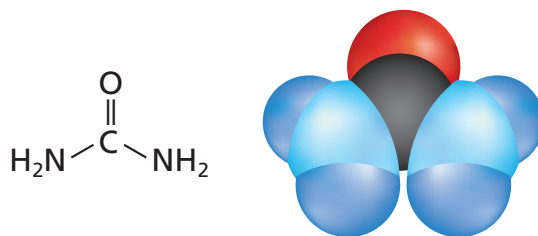
4-1

إتقان المفاهيم

41. الكيمياء العضوية لماذا أدى اكتشاف فوهرلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟
42. ما الخصائص الرئيسة للمركب العضوي؟
43. ما خصائص الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟

إتقان حل المسائل

44. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟
- a. رابطة أحادية
- b. رابطة ثنائية
45. يبين الشكل 4-33 نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهرلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 4-33

- a. حدّد نوع كل من النموذجين.
- b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.

46. قارن بين الهيدروكربون المشبع والهيدروكربون غير المشبع من حيث طبيعة الروابط في كل منهما.

4-2

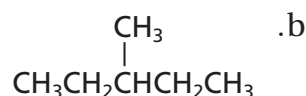
إتقان المفاهيم

47. اكتب الصيغة العامة لكل من الألكان، والألكين.
48. صف خصائص السلاسل المتماثلة للهيدروكربونات.
49. الموقود سمّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقوداً، ثم اذكر استخداماً آخر لكل منها.
50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:
- a. الإيثان
- b. الهكسان
- c. البروبان
- d. الهبتان
51. اكتب الصيغ البنائية والمكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.
52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:
- a. الميثان
- b. البيوتان
- c. الأوكتان
53. كيف يختلف بناء الألكينات عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

54. وضح كيف تميز بين الألكان والألكين في المعمل؟

إتقان حل المسائل

55. سمّ المركبات التي لها الصيغ البنائية التالية:



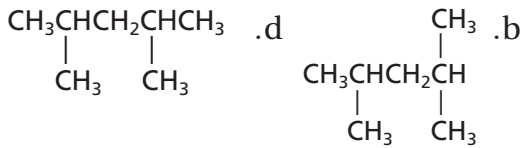
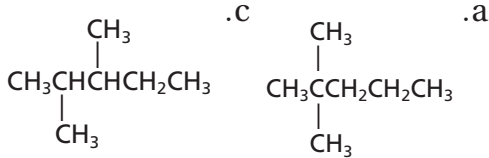
4-3

إتقان المفاهيم

59. فيم تتشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟
60. صف الاختلاف بين متشكلات مجاور (cis) ومضاد (trans) من حيث الترتيب الهندسي.
61. ما خصائص ذرة الكربون الكيرالية؟
62. الضوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟
63. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

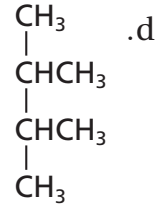
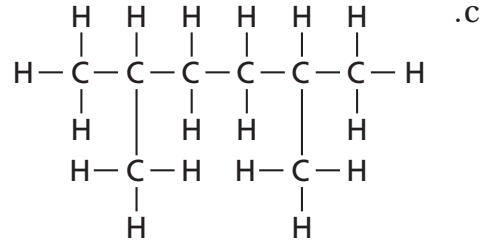
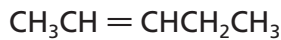
إتقان حل المسائل

64. عيّن زوج المتشكلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:



65. اكتب صيغاً بنائية لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8 .

66. اكتب متشكّلين (cis) و (trans) للجزيء الممثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:



56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

a. هبتان

b. 2-ميثيل هكسان

c. 2،3-ثنائي ميثيل بنتان

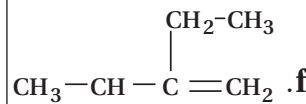
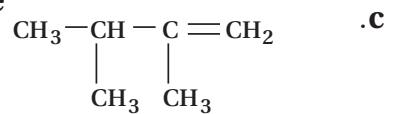
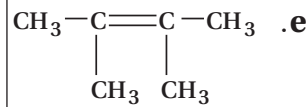
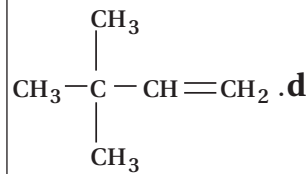
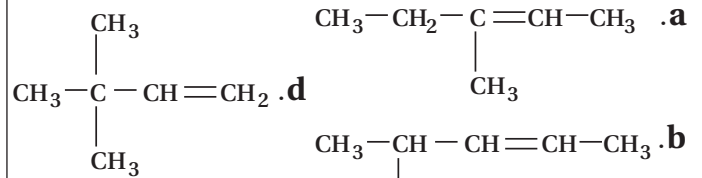
d. 2،2-ثنائي ميثيل بروبان

57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

a. 2،3-ثنائي ميثيل بيوتان

b. 3،3-ثنائي إيثيل 2-ميثيل بنتان.

58. اكتب أسماء المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:



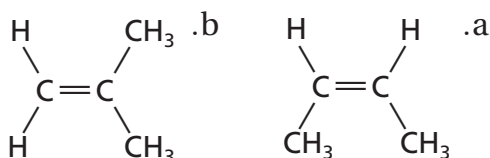
الجدول 4-8 درجات غليان الألكانات	
المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	- 161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	- 0.5
البروبان	- 42.1

75. فسر. لماذا تقوم عملية فصل مكونات النفط على مبدأ التقطير التجزيئي؟

76. فسر. العديد من المركبات العضوية مكونة من مواد نباتية أو مواد حيوانية.

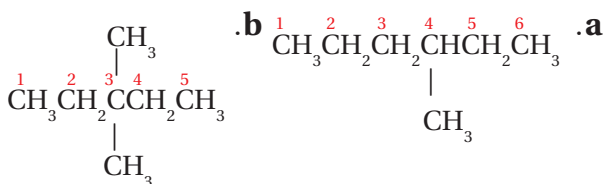
مراجعة عامة

77. هل تمثل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسر إجابتك، ثم حدد هل توجد علاقة بينهما؟

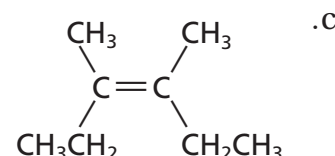
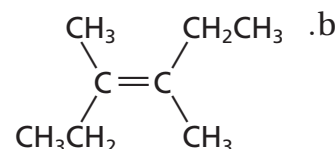
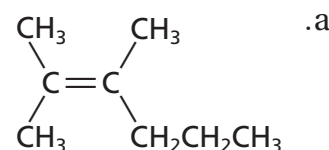


78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

79. حدّد ما إذا كان كل من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعد كتابتها بالترقيم الصحيح:



67. عيّن زوج المشكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبيّناً سبب اختيارك، ثم فسر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:



4-4

إتقان المفاهيم

68. اذكر اسم مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

69. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي يعتمد عليها لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

70. فسر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

71. ما الأدلة على صحة النظرية العضوية في نشأة النفط؟

72. حدّد المقصود بالتكسير الحفزي.

73. كيف يتم إنتاج الإيثانول من مخلفات قصب السكر؟

إتقان حل المسائل

74. التقطير رتب المركبات المدرجة في الجدول 4-8 حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها التجزيئي من الخليط.

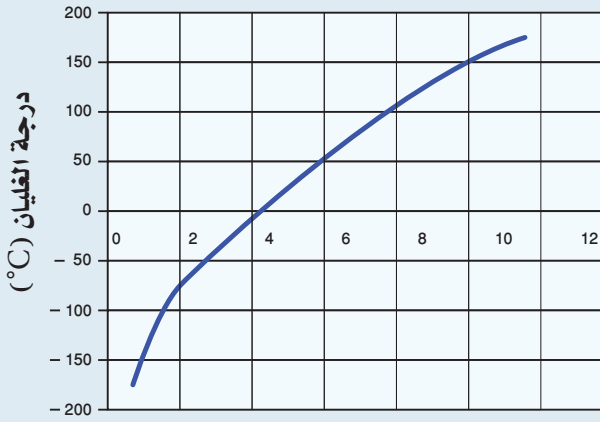
التقويم الإضافي

الكتابة في الكيمياء

86. 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

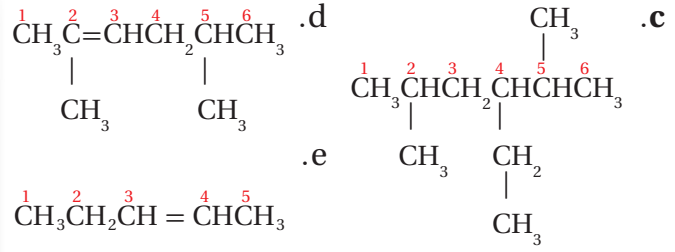
يمثل المنحنى في الشكل 34-4 العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الألكانات العشرة الأولى ودرجات غليانها. استخدم المنحنى في الإجابة عن السؤالين 88، 89.



الشكل 34-4

87. توقع درجة غليان الألكانات التي تحتوي 11، 12 ذرة كربون على التوالي.

88. استنتج العلاقة بين عدد ذرات الكربون في جزيء الألكان وقوى التجاذب بين جزيئاته.



80. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل C_5H_{12} ؟

81. أيهما تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكلات البنائية أم زوج من المتشكلات الفراغية؟ فسر استنتاجك.

التفكير الناقد

82. حدّد اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

- a. 2-إيثيل-2-بيوتين
b. 4، 5-ثنائي ميثيل-2-هكسين
c. 2، 2، 4-ثلاثي ميثيل بنتان

83. السبب والنتيجة فسر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان، فعالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

84. فسر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الهيدروكربونات ودرجة غليان الألكانات.

مسألة تحفيز

85. 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-4-إيثيل ديكان.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. إلى أي فئة ينتمي المركب الهيدروكربوني الذي يحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط؟

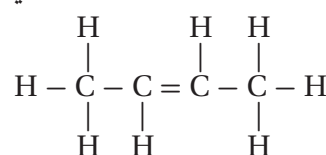
a. الألكانات

b. الألكينات

c. الألكاينات

d. الألكينات الحلقية

2. إلى أي فئة من مركبات الهيدروكربون ينتمي المركب التالي؟



a. الألكانات

b. الألكينات

c. الألكاينات

d. الكربونات

3. ما عدد ذرات الهيدروجين التي ترتبط مع 3 ذرات من الكربون في جزيء الألكان؟

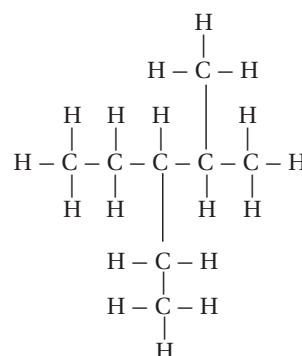
a. 4

b. 6

c. 8

d. 10

4. ما الاسم العلمي بحسب نظام IUPAC للمركب التالي؟



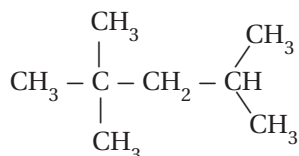
a. أوكتان

b. 3 - إيثيل - 4 - ميثيل بتان

c. ميثيل بتان

d. 3 - إيثيل - 2 - ميثيل بتان

5. ما الاسم العلمي بحسب نظام IUPAC للمركب التالي؟



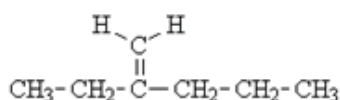
a. 1، 3 - خماسي ميثيل بروبان

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

البتترول لفصل مكوناته بعضها عن بعض؟

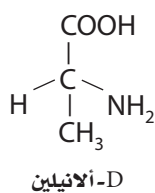
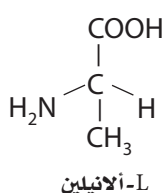
a. التكسير الحفزي

b. الفرقة

c. التقطير التجزيئي

d. الدوران الضوئي

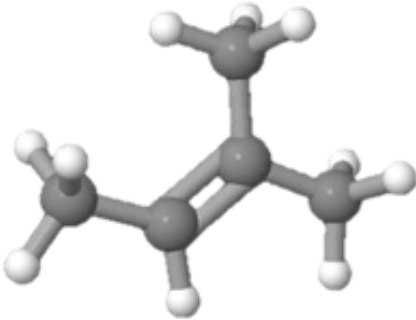
8. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



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.

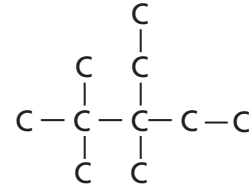
أسئلة الإجابات المفتوحة

15. بين كيف ساهمت الهيدروكربونات في تطوير صناعة البوليمرات؟

16. توقع ما الذي يمكن أن يحدث لطبيعة الحياة على الكرة الأرضية في حالة نفاذ النفط من العالم؟

17. 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

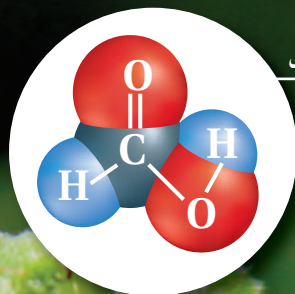
- a. عملية يتم فيها تحويل جزيئات النفط الكبيرة إلى جزيئات صغيرة.
- b. عملية يتم فيها فصل النفط إلى مكوناته.

مشتقات الهيدروكربونات وتفاعلاتها

Substituted Hydrocarbons and Their Reactions

5

الوحدة 5



حمض الفورميك

رقم الوحدة: 5FC.11

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

5-1 الألكانات الهالوجينية

Haloalkanes

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

5-2 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 NH_3 بشق هيدروكربوني.

5-3 مركبات الكربونيل

Carbonyl Compounds

الفكرة الرئيسية تحتوي الألدهيدات والكيثونات على مجموعة الكربونيل في كل منها.

- يفرز النمل نافورة من حمض الفورميك عندما يتعرض لتهديد.
- تحتوي قرون استشعار النمل على مستقبلات كيميائية للكشف عن المركبات العضوية.

نشاطات تمهيدية

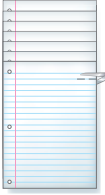
المجموعات الوظيفية :

صمم المطوية الآتية لتنظيم المعلومات حول المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.

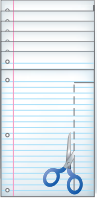
المطويات

منظمات الأفكار

الخطوة 1 ضع سبع أوراق على شكل طبقات، كما في الصورة المجاورة.



الخطوة 2 قص الأوراق السبعة أفقيًا 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 وضعها 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

1-5، و 2-5، و 3-5، 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

التمييز بين المجموعات الوظيفية

المجموعة الوظيفية هي: ذرة أو مجموعة من الذرات التي ترتبط بذرة الكربون في المركب العضوي فتكسبه صفات كيميائية وفيزيائية تميزه عن غيره من المركبات العضوية. وسيتم في هذه التجربة التمييز بين الألدهيدات والكيتونات.

خطوات العمل

1. ضع 1 mL من الإيثانال (الأسيتالدهيد) في أنبوب اختبار، ثم أضف 2 mL من محلول الفضة النشادري $[Ag(NH_3)_2]^+$ ويحضر من إذابة نترات الفضة في كمية كافية من محلول الأمونيا.
2. ضع الأنبوب في حمام مائي ساخن، ولاحظ ما يحدث.
3. كرر الخطوات السابقة مع الأسيتون (البروبانون) بدلاً من الإيثانال، ولاحظ ما يحدث.
4. أضف 1 mL من الأسيتالدهيد إلى أنبوب اختبار يحتوي على كمية مناسبة من محلول فهلنج A، و B بنفس النسبة (1:1)، ثم ضع الأنبوب في حمام ماء ساخن.
5. كرر الخطوة 4 مع الأسيتون (البروبانون) بدلاً من الإيثانال، ولاحظ ما يحدث.
6. سجل ملاحظاتك على التجربة.

تحليل النتائج

1. ما اسم التفاعل الذي يحدث في هذه التجربة؟
 2. ماذا تستنتج من هذه الملاحظات التي قمت بتسجيلها؟
- استقصاء** صمم تجربة للتمييز بين الألدهيدات والكيتونات باستخدام برمنجنات البوتاسيوم، وفسّر نتائجها اعتماداً على التركيب البنائي لكل منهما.

الألكانات الهالوجينية

Haloalkanes

معايير الأداء الرئيسية

19.1 – 19.9 – 19.10

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11F.1.6 – 11F.1.8

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يحدد المقصود بالألكانات الهالوجينية (هاليدات الألكيل).
- يسمّ 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، فأى 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 5-1 - صناعية كانت أم طبيعية - جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً.



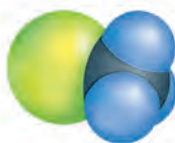
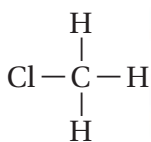
الشكل 5-1 جميع هذه المواد تحتوي على نوع واحد - على الأقل - من المجموعات الوظيفية التي ستدرسها في هذه الوحدة. فعلى سبيل المثال يكون للفواكه والأزهار رائحة تميزها، ويعزى هذا إلى وجود مجموعة الإستر الفعالة في تركيب جزيئات هذه المواد.

الجدول 5-1				المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية
نوع المركب	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	رمز المجموعة الفعالة	المقطع المميز
هاليدات الألكيل	$R-X$ ($X = F, Cl, Br, I$)	هالوجين	X ($X = F, Cl, Br, I$)	الهالوجين + و + الألكان
الكحولات	$R-OH$	هيدروكسيل	$-OH-$	الألكان + ول
الإثيرات	$R-O-R'$	ألكوكسي	$-O-$	الكوكسي + ألكان
الأمينات	$R-NH_2$	الأمين	$-NH_2$	ألكيل + أمين
الألدهيدات	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	فورميل	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	الألكان + آل
الكيتونات	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R'$	كربونيل	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$	الألكان + ون
الأحماض الكربوكسيلية	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	الكربوكسيل	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	حمض الألكان + ويك
الإسترات	$R'-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-R$	الإستر	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-$	الألكان + وات
الأميدات	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{H}{\mid}}{N}-R$	الأميد	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{H}{\mid}}{N}-$	الألكان + أميد

المفردات الجديدة

• هاليدات الألكيل

• Alkyl halides



كلوروميثان

الشكل 2-5 الكلوروميثان هو هاليد ألكيل، ويُستعمل في صناعة المواد اللاصقة المعروفة تجارياً بالسليكون؛ لتثبيت الأبواب والنوافذ.

وبين الجدول 5-1 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

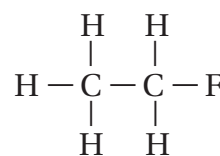
الهالوجينات هي أبسط المجموعات التي يمكن أن تفكر فيها على أنها مجموعات وظيفية مرتبطة مع الهيدروكربونات؛ فإذا حلت ذرة هالوجين محل أي ذرة هيدروجين من الألكان نتج هاليد الألكيل. وهاليدات الألكيل **Alkyl halides** أو الألكانات الهالوجينية Haloalkanes عبارة عن ألكانات تحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتوجد الهالوجينات الأربع الأولى - الفلور والكلور والبروم واليود - في العديد من المركبات العضوية. وعلى سبيل المثال، فإن الكلوروميثان هو هاليد ألكيل يتكون عندما تحل ذرة كلور محل ذرة من ذرات الهيدروجين الأربع في الميثان، كما هو موضح في الشكل 2-5.

الرابط  **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.

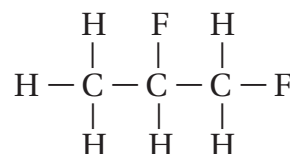
تسمية هاليدات الألكيل Naming of alkyl halides تسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية وفق طريقة IUPAC اعتماداً على السلسلة الرئيسة للألكان. أما هاليدات الألكيل فيدل المقطع الأول على اسم الهالوجين مع إضافة حرف (و) في نهاية الاسم. لذا يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، والكلور هو كلورو، والبروم هو برومو، واليود هو أيودو، كما هو مبين في الشكل 3a-5.

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-5.

a

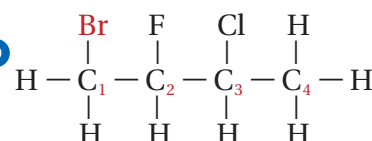


فلورو إيثان



1،2-ثنائي فلورو بروبان

b



1-برومو-3-كلورو-2-فلورو بيوتان

الشكل 3-5 تحتوي الجزيئات العضوية

على مجموعات وظيفية، تسمى اعتماداً على

تركيب سلسلة الألكان، ووفق النظام الدولي

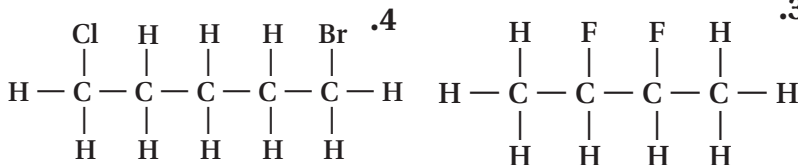
للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

مسائل تدريبية

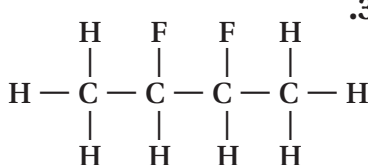
اكتب اسم هاليدات الألكيل التي لها الصيغ البنائية الآتية:



3.



4.



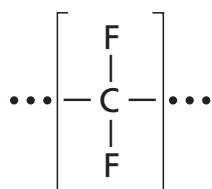
خواص هاليدات الألكيل Properties of alkyl halides يبين

الجدول 2-5 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 أيضاً 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.

مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها			الجدول 5-2
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



الشكل 4-5 رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE) مكون من مئات الوحدات. ويوفر سطحًا غير لاصق لكثير من أدوات المطبخ، ومن ذلك أدوات الخبز.

استعمالات الألكانات الهالوجينية Uses of haloalkanes تستعمل هاليدات الألكيل كمواد أولية في الصناعات الكيميائية بوصفها مذيبيات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب بعض الجزيئات العضوية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر الشكل 4-5 أحد تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ الذي يستخدم في طلاء أواني الطبخ حيث يساعد على عدم التصاق الطعام.

وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل، وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن استخدامه في صناعة ألعاب الأطفال. أما الكلوروفورم أو ثلاثي كلورو ميثان، فهو مركب عضوي صيغته الكيميائية CHCl₃. وقد استخدم قديماً كمخدر، ولكن بسبب تأثيره السام وصعوبة تقدير الكميات الصحيحة في حالة استخدامه كمخدر فقد استبدل بمخدر آخر هو الهالوثان، انظر الشكل 5-5.

ويستخدم رباعي كلورو الإيثيلين في عمليات التنظيف الجاف، وهو من الألكانات الهالوجينية له الصيغة الكيميائية C₂Cl₄.

👉 **ماذا قرأت؟** اكتب استخدامًا واحدًا لكل من: رباعي فلورو بولي إيثيلين، كلوريد البولي فينيل، الكلوروفورم، ورباعي كلورو الإيثيلين.

الشكل 5-5 استعمل الهالوثان في الطب في خمسينيات القرن الماضي مخدرًا عامًا للمرضى عند إجراء العمليات الجراحية.



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 5-3. وفي تفاعلات الاستبدال Substitution reactions تحل ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب. وفي حالة الألكانات، يمكن أن تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين في عملية تسمى الهلجنة Halogenation. ويوضح الجدول 5-3 أحد الأمثلة على عملية الهلجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان.

ويبين الجدول 5-3 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 بسهولة؛ إذ يلزم كمية طاقة ممتصة كبيرة (+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 هلجنة 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 5-3 المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل.



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.

المفردات الجديدة

- تفاعلات الاستبدال
- Substitution reactions
- الهلجنة
- Halogenation

تفاعلات الاستبدال في الألكانات الهالوجينية

الجدول 5-3

مثال	المعادلة الكيميائية للتفاعل
مثال على تفاعلات الاستبدال (الهلجنة) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{ضوء أو حرارة}} \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ كلورو إيثان 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 $\text{R}-\text{X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}-\text{OH} + \text{X}^-$ كحول هاليد الألكيل
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-بروموإيثان إيثيل أمين	تفاعلات تكوين الأمينات $\text{R}-\text{X} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{R}-\text{NH}_2 + \text{HX}$ أمين هاليد الألكيل

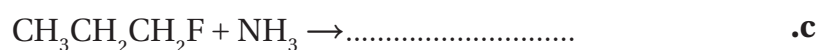
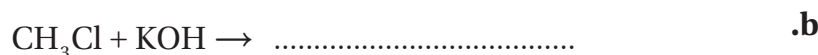
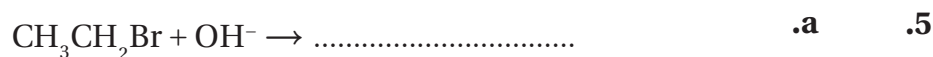
كما يؤدي تفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا NH_3 إلى أن تحل مجموعة الأمين -NH_2 محل ذرة الهالوجين لينتج الألكيل أمين، كما هو مبين في الجدول 3-5.

✓ **ماذا قرأت؟** عرف تفاعلات الاستبدال في الألكانات الهالوجينية مستعملاً كلماتك الخاصة.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة كيميائية توضح فيها تفاعل الاستبدال لتكوين 1-بروبانول.

مسائل تدريبية

أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:



التقويم 5-1

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.

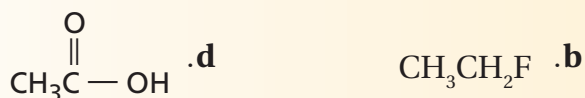
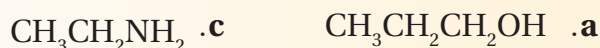
6. **الفكرة الرئيسة** حدد المقصود بهاليدات الألكيل.

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 هكسان

8. عرّف المجموعة الوظيفية، وسم المجموعة الوظيفية في كل من الصيغ البنائية الآتية، ثم سم نوع المركب العضوي لكل منها:



9. قوّم كيف يمكن توقع درجة غليان البروبان، و 1-كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسّر إجابتك

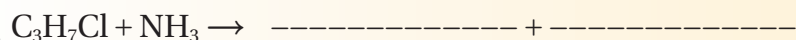
10. لخص أبرز خصائص الألكانات الهالوجينية.

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 4-5 الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضا العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول. ويعد الإيثانول وثاني أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب، وعجين الخبز.

ثاني أكسيد الكربون + إيثانول $\xrightarrow{\text{خميرة}} \text{سكر (جلوكوز)}$

ويستخدم الإيثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفه مطهراً. كما يستعمل لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن، كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيداً.

ويمكن أن يمتزج الكحول تماماً مع الماء بسبب وجود مجموعة الهيدروكسيل في تركيب

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.

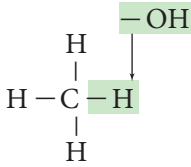
مراجعة المفردات

السوائل تامة الامتزاج سائلان يذوب كل منهما في الآخر.

المفردات الجديدة

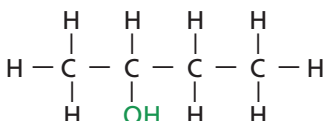
• الكحولات

• Alcohols

الكحولات	الجدول 4-5
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 5-7 يستخدم 2- بيوتانول كمذيب في الدهانات والأصباغ بسبب بطء تبخره مقارنة مع جزيئات الكحول الأصغر حجمًا.

ارسم صيغتين بنائيتين لكحولين آخرين لهما نفس الصيغة الجزيئية لـ 2- بيوتانول ($C_4H_{10}O$).



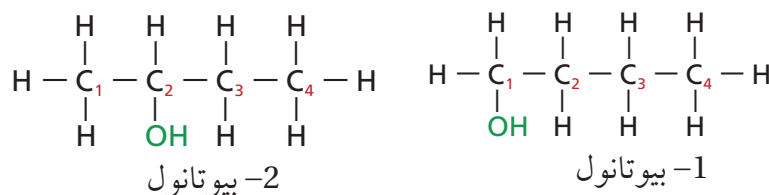
2- بيوتانول



الكحول. وفي الحقيقة يصعب فصل الكحول عن الماء بشكل كامل بعد مزجها. ولذلك تستعمل عملية التقطير التجزيئي لفصل الكحول عن الماء كما سبق دراسته في الصف العاشر، وعلى الرغم من ذلك يبقى حوالي 5% من الماء في مزيج الإيثانول والماء بعد نهاية هذه العملية تمامًا، ويعد الميثانول أبسط الكحولات، وهو من المذيبات الشائعة الاستعمال في الصناعة، مثل استعماله في بعض الدهانات، كما يستعمل 2- بيوتانول مذيبًا في بعض الأصباغ. انظر الشكل 5-7.

تسمية الكحولات Naming of alcohols

لاحظ أن اسم الكحولات يشتق 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 CH_3CH_2OH 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:

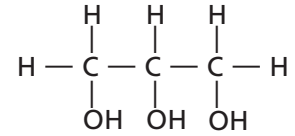


✓ **ماذا قرأت؟ فسر** لماذا لا تكون الأسماء 3- بيوتانول، و 4- بيوتانول أسماء صحيحة للمواد؟



الشكل 8-5 الجليسرول

مادة تستخدم غالباً مادة مانعة للتجمد في المركبات ووقود الطائرات..



1، 2، 3-بروبان ترايول
(الجليسرول)

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 8-5 جزيء 1، 2، 3-بروبان ترايول، واسمه الشائع الجليسرول. وهو كحول يحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل. والجليسرول يستعمل غالباً مادة مانعة لتجمد الوقود في الطائرات.

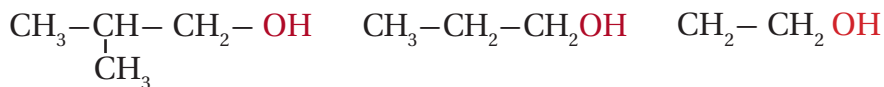
✓ **ماذا قرأت؟** فسّر لماذا لم يتم ترقيم سلسلة ذرات الكربون عند تسمية المركب في الشكل 8-5؟

تصنيف الكحولات الأحادية 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:



إيثانول 1-بروبانول 2-ميثيل، 1-بروبانول

لاحظ أن تعقد مجموعة الألكيل المرتبطة بذرة الكربون ليس لها علاقة بالتصنيف.

المفردات الجديدة

• الكحول الأولي

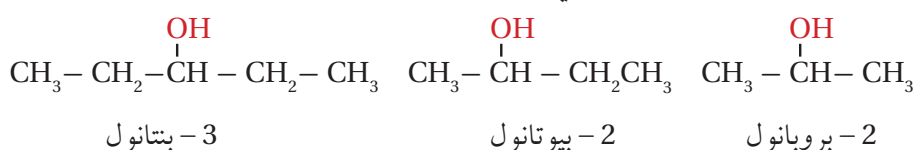
• Primary alcohol

الجدول 5-5		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 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{2-ميثيل، 1-بروبانول} \end{array}$
الكحول الثانوي (2)	$\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{2-بيوتانول} \end{array}$
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

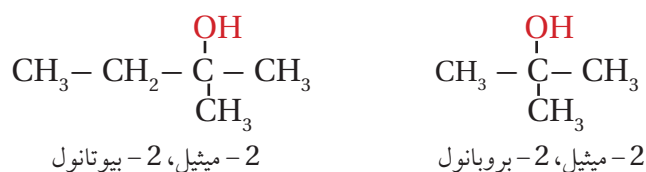
المفردات الجديدة

- الكحول الثانوي
- Secondary alcohol
- الكحول الثالثي
- Tertiary alcohol

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 alcohol**، ترتبط ذرة الكربون التي تحمل المجموعة OH - بثلاث مجموعات ألكيل، قد تكون متماثلة أو مختلفة. وفيما يلي بعض الأمثلة على الكحولات الثالثية:



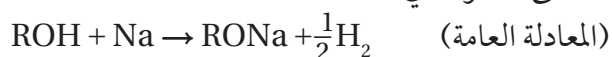
تفاعلات الكحولات Reactions of alcohols

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.



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 ، والكوكسيد الصوديوم RNa ولا تتفاعل الكحولات مع القواعد مثل $NaHCO_3$ ، $NaOH$. ويكتب التفاعل بصيغته العامة على النحو التالي:

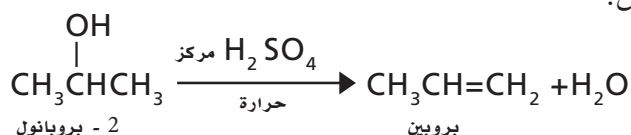


(ميثانول) (ميثوكسيد الصوديوم)

ويستخدم هذا التفاعل للكشف عن الكحولات حيث يتصاعد غاز الهيدروجين من الكحول.

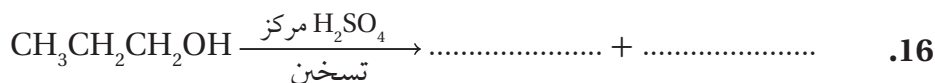
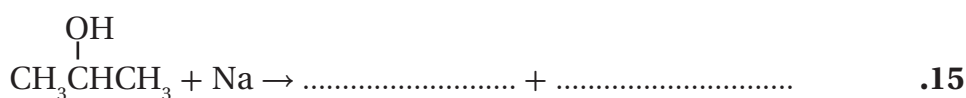
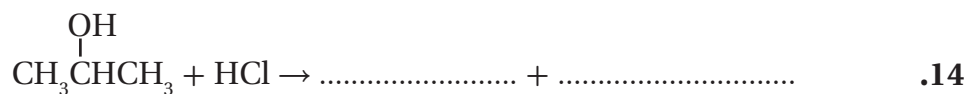
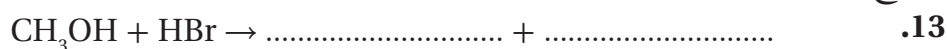
✓ **ماذا قرأت؟** كيف تميز عملياً، وبمعادلات كيميائية بين 1- بروبانول والبروبان؟

* **تفاعلات حذف الماء Elimination reactions of water** يؤدي تفاعل الكحول مع حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى حذف جزيء ماء من ذرتي كربون متجاورتين وتكوين الكين، بشرط أن تحتوي ذرة الكربون المجاورة لذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل على ذرة هيدروجين.



مسائل تدريبية

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



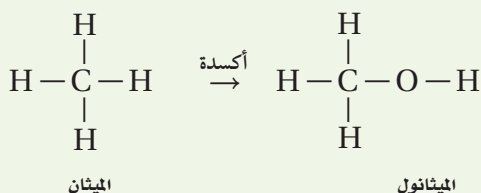
تفاعلات الأكسدة والاختزال Redox reactions يمكن تحويل كثير من المركبات العضوية إلى مركبات أخرى عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. فعلى سبيل المثال، افترض أنك تريد تحويل الميثان الموجود في الغاز الطبيعي إلى ميثانول، وهو مذيب صناعي عام ومادة أولية لصنع الفورمالدهيد وإسترات الميثيل. ويتم تحويل الميثان إلى ميثانول، كما في المعادلة المبينة في الجدول 5-6، بفعل عوامل مؤكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة $K_2Cr_2O_7$.

ماذا يحدث للميثان عندما يتفاعل؟ من المعروف أن الأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات.

✓ **ماذا قرأت؟** حدد استعمل الجدول 5-6 لتحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألهيد.

* مادة إثرائية

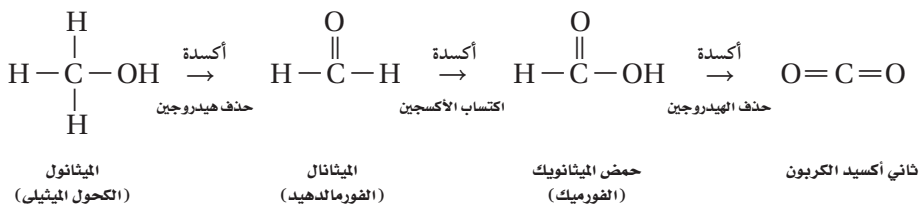
تحويل الألكانات إلى كحولات



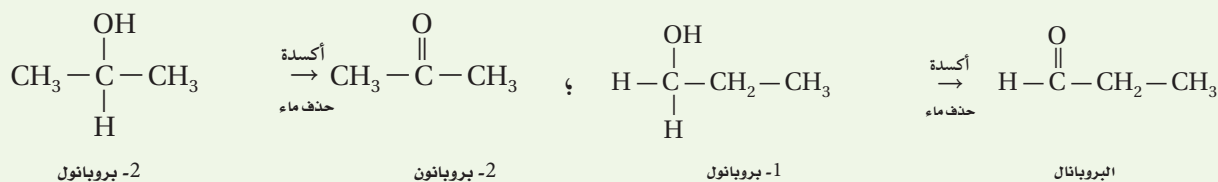
الحصول على الألدهيدات

والأحماض الكربوكسيلية

من الكحولات

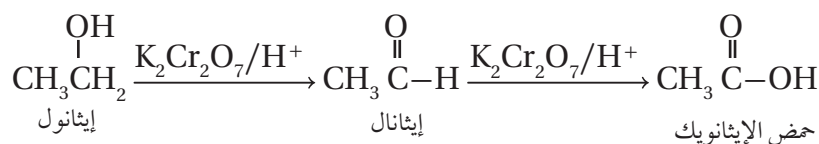


الحصول على الكيتونات والألدهيدات من الكحولات

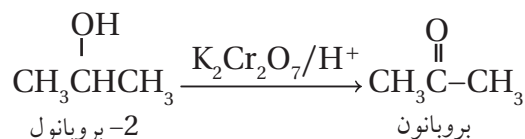


تعتمد أكسدة الكحولات على نوعها كما يلي:

الكحول الأولي: تؤدي أكسدة الكحول الأولي إلى تكوين الألدهيد، وتستمر عملية الأكسدة ليتحول الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي.

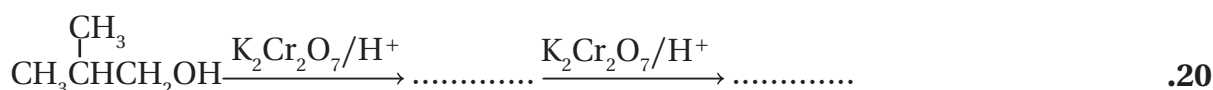
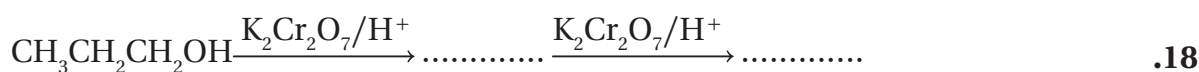


الكحول الثانوي: تؤدي أكسدة الكحول الثانوي إلى تكوين الكيتون، ولا تستمر عملية الأكسدة.

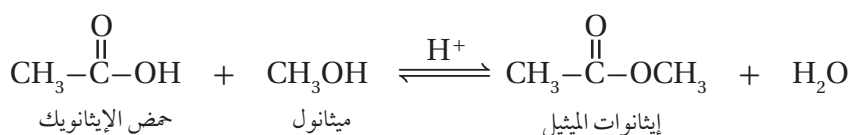
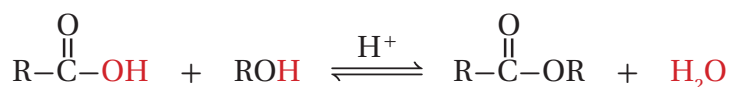


الكحول الثالثي: لا تتأكسد الكحولات الثالثية لعدم احتواء ذرة الكربون المرتبطة بمجموعة الهيدروكسيل على ذرة هيدروجين.

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



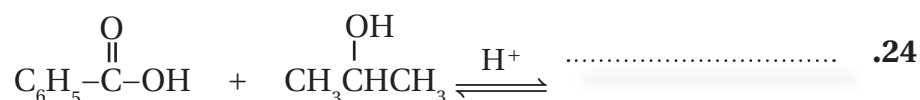
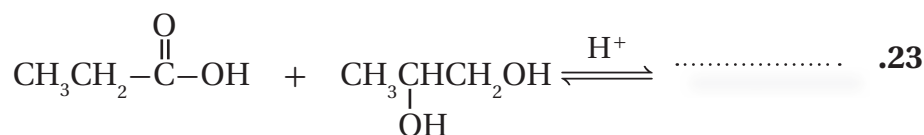
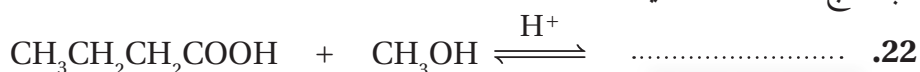
الأسطرة Esterification عندما يتفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيلي في وسط حمضي يعطي الإستر. ويتم التفاعل عادة بوجود حمض قوي مثل H_2SO_4 كعامل مساعد، وينتج عن ذلك استبدال مجموعة (OR) في الكحول بمجموعة (OH) في الحمض لينتج الإستر والماء.



ويمكن زيادة كمية الإستر الناتج بسحب الماء من وعاء التفاعل.

مسائل تدريبية

اكتب ناتج التفاعلات التالية:



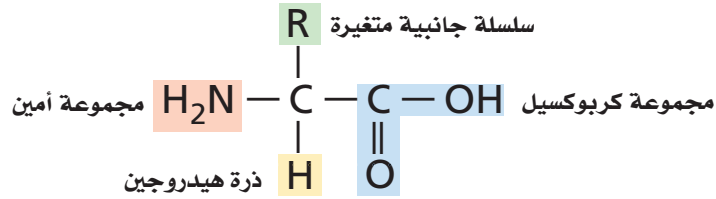
الأمينات Amines

تحتوي **الأمينات Amines** على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2 ، ويبين الجدول 5-7. الصيغ العامة للأمينات بأنواعها الأولية والثانوية والثالثية.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا NH_3 . وتعد الأمينات أولية وثانوية أو ثالثية اعتماداً على ما إذا كانت واحدة أو اثنتان أو ثلاث من ذرات الهيدروجين في الأمونيا قد حل محلها مجموعات عضوية.

وعند تسمية الأمينات يشار إلى مجموعة الأمين NH_2 بالمقطع أمين 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:



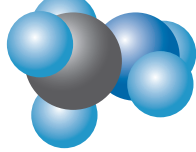
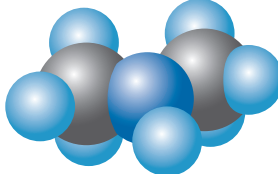
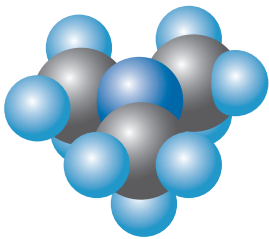
المفردات الجديدة

- الأمينات Amines
- الأحماض الأمينية Amino acids

الكيمياء في واقع الحياة

الأحماض الأمينية يستعمل الأنيلين في إنتاج الأصباغ ذات الظلال العميقة اللون. والاسم الشائع للأنيلين مستمد من النباتات التي عرفت في تلك الفترة التاريخية. كما أن لكل من هكسيل حلقي أمين والإيثيل أمين دوراً مهماً 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.

الأمينات				الجدول 5-7
أمثلة على الألدهيدات				الصيغة العامة
$\text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$ 	$\text{R}-\ddot{\text{N}}-\text{H}$ 	$\text{R}-\ddot{\text{N}}-\text{R}'$ 	$\text{R}-\ddot{\text{N}}-\text{R}'$ 	RNH_2 حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية
NH_3 أمونيا	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ أولي	$\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_3$ ثانوي	$\text{CH}_3 - \text{N}(\text{CH}_3)_2$ ثالثي	

الأميدات	الجدول 5-8
أمثلة على الأميدات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$ إيثان أميد (أسيتاميد)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$ (بروبان أميد)
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \\ \quad \text{R} \end{array}$ مجموعة الأميد

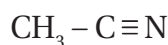
وجد في كل حمض أميني ذرة كربون مركزية محاطة بأربع مجموعات: مجموعة الأمين $(-\text{NH}_2)$ ، ومجموعة الكربوكسيل $(-\text{COOH})$ ، وذرة هيدروجين، وسلسلة جانبية متغيرة R. وتتفاوت السلسلة الجانبية من ذرة هيدروجين واحدة إلى تركيب معقد ذي حلقتين. ويعد الجلايسين أحد الأمثلة على هذه الأحماض، انظر الشكل 5-9.

الأميدات Amides تعد الأميدات **Amides** مركبات عضوية تتصل فيها مجموعة الكربونيل بذرة نيتروجين، وتتصل ذرة النيتروجين بذرة هيدروجين أو شق هيدروكربوني أو أكثر، وتعد من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية. ويوضح الجدول 5-7 الصيغة العامة للأميدات.

تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في الجدول 5-8 هو إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد، المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

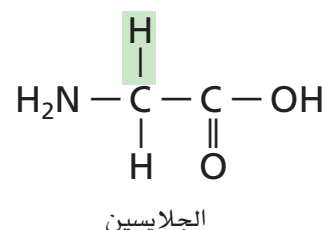
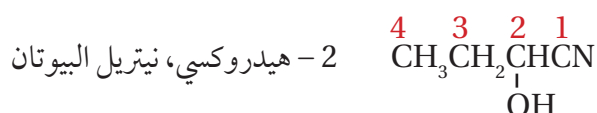
✓ **ماذا قرأت؟ حدّد** اسم الأميد الذي يحتوي على ست ذرات كربون.

النيتريلات Nitriles تحتوي **Nitriles** على المجموعة $\text{CN}-$ ، 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 $\text{CN}-$ ، بسبب خصائصه الأيونية التي تجعله يتفاعل كمركب غير عضوي. لاحظ وجود الرابطة الثلاثية بين الكربون والنيتروجين في نيتريل الإيثان.



ويتضمن الجدول 5-9 أبسط ثلاثة نيتريلات.

وعندما تقوم بحساب طول سلسلة الكربون، لا تنسى عد الكربون في المجموعة $\text{CN}-$. وإذا كانت السلسلة متفرعة فاعد يبدأ دائماً من الكربون في المجموعة الوظيفية $\text{CN}-$ كما هو مبين في الصيغة التالية:



الشكل 5-9. الصيغة البنائية للحمض.

المفردات الجديدة

- الأميدات
- Amides
- النيتريلات
- Nitriles

الجدول 5-9	بعض الأمثلة على النيتريلات
اسم النيتريل	الصيغة البنائية
نيتريل الإيثان	CH_3CN
نيتريل البروبان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
نيتريل البيوتان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$

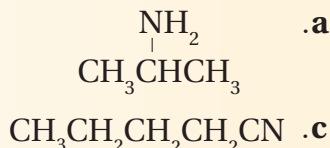
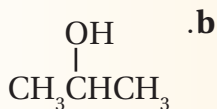
التقويم 5-2

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 الوظيفية (الأمينو) $-NH_2$.
- الأميدات مركبات عضوية تتصل فيها مجموعة الكربونيل بذرة نيتروجين، وتتصل ذرة النيتروجين بذرة هيدروجين أو شق هيدروكربوني أو أكثر، وتعدُّ من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية.
- النيتريلات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة النيتريل (السيانيد) $-CN$.

25. **الفكرة الرئيسة** حدّد المجموعة الوظيفية في 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. 3، 1 - دايول بنتان حلقي
c. 2، 1 - 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؟ فسر إجابتك.



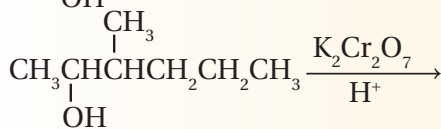
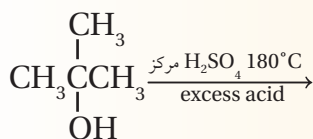
30. صنف الكحولات التالية إلى: أولية، أو ثانوية، أو ثالثة.

- a.** 2 - ميثيل - 2 - بروبانول
b. 1 - بربانول
c. 2 - بربانول

31. ماهي التفاعلات الكيميائية الرئيسة للكحولات.

32. لماذا لا تتفاعل الكحولات الثالثة 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

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسية

19.1 – 19.13 – 19.14 – 19.15 – 19.16

معايير البحث والاستقصاء العلمي

11F.1.6 – 11F.1.8 – 11F.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 الألهيدات والكيئونات.
- يكتب معادلات كيميائية توضح كيفية تحضير كل من: الألهيد، والكيئون، 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
- الألهيدات
- Aldehydes

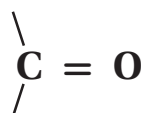
الفكرة الرئيسية تحتوي الألهيدات والكيئونات على مجموعة الكربونيل في كل منهما.

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.

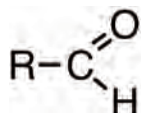
المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل

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 الألهيدات والكيئونات.

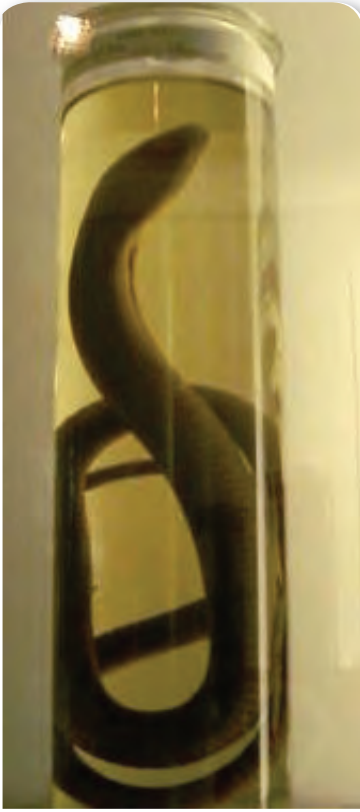


الألهيدات Aldehydes تعد الألهيدات **Aldehydes** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألهيدات RCHO ؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين، كما هو مبين في الجدول 5-9.



وتسمى الألهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال HCHO ، كما هو مبين في الجدول 5-10، على ذرة كربون واحدة. وهذا يعني أن اسم الألهيد يؤخذ من اسم الألكان المقابل وهو الميثان. ترقيم السلسلة الكربونية بدءاً من ذرة الكربون في مجموعة الألهيد، حيث تأخذ الرقم 1 ونستمر في الترقيم باتجاه أطول سلسلة من ذرات الكربون. وللميثانال HCHO اسم شائع يعرف به هو الفورمالدهيد. أما الاسم الشائع للإيثانال CH_3CHO فهو أسيتالدهيد.

الألهيدات	الجدول 5-10
أمثلة على الألهيدات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \end{array}$ إيثانال (أسيتالدهيد)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ ميثانال (فورمالدهيد)
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ مجموعة الألهيد



الشكل 10-5 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

الخصائص الفيزيائية للألدهيدات Physical properties of aldehydes

يحتوي جزيء الألدهيد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل، وذلك للفرق في السالبية الكهربائية بين ذرتي الأكسجين والكربون الذي ينتج عنه شحنة جزئية سالبة على ذرة الأكسجين والأكسجين، وشحنة جزئية موجبة على ذرة الكربون ($\text{C}^{\delta+}=\text{O}^{\delta-}$). تكون درجة غليانها أقل من درجة غليان الكحولات التي لها عدد ذرات الكربون نفسه بسبب ضعف القوى البينية في الألدهيدات مقارنة بالقوى البينية في الكحولات. وتكون الألدهيدات أكثر ذوبانية في الماء من الألكانات، ولكن ليس كذوبانية الكحولات والأمينات.

الرابط علم الأحياء استعمال محلول الفورمالدهيد في عمليات الحفظ عدة سنوات، كما هو مبين في الشكل 10-5. وصناعياً تستعمل كميات كبيرة من الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لصنع نوع من الشمع المقاوم، والمواد البلاستيكية الصلبة المستعملة في صناعة الأزرار، 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.

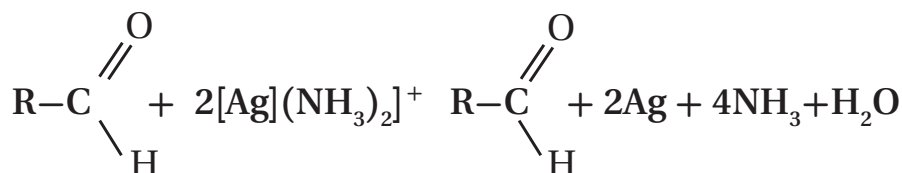
ماذا قرأت؟ حدد اثنين من الخصائص الفيزيائية للألدهيدات.

الكيتونات Ketones يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل في الكيتونات Ketones مع الكربون في وسط السلسلة (وسطية) بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة (طرفية). الموضحة في الجدول 11-5. إن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعاً هو الأسيتون (ثنائي ميثيل كيتون) المبين في الجدول 11-5.

تتم تسمية الكيتونات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليبدل 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 11-5).

الكيتونات	الجدول 11-5
أمثلة على الكيتونات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ 2- بروبانون (الأسيتون)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$ 2- بيوتانون (ميثيل إيثيل كيتون) $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$ حيث تمثل R و R' سلاسل أو حلقات كربون مرتبطة مع مجموعات وظيفية

وتتشارك 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، انظر الشكل 5-11.



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 5-12. وبين الجدول 5-12 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.

وغالباً ما تكتب مجموعة الكربوكسيل في صورة $\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ ؛ 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 5-12.



الشكل 5-11 يتفاعل كاشف تولنز مع الألدهيد مكوناً مرآة فضية، بينما لا يمكن للكيتون أن يفعل ذلك.

المفردات الجديدة

• الأحماض الكربوكسيلية

• Carboxylic acids

الأحماض الكربوكسيلية		الجدول 5-12
أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية		الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) الألكان المقابل: الإيثان (ذرتا كربون)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$ حمض الميثانويك (حمض الفورميك) الألكان المقابل: الميثان (ذرة كربون واحدة)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$ R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون

الشكل 12-5 يدافع النمل

اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك.

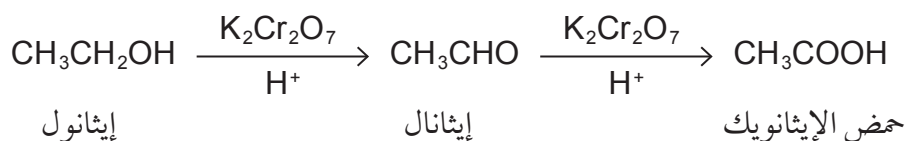
حدد اسمًا آخر لحمض الفورميك.



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 12-5.

✓ **ماذا قرأت؟** اشرح كيف يشتق اسم حمض الإيثانويك.

تحضير الأحماض الكربوكسيلية Preparing carboxylic acids هناك عدة طرق لتحضير الأحماض الكربوكسيلية، ومنها كما درست سابقاً أكسدة الألكهيدات الناتجة من أكسدة الكحولات الأولية، فعلى سبيل المثال يمكن تحضير حمض الإيثانويك من أكسدة الإيثانول، كما هو موضح في المعادلة التالية:



✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة تكوين حمض البروبانويك من 1-بروبانول.

وتعتمد معظم بلدان العالم على احتراق (أكسدة) المواد الهيدروكربونية بوصفها المصدر الرئيس للطاقة، كما في الشكل 13-5.

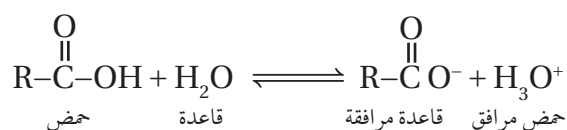
الشكل 13-5 يعتمد الناس

في جميع أنحاء العالم على أكسدة الهيدروكربونات للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.

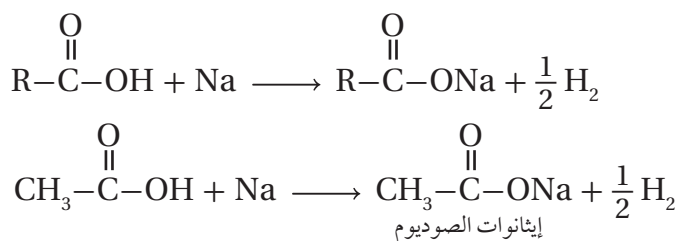


Reactions of carboxylic acids تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية

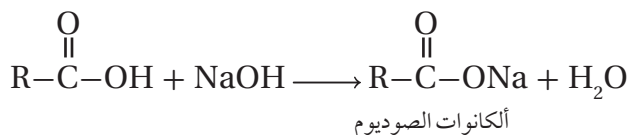
السلوك الحمضي Acidic behavior الأحماض الكربوكسيلية أحماض عضوية ضعيفة، لديها قابلية منح بروتون إلى الماء، ويمكن توضيح الصفات الحمضية للأحماض الكربوكسيلية من خلال المعادلة الكيميائية الآتية:



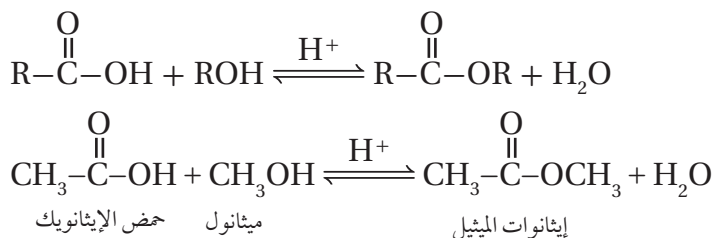
التفاعل مع الصوديوم Reaction with sodium تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الفلزات النشطة مثل الصوديوم Na، وينطلق غاز الهيدروجين H₂، نتيجة لإحلال ذرة الصوديوم محل ذرة هيدروجين مجموعة الكربوكسيل في الحمض الكربوكسيلي.



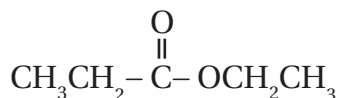
التفاعل مع القواعد Reaction with sodium hydroxide تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع القواعد مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH، إذ يتم نزع ذرة الهيدروجين من مجموعة الكربوكسيل في الحمض الكربوكسيلي، ويحل محلها ذرة الصوديوم من القاعدة.



الأسطرة Esterification يؤدي تفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيلي في وسط حمضي إلى تكوين الإستر؛ إذ يتم في التفاعل سحب مجموعة (OH) من الحمض الكربوكسيلي وذرة (H) من الكحول.



ماذا قرأت؟ اكتب صيغة الكحول والحمض الكربوكسيلي اللذين ينتجان عند تفاعلها الاستر التالي:



الكيمياء في واقع الحياة كيف تصنع العطور؟



تصنع الكثير من العطور من خلط ثلاثة زيوت أساسية، ونعلم اليوم الطبيعة الكيميائية لهذه الزيوت الأساسية، لذلك أصبح بالإمكان تصنيعها ضمن المعامل. وعندما تقوم بخلط عدة زيوت مختلفة، فإنك تستطيع صنع عطرًا يشبه الطبيعي. وعلى سبيل المثال، مزيج يحوي على الجيرانول، السترونيول، فينيل الكحول والينالول في نسبة 5:30:25:30 سوف يكون له رائحة تشبه الورد.

المفردات الجديدة

- الإسترات
- Esters

الجدول 5-13	الإسترات
الصيغة العامة	مثال على الإستر
$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}'$ مجموعة إستر	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ مجموعة إيثانوات (أسيتات) البروبيل

مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية Organic compounds derived from carboxylic acids

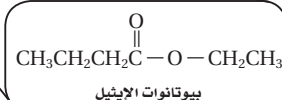
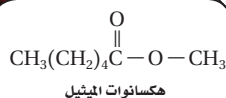
يتألف العديد من أصناف المركبات العضوية من تركيب حمض كربوكسيلي استبدلت فيه ذرة الهيدروجين أو مجموعة الهيدروكسيل بذرات أو مجموعات أخرى. ومن أكثر الفئات شيوعاً الإستر والأميدات.

الإسترات Esters تعدّ 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 5-13. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واستعمال المقطع (وات) بدل المقطع (يك) متبوعاً باسم مجموعة الألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في الجدول 5-13. 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 5-14. 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 5-14 تعدّ 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.



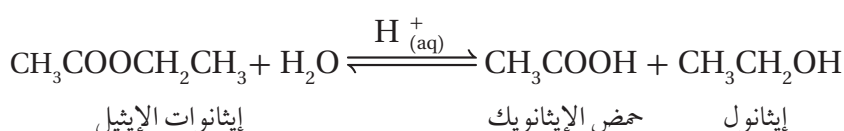
التحلل المائي للإستر Hydrolysis of ester

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.

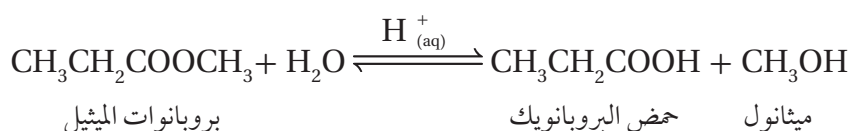
التحلل المائي باستخدام الماء أو الحمض المخفف Hydrolysis using water or dilute acid

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

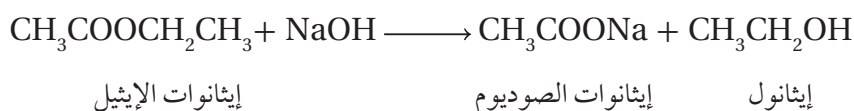


لاحظ أن التفاعلات انعكاسية. ولجعل التحلل المائي كاملاً بقدر الإمكان، يمكنك استخدام كمية كافية من الماء.

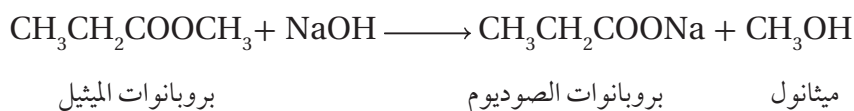
التحلل المائي للإستر في وسط قاعدي مخفف Hydrolysis using dilute alkali

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 *



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، والحمض الكربوكسيلي.
4. ما اسم الإستر الناتج من التفاعل؟



*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 منقط ويسبب حروقًا ويحترق الثياب ويمكن في التربة). وبلغ عدد ضحايا الغازات السامة خلال الحرب العالمية الأولى 800 ألف، وأكبر عدد من الضحايا كان من روسيا (275) ألفًا، وأقل عدد كان من الولايات المتحدة (71) ألفًا. 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 الحافية، وفي عام 1941م استخدم اليابانيون الغازات السامة ضد الصين لفك الحصار عن قواتهم. وقد تم في الأربعينيات من القرن الماضي اكتشاف ثلاثة مركبات أشد فتكًا من الخردل، وهي: التابون، والساارين، والسومان، وهي غازات أعصاب. وفي الحرب العالمية الثانية اقتصر الاستخدام على الدخان واللهب والحارقات. ولم يتوقف استخدام الأسلحة

* مادة إثرائية

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 15-5. وبعد ذلك تسابقت الدول في تخليق أسلحة كيميائية بتأثيرات مختلفة، وبدأت الدول في تكديس مخزون ضخمة من هذه الأسلحة. وبصف عامة تتكون مواد الأسلحة الكيميائية من تسعة عناصر كيميائية هي الهيدروجين والكربون والأكسجين والنيتروجين والفوسفور 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.

الشكل 15-5 سلاح الجو الأمريكي يلقي قنبلة فوسفور أبيض على موقع للمقاومين في جنوب فيتنام في أثناء الحرب الفيتنامية عام 1966م.

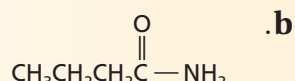
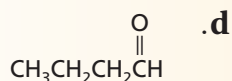
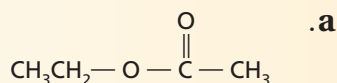
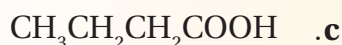


التقويم 5-3

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 الرئيسية** صنف كل مركب من مركبات الكربونيل الآتية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا الدرس.

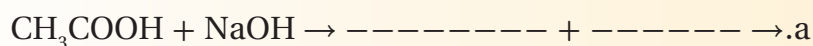


36. صف نواتج تفاعل الأسترة بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

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 المعادلة الكيميائية التالية:



الكيمياء في الحياة اليومية



التخمير The fermentation عملية كيميائية يتم من خلالها تحطيم المادة السكرية بواسطة الإنزيمات للحصول على الطاقة منتجة بذلك الإيثانول وثاني أكسيد الكربون كنواتج أساسية لعملية التخمير.

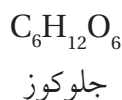
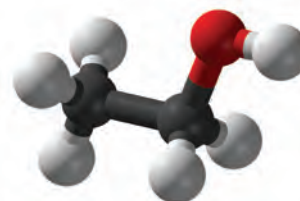
الكحول الحيوي كوقود بديل Bioalcohol as alternative fuel

الإيثانول C_2H_5OH سائل نقي عديم اللون رائحته مقبولة وله مذاق حلو الى حد ما، لكنه يكون حارقاً بتراكيز أعلى، وتبلغ كثافته 30.806 g/cm^3 عند الدرجة صفر، وهو يغلي عند الدرجة 78.5°C ويتجمد عند الدرجة 110°C ، وإن درجة تجمده المنخفضة تجعله مفيداً لاستخدامه كمائع في مقاييس درجات الحرارة دون 40°C ، وأيضاً كمائع تجمد في مبرد السيارة. يساهم الإيثانول في رفع نسبة الأوكتان للبنزين إذا تم مزجها معاً فكيف يتم ذلك؟

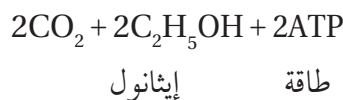
يحتوي الإيثانول على الأكسجين بنسبة 35% وعندما يتحد مع البنزين فإنه يؤدي إلى زيادة نسبة الأكسجين فيه، ونتيجة لذلك سيكون احتراق البنزين أفضل، ويطلق كمية أقل من أول أكسيد الكربون والانبعاثات الأخرى.

وعلى الرغم من أن كثير من العلماء غير مقتنعين بجدوى استخدامه من الناحية البيئية، فقد أصبح شائعاً الآن أن الإيثانول هو وسيلة لتطوير جودة انبعاثات السيارات.

ومن أهم طرق إنتاج الإيثانول إنتاجه من الكربوهيدرات أحادية السكر، كالجلكوز والفركتوز أو الكربوهيدرات العديدة السكر ذات الكتلة الجزيئية الكبيرة كالنشأ والسليلوز والجليكوجين.



تخمير



الكتابة في الكيمياء

ابحث وقم بإعداد ملصق أو بوستر يوضح تفاعلات كيميائية أخرى في النباتات.

مختبر الكيمياء

خواص الكحولات



الخلفية النظرية الكحولات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة OH- الوظيفية. وتصنف الكحولات أحادية الهيدروكسيل إلى كحولات أولية، وثانوية، وثالثية.

السؤال كيف تميز بين ثلاثة أنواع من الكحولات أحادية الهيدروكسيل؟

المواد والأدوات اللازمة

- 1-بيوتانول .
- 2-بيوتانول.
- 2-ميثيل - 2 - بيوتانول.
- أنابيب اختبار.
- محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة.
- حمام مائي ساخن

إجراءات السلامة



تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال. احفظ السوائل والأبخرة بعيداً عن مصادر اللهب والشرر.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج قواعد السلامة في المختبر.
2. رقم ثلاثة أنابيب اختبار من 1 إلى 3.
3. ضع في الأنبوب الأول 1mL من 1 - بيوتانول.
4. ضع في الأنبوب الثاني 1mL من 2 - بيوتانول.
5. ضع في الأنبوب الثالث 1mL من 2 - ميثيل - 2 - بيوتانول.
6. قم بإضافة 4mL من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة إلى كل أنبوب من الأنابيب الثلاثة.
7. ضع الأنابيب الثلاثة في حمام مائي ساخن واتركه لمدة دقيقة واحدة، ثم سجل ملاحظاتك.

8. التنظيف والتخلص من النفايات ضع المناديل الورقية المستعملة في سلة المهملات، كما يمكن إعادة غسل واستعمال الماصات مرة أخرى.

التحليل والاستنتاج

1. الملاحظة والاستنتاج في ضوء الخلفية النظرية الخاصة بالكحولات وتفاعلاتها، كيف يمكنك تفسير اللون الناتج في أنابيب الاختبار الثلاثة، وعلاقتها بنوع الكحول المتفاعل؟
2. التقويم اكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات الكيميائية التي حدثت في كل أنبوب اختبار.

الاستقصاء

تصميم تجربة اقترح طريقة لجعل هذه التجربة أكثر دقة وضبطاً من الناحية الكمية. صمّم تجربة مستعملاً طريقتك الجديدة.

دليل مراجعة الوحدة

5

الوحدة 5

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

5-1 الألكانات الهالوجينية

الفكرة الرئيسية

مركبات عضوية تحل فيها ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

المفردات

- المجموعة الوظيفية
- Functional group
- (الألكانات الهالوجينية)
- Alkyl halides
- تفاعلات الاستبدال
- Substitution reactions
- الهالجنة
- Halogenation

المفاهيم الرئيسية

- 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.

5-2 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

- الكحولات
- Alcohols
- الكحول الأولي
- Primary alcohol
- الكحول الثانوي
- Secondary alcohol
- الكحول الثالثي
- Tertiary alcohol
- الأمينات
- Amines
- الأحماض الأمينية
- Amino acids
- الأميدات
- Amides
- النيتريلات
- Nitriles

المفاهيم الرئيسية

- 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) $-NH_2$.
- 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) $-CN$.

5-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسية

تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

المفردات

- مجموعة الكربونيل
- الألدهيدات
- الكيتونات
- الأحماض الكربوكسيلية
- الإسترات
- التحلل المائي
- Carbonyl group
- Aldehydes
- Ketones
- Carboxylic acids
- Esters
- Hydrolysis

المفاهيم الرئيسية

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة $C=O$.
- هناك أربعة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات.
- تتفاعل الأحماض الكربوكسيلية مع الفلزات النشطة أو القواعد مكونة أملاحًا.
- الطريقة الشائعة لتحضير الإسترات تتم بتفاعلات الأحماض الكربوكسيلية والكحول.

5-1

إتقان المفاهيم

40. ما المجموعة الوظيفية؟

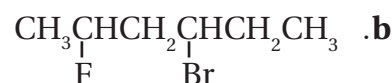
41. صف وقارن الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل والألكانات.

42. ما المواد المتفاعلة التي ستستعملها لتحويل الميثان إلى بروموميثان؟

43. فسر لماذا تزداد درجات غليان هاليدات الألكيل بالتدريج عند الاتجاه إلى أسفل في مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري؟

إتقان حل المسائل

44. ضع دائرة حول المجموعات الوظيفية في الصيغ البنائية التالية، ثم اذكر اسم كل مركب منها.



الشكل 5-15

45. ارسم الصيغة البنائية لهاليدات الألكيل أو الأريل الآتية:

a. كلوروبنزين

b. 1-برومو-4-كلوروهكسان

c. 1، 2-ثنائي فلورو-3-أيودو هكسان

d. 1، 3-ثنائي بروموهبتان

e. 1، 1، 2، 2-رباعي فلورو إيثان

46. ارسم الصيغة البنائية للمركب: 1-برومو-2-كلوروبروبان.

47. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:



48. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من هاليدات الألكيل الآتية:

a. 2-كلوروبنتان

b. 1، 1-ثنائي فلورو بروبان

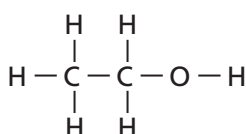
c. 1، 3-ثنائي بروموبنتان

d. 1-برومو-2-كلوروإيثان

5-2

إتقان المفاهيم

49. ما اسم المركب المبين في الشكل 5-16؟ كيف يمكن تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 5-16

50. تطبيقات عملية سمّ كحولاً، أو أميناً، أو أميداً واحداً، يستعمل لكل غرض من الأغراض الآتية:

a. مادة مطهرة

b. مذيب للطلاء

c. مانع للتجمد

d. إنتاج الأصباغ

e. سجاداً

5 تقويم الوحدة

c. كيتون

d. أميد

e. حمض كربوكسيلي

58. استعملات شائعة سم الألدريد، أو الكيتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر المستعمل لكل من الأغراض الآتية:

a. حفظ العينات البيولوجية

b. مذيب لتلميع الأظافر

c. حمض في الخل

d. نكهة في الأطعمة والمشروبات

59. ما نوع التفاعل المستعمل لإنتاج حمض البروبانويك من بروبانات الميثيل؟

إتقان حل المسائل

60. ارسم الصيغ البنائية لمركبات الكربونيل الآتية:

a. 2،2-ثنائي كلورو-3-بتانول

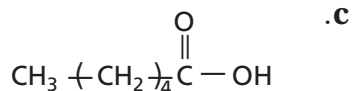
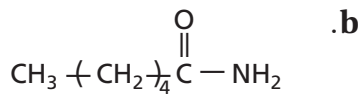
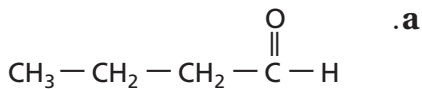
b. 4-ميثيل بنتانال

c. 3-فلورو-2-ميثيل حمض البيوتانويك

d. ميثانال

e. ميثانوات الهكسيل

61. اكتب أسماء مركبات الكربونيل الآتية:

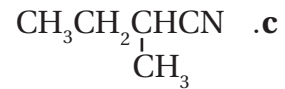
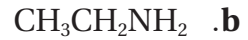


51. فسّر لماذا تكون درجة غليان 1-بتانول أكبر من درجة غليان 1-بروبانول؟

52. فسّر لماذا تكون درجة غليان الإيثانول أعلى كثيراً من الأمينو إيثان رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان تقريباً؟

إتقان حل المسائل

53. سمّ المركبات الآتية بطريقة التسمية الدولية (IUPAC):



54. ارسم الصيغة البنائية لكل من الكحولات، والأمينات، والإثيرات الآتية:

a. 1،2-بيوتادايول

b. 2-أمينوهكسان

c. 2-ميثيل-1-بيوتانول

d. 1،3-ثنائي أمينوبيوتان

e. 2-بتانول

55. أذكر مثلاً واحداً على كل من: الكحولات الأولية، والثانوية، والثالثية.

5-3

إتقان المفاهيم

57. ارسم الصيغة العامة لكل نوع من أنواع المركبات العضوية الآتية:

a. ألدريد

b. إستر

مراجعة عامة

62. صف خواص الأحماض الكربوكسيلية.

63. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

a. 2-بيوتانول

b. بروبانال

c. حمض الهكسانويك

d. ميثانوات الإيثيل

64. سم نوع المركب العضوي الناتج عن التفاعلات الآتية:

a. أكسدة الكحول الثانوي

b. إضافة كلوريد الهيدروجين إلى الألكين

c. إضافة الماء إلى الألكين

d. استبدال مجموعة الهيدروكسيل مكان ذرة الهالوجين.

65. ارسم الصيغة البنائية للمركبات العضوية الناتجة عن تفاعل

الإيثين مع كل من المواد الآتية، واكتب أسماءها.

a. الماء

b. كلوريد الهيدروجين

c. هيدروجين

d. الفلور

التفكير الناقد

66. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) عالية

في الماء، وأحيانا الأحماض الكربوكسيلية التي تكون في الحالة

الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض البالميتيك

($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) غير ذائبة في الماء. فسّر ذلك.

67. حدد ارسم الصيغة البنائية لمركب عضوي مكون من أربع

ذرات كربون وينتمي إلى كل نوع من أنواع المركبات الآتية:

a. الإسترات

b. الألدهيدات

c. الكحولات

68. إذا توافر لديك في المختبر المركب 2-ميثيل -2-بروبانول،

فكيف تحضر منه مركب 2-ميثيل بروبين؟

69. باستخدام المركب 1-بروبانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

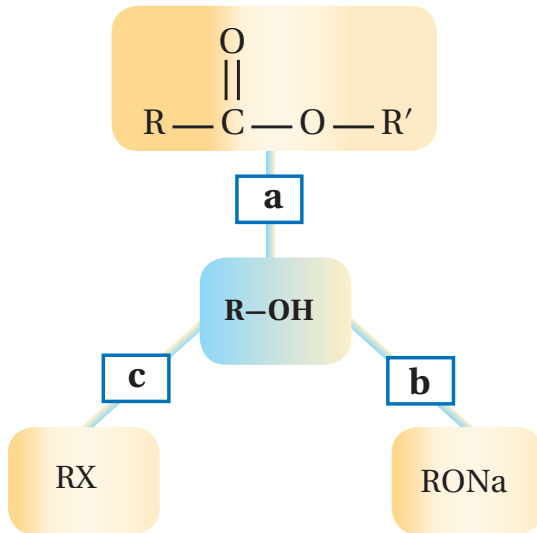
وأية مواد غير عضوية مناسبة، بين كيف تحضر المركب



مسألة تحفيز

70. تقويم حدد أنواع التفاعلات التي تستخدم لتحويل

الكحولات إلى: هاليدات ألكيل، إسترات، وألكوكسيدات.



a.

b.

c.

تقويم إضافي

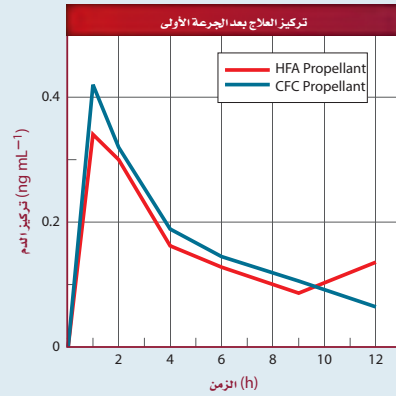
الكتابة في الكيمياء

71. نظرة تاريخية اكتب قصة قصيرة حول حياتك لو كنت تعيش في القرن الثامن عشر قبل تطوير العديد من المركبات العضوية.

أسئلة المستندات

مواد الصيدلية 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 الهيدروفلوروكربون بدلاً منها. وقد وجد أن اثنين من مركبات الهيدروفلوروكربون (HFAs) غير فعّالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين، كما يلزم خفض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال الهيدروفلوروكربون.

يبين الشكل 17-5 تركيز العلاج بعد استعمال بخة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



الشكل 17-5

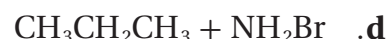
72. بعد استعمال جرعة واحدة من علاج بيكلوميثازون beclomethasone، أي البخاخات أدت إلى تركيز أعلى للعلاج في الدم: HFA أو CFC؟

73. متى يصل تركيز العلاج إلى الذروة؟

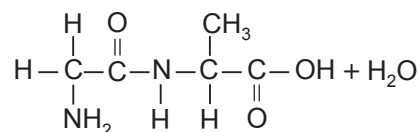
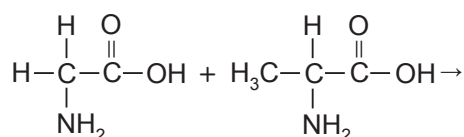
74. نحتاج إلى نصف الكمية من العلاج عند استعمال مركبات HFA بالمقارنة بمركبات CFC للحصول على التركيز نفسه في الدم. استنتج مزايا استعمال جرعة أقل من الدواء للحصول على نتائج مماثلة.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟



2. ما نوع التفاعل الآتي؟



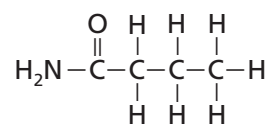
a. استبدال

c. إضافة

b. تكثف

d. حذف

3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



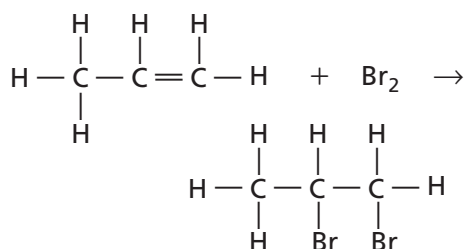
a. أمين

c. إستر

b. أميد

d. كحول

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟



a. تكثف

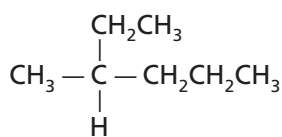
c. بلمرة

b. حذف الماء

d. هلجنة

استعمل الشكل المجاور للإجابة

عن السؤال رقم 5.



5. أي مما يأتي يعد الاسم الصحيح للمركب؟

a. 3-ميثيل هكسان

b. 2-ميثيل بنتان

c. 2-بروبيل بيوتان

d. 1-ميثيل، 1-ميثيل بيوتان

6. أي المشتقات الهيدروكربونية له الصيغة العامة $\text{R}-\text{OH}$ ؟

a. الكحول

c. الكيتون

b. الأمين

d. الحمض الكربوكسيلي

اختبار مقنن

13. اكتب الصيغة البنائية للمركبات التالية:

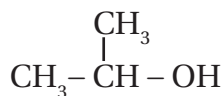
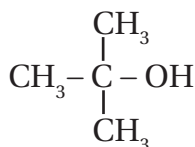
a. 1، 2 - ثنائي بروموبروبان

b. 2 - ميثيل - 2 - بروبانول

c. 2 - بروبيل بيوتان

d. 2، 3 - ثنائي ميثيل - 2 - بنتين

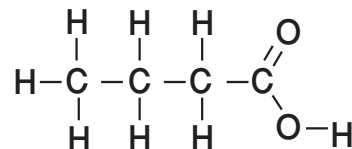
14. اكتب الاسم العلمي بحسب الطريقة الدولية لكل مما يلي، ثم حدد أيهما كحول ثانوي، وأيهما كحول ثالثي.



أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل المجاور

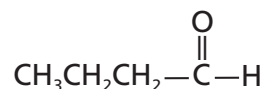
للإجابة عن السؤالين 7 و 8.



7. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

8. ما اسم هذا المركب؟

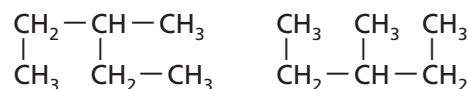
9. ما نوع المجموعة الوظيفية في المركب الآتي؟



10. ما الصيغة البنائية المختصرة للهبثان؟

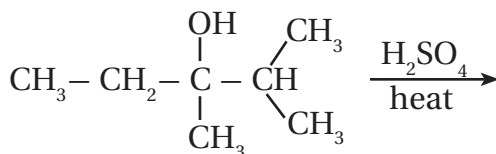
أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 11.



11. كل من الصيغتين البنائيتين أعلاه هما الصيغة الجزيئية C_6H_{14} نفسها. هل هما لنفس المركب؟ فسر إجابتك.

12. ما الصيغة البنائية للمادة الناتجة، واسمها في التفاعل الكيميائي التالي؟



(أ)

- الأحماض الأمينية Amino acids** أحماض عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.
- الاحماض الكربوكسيلية Carboxylic acids** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل.
- الإسترات Esters** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الإستر، وتدخل في صناعة العطور، والصيغة العامة $RCOOR$.
- 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 C_nH_{2n+2} .
- الألكينات Alkenes** الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون.
- الأميدات Amides** مركبات عضوية تتصل في مجموعة الكربونيل بذرة نيتروجين، وتتصل ذرة النيتروجين بذرة هيدروجين أو شق هيدروكربوني أو أكثر، وتُعد من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية.
- الأمينات Amines** مركبات تحتوي على مجموعة الأمين NH_2 في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2 .

(ت)

- التحلل المائي Hydrolysis** التفاعل مع الماء، ويحدث هذا عادة عندما تتفاعل الإسترات مع الماء أو محلول حمض مخفف مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl .
- تفاعلات الاستبدال Substitution reactions** التفاعلات التي تحل فيها ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب.
- 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.

(ح)

حرارة الاحتراق Combustion heat هي كمية الحرارة المنطلقة على شكل طاقة عند احتراق 1 mol من المادة بشكل تام في وجود كمية وافرة من الأكسجين عند الظروف القياسية.

حرارة التعادل Enthalpy of neutralization بأنها كمية الحرارة الناتجة عند تكوين مول واحد من الماء عند تعادل حمض مع قاعدة، وبشرط أن تكون المحاليل مخففة.

حرارة التفاعل Heat of reaction يسمى التغير في المحتوى الحراري ويرمز لها بالرمز ΔH ، وهو يمثل الفرق بين مجموع المحتوى الحراري للمواد الناتجة والمواد المتفاعلة.

حرارة التكوين القياسية Standard enthalpy of formation تعرّف بأنها حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكون مول واحد من مادة ما من عناصرها الأولية وهي في حالتها القياسية، وتقاس بوحدة kJ/mol.

(د)

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.

(س)

السعة الحرارية النوعية للمادة Specific heat كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 Kg من مادة ما درجة واحدة 1°C .

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)

الطاقة Energy القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وتوجد عمومًا في صورة طاقة وضع أو طاقة حركة.

طاقة التنشيط Activation energy تعرّف بأنها الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي وهي تساوي الفرق في الطاقة بين المتراكب المنشط، وبين المواد المتفاعلة. ويرمز لطاقة التنشيط بالرمز E_a .

طاقة الرابطة Bond energy تعرّف على أنها مقياس لقوة الرابطة الكيميائية، ويرمز لها بالرمز E، والتي تعني أيضا المحتوى الحراري للرابطة.

(ع)

العوامل الحفازة Catalysts مواد تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تستهلك أو تتغير في نهاية التفاعل.

(ق)

قانون حفظ الطاقة Law of conservation of energy يعرف على أنه في أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها لا تستحدث ولا تفنى. ويعرف هذا أيضًا بالقانون الأول في الديناميكا الحرارية.

(ك)

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)

المتراكب المنشط Activated complex حالة في التفاعل الكيميائي يحدث خلالها تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة.

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 والكيونات.

المجموعة الوظيفية Functional group هي الجزء الفعّال في المركب العضوي، الذي تجري عليه معظم التفاعلات الكيميائية، ويحدد الكثير من الخواص الفيزيائية للمركب.

المحتوى الحراري Enthalpy يعرف على أنه الطاقة المخزنة في مول واحد من المادة، ويرمز له بالرمز H، وهو خاصية مميزة للمادة.

المسعر Calorimeter جهاز معزول حراري يستخدم في المختبرات الكيميائية لقياس كمية الحرارة الناتجة أو الممتصة من التفاعلات الكيميائية أو التغيرات الفيزيائية.

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical equation هي معادلة تتضمن الصيغ الكيميائية والحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحرارة التفاعل.

(ن)

النيتريلات Nitriles مركبات عضوية تحتوي المجموعة CN، وعادة ما تعرف هذه المجموعة باسم السيانيد.

(هـ)

هاليدات الألكيل Alkyl halides وتسمى أيضاً 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.

الهجنة Halogenation حالة الألكانات عندما تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين.

الهيدروكربون غير المشبع Unsaturated hydrocarbon الهيدروكربون الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل.

الهيدروكربون المشبع Saturated hydrocarbon الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط.

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



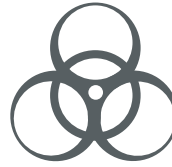
مواد قابلة للانفجار
Explosive



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



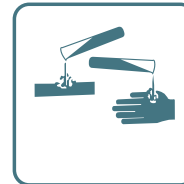
أجسام حادة
Sharp objects safety



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

جداول مرجعية

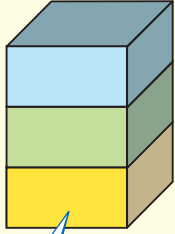
جداول مرجعية

قيم حرارة التكوين

(تركيز المحاليل المائية يساوي 1M) ΔH_f° (kJ/mol)

المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°
Ag(s)	0	CsCl(s)	-443.0	H ₃ PO ₄ (aq)	-1271.7	NaBr(s)	-361.1
AgCl(s)	-127.0	Cs ₂ SO ₄ (s)	-1443.0	H ₂ S(g)	-20.6	NaCl(s)	-411.2
AgCN(s)	146.0	CuI(s)	-67.8	H ₂ SO ₃ (aq)	-608.8	NaHCO ₃ (s)	-950.8
Al ₂ O ₃	-1675.7	CuS(s)	-53.1	H ₂ SO ₄ (aq)	-814.0	NaNO ₃ (s)	-467.9
BaCl ₂ (aq)	-855.0	Cu ₂ S(s)	-79.5	HgCl ₂ (s)	-224.3	NaOH(s)	-425.8
BaSO ₄	-1473.2	CuSO ₄ (s)	-771.4	Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.4	Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.7
BeO(s)	-609.4	F ₂ (g)	0	Hg ₂ SO ₄ (s)	-743.1	Na ₂ S(s)	-364.8
BiCl ₃ (s)	-379.1	FeCl ₃ (s)	-399.49	I ₂ (s)	0	Na ₂ SO ₄ (s)	-1387.1
Bi ₂ S ₃ (s)	-143.1	FeO(s)	-272.0	K(s)	0	NH ₄ Cl(s)	-314.4
Br ₂	0	FeS(s)	-100.0	KBr(s)	-393.8	O ₂ (g)	0
CCl ₄ (l)	-128.2	Fe ₂ O ₃ (s)	-824.2	KMnO ₄ (s)	-837.2	P ₄ O ₆ (s)	-1640.1
CH ₄ (g)	-74.6	Fe ₃ O ₄ (s)	-1118.4	KOH	-424.6	P ₄ O ₁₀ (s)	-2984.0
C ₂ H ₂ (g)	227.4	H(g)	218.0	LiBr(s)	-351.2	PbBr ₂ (s)	-278.7
C ₂ H ₄ (g)	52.4	H ₂ (g)	0	LiOH(s)	-487.5	PbCl ₂ (s)	-359.4
C ₂ H ₆ (g)	-84.0	HBr(g)	-36.3	Mn(s)	0	SF ₆ (g)	-1220.5
CO(g)	-110.5	HCl(g)	-92.3	MnCl ₂ (aq)	-555.0	SO ₂ (g)	-296.8
CO ₂ (g)	-393.5	HCl(aq)	-167.159	Mn(NO ₃) ₂ (aq)	-635.5	SO ₃ (g)	-454.5
CS ₂ (l)	89.0	HCN(aq)	108.9	MnO ₂ (s)	-520.0	SrO(s)	-592.0
Ca(s)	0	HCHO	-108.6	MnS(s)	-214.2	TiO ₂ (s)	-944.0
CaCO ₃ (s)	-1206.9	HCOOH	-425.0	N ₂ (g)	0	TlI(s)	-123.8
CaO(s)	-634.9	HF(g)	-273.3	NH ₃ (g)	-45.9	UCl ₄ (s)	-1019.2
Ca(OH) ₂ (s)	-985.2	HI(g)	26.5	NH ₄ Br(s)	-270.8	UCl ₆ (s)	-1092.0
Cl ₂ (g)	0	H ₂ O(l)	-285.8	NO(g)	91.3	Zn(s)	0
Co ₃ O ₄ (s)	-891.0	H ₂ O(g)	-241.8	NO ₂ (g)	33.2	ZnCl ₂ (aq)	-415.1
CoO(s)	-237.9	H ₂ O ₂ (l)	-187.8	N ₂ O(g)	81.6	ZnO(s)	-350.5
Cr ₂ O ₃ (s)	-1139.7	H ₃ PO ₂ (l)	-595.4	Na(s)	0	ZnSO ₄ (s)	-982.8

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			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
Palladium 46 Pd 106.42			Silver 47 Ag 107.868			Cadmium 48 Cd 112.411			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
Platinum 78 Pt 195.078			Gold 79 Au 196.967			Mercury 80 Hg 200.59			Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Argon 18 Ar 39.948
Darmstadtium 110 Ds (269)			Roentgenium 111 Rg (272)			Copernicium 112 Cn (277)			Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Krypton 36 Kr 83.798
Americium 95 Am (243)			Curium 96 Cm (247)			Berkelium 97 Bk (247)			Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Xenon 54 Xe 131.293
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 العناصر المصنعة.

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

سلسلة اللانثانيدات

سلسلة الأكتينيدات

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

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

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

أعدَّ 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